



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

## NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO E ÍNDICE DE CLOROFILA NA FOLHA COMO INDICADORES DA NECESSIDADE DE NITROGÊNIO PARA O MILHO<sup>1</sup>

Antônio Marcos Coelho<sup>2</sup>, Jaqueline Lima Cruz<sup>3</sup>, Pedro Henrique A.D. Santos<sup>3</sup>, Lucas Rodrigues do Amaral<sup>4</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi o de avaliar parâmetros de solo (N mineral) e planta (índice de clorofila) como indicadores da necessidade de adubação nitrogenada para o milho, em um estágio fenológico que permita a correção de deficiência deste nutriente, sem prejuízo à produtividade. Os parâmetros de solo e planta, avaliados no estágio V7-folhas, apresentaram-se com potencial de serem utilizados como indicadores da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura para o milho. Em solo sob plantio direto, com teores de N mineral (N-NH<sub>4</sub> + N-NO<sub>3</sub>) da ordem de 20 kg/ha na camada de 0 – 0,10 m e de 30 kg/ha na camada de 0,10 – 0,30 m, associado aos valores dos índices de clorofila na folha, na faixa de 50 a 52, foram indicativos da não necessidade de aplicação de adubação nitrogenada de cobertura, com potencial de produtividade de grãos da ordem de 9 a 10 t/ha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índices de disponibilidade de N, plantio direto, agricultura de precisão.

**ABSTRACT:** SOIL INORGANIC NITROGEN AND LEAF CHLOROPHYLL INDEX TO PREDICT NITROGEN FERTILIZATION IN CORN.

*The objective of this study was to evaluate parameters of soil (inorganic nitrogen) and plant (leaf chlorophyll) as indicator for nitrogen availability to corn, in a stage where it is still possible to correct the deficiency of this nutrient without yield reduction. The parameters of soil and plant, determined in the vegetative stage of seven leaves (V7) showed potential to be used as indicators of the fertilization nitrogen needs in corn. The content of inorganic N (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N), obtained in this soil, under no-till system management, was 20 kg/ha (0 - 0,10 m layer) and 30 kg/ha (0,10 - 0,30 m layer). The chlorophyll index measured was in the range of 50 to 52. These indicators show that was not necessary to apply side-dress N fertilizer in this soil in order to obtain grain yield as high as 9 to 10 t/ha.*

**KEYWORDS:** N availability index, no-till system, precision agriculture.

**INTRODUÇÃO:** No Brasil, a recomendação de nitrogênio (N) para a cultura do milho teve, importante avanço, quando passou a considerar a cultura anterior em adição ao teor de matéria orgânica no solo e a expectativa do rendimento de grãos (AMADO et al., 2002). A busca de otimização do sistema de recomendação é constante e, nesse sentido, há grande potencial da inclusão de parâmetros de solo e de planta como indicadores complementares da disponibilidade de N no solo.

<sup>1</sup>Trabalho realizado com recursos do MP1: 01.02.5.01 "Rede de conhecimento em agricultura de precisão ...".

<sup>2</sup> Pesquisador, PhD, Agricultura de Precisão, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. E-mail: amcoelho@cnpmc.embrapa.br

<sup>3</sup> Estudantes do Curso de Agronomia da FAFEID, Diamantina, MG. Estagiários na Embrapa Milho e Sorgo.

<sup>4</sup> Estudante do Curso de Agronomia da FAZU, Uberaba, MG. Estagiário na Embrapa Milho e Sorgo.



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

Dentre os parâmetros de solo utilizados como indicadores da disponibilidade de N, o teor de N mineral ( $N-NO_3 + N-NH_4$ ), tem-se destacado (SCHMITT & RANDALL, 1994; COELHO et al., 1996). Os testes que fornecem a quantidade de N mineral presente, denominados testes de intensidade, podem ser divididos em teste de pré semeadura e teste de pré aplicação de N em cobertura. Estes testes têm sido desenvolvidos para detectar a variação da disponibilidade de N antes e durante o ciclo da cultura e prever as quantidades necessárias de N a serem suplementadas, possibilitando uma maior flexibilidade no manejo da adubação nitrogenada. Outra possibilidade é a de explorar as características espectrais dos pigmentos foliares (especialmente a clorofila) para utilizar as plantas como indicadores da disponibilidade de nitrogênio no solo (VARVEL et al., 1997). Têm sido empregados medidores de clorofila e ou a medição da reflectância da cultura por meio de radiômetros ou câmeras. Os trabalhos demonstram o potencial das técnicas mencionadas para identificação do estado nutricional por N da cultura e sua correlação com a produtividade. Entretanto, na maior parte dos trabalhos, as análises foram realizadas em estádios fenológicos tardios para correção adequada das deficiências de nitrogênio, especialmente em condições tropicais. Nestas condições, a dinâmica do N no solo é intensa, que aliado ao desenvolvimento inicial da cultura, exige a aplicação do N em uma fase anterior ao pico de absorção do nutriente pela planta, para evitar prejuízo à produtividade. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar parâmetros de solo (N mineral) e planta (índice de clorofila) como indicadores da necessidade de adubação nitrogenada para o milho, em um estágio fenológico que permita a correção de deficiência deste nutriente, sem prejuízo à produtividade.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido no ano agrícola 2004/05, no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, em solo classificado como Latossolo Vermelho, textura argilosa, manejado sob plantio direto por 10 anos. Utilizou-se o híbrido simples BRS 1030, semeado no espaçamento de 0,70 m e densidade de aproximadamente 60.000 sementes/ha. Na adubação de semeadura foram aplicados 300 kg/ha do fertilizante 8-28-16 + 0,2 de N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  + Zn, respectivamente. Quando o milho apresentava-se com 3 folhas (V3), foram demarcadas na área, parcelas de 16 linhas de milho e 45 m de comprimento, para aplicação das doses de N em cobertura. A adubação em cobertura foi realizada no estágio fenológico V3, aplicando-se as doses de 0, 60, 120 e 180 kg de N/ha, na forma de uréia (45 % de N). A uréia foi aplicada mecanicamente, na superfície do solo e entre as fileiras de milho. Uma parcela adicional foi incluída para aplicação de N no estágio V7 folhas, na dose de 120 kg/ha. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com 4 repetições. Para determinação do N mineral ( $N-NH_4 + N-NO_3$ ), amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,30 m, em três épocas, correspondendo aos estádios V7-folhas, V11-folhas e V15-folhas (florescimento masculino) de desenvolvimento vegetativo do milho. Nestas épocas, foram também determinados os índices de clorofila nas folhas e efetuado a coleta de amostras de folhas para análises em laboratório do N total. O índice de clorofila nas folhas foi determinado através do medidor portátil de clorofila SPAD 502 (MINOLTA, 1989). Os valores são calculados com base na quantidade de luz transmitida através da folha na faixa do vermelho e do infravermelho próximo (SCHEPERS et al., 1996). Foram também obtidas imagens do dossel da cultura utilizando uma câmera digital DUNCANTECH, modelo MS 3100, uma placa de aquisição de vídeo National Instruments, modelo PCI 1424, e um microcomputador. Essa câmera permite que sejam adquiridas simultaneamente imagens em três bandas do visível (vermelho, verde e azul) e uma na banda do infravermelho próximo. Esse sistema de aquisição de imagens foi montado em uma aeronave Cessna de propriedade da UFV. As imagens foram obtidas a uma altura de voo de 1.000m, o que permite conseguir uma resolução espacial de aproximadamente 0,25 metro por pixel.



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

**RESULTADOS E DISCUSÃO:** Os resultados da avaliação da capacidade de suprimento de N através da determinação dos teores de N mineral em duas profundidades no solo (0 – 0,10 m e 0,10 – 0,30 m) e o estado nutricional do milho em N, através de leituras dos índices de clorofila no estágio V7-folhas, são apresentados na Tabela 1. Verifica-se que embora tenha ocorrido um aumento acentuado no teores de N mineral no solo em função da aplicação das doses de N, os índices de clorofila na folha foram similares, um indicativo de que a capacidade de suprimento de N do solo foi, até esta fase, suficiente para atender as exigências do milho. Também, nesta fase, não foi observado sintomas típicos de deficiência de N nas plantas no tratamento controle. Estes resultados indicavam um adequado suprimento de N no solo, sem a necessidade de aplicação suplementar de N em cobertura.

Tabela 1. Nitrogênio mineral no solo e índices de clorofila determinados no estágio V7-folhas de desenvolvimento vegetativo do milho.

Doses de nitrogênio (kg/ha)	Nitrogênio mineral no solo (NH <sub>4</sub> + NO <sub>3</sub> ) (kg/ha)			Índice de clorofila V7 - folhas
	0 – 0,10 m	0,10 – 0,30 m	Média	
0	19,22	31,32	25,27	50,07
120 <sup>1</sup>	20,89	38,47	29,68	49,37
60 <sup>2</sup>	21,88	50,18	36,03	48,35
120 <sup>2</sup>	42,12	55,82	50,97	50,90
180 <sup>2</sup>	90,92	139,00	114,97	51,25
Média	39,00	63,76	51,38	50,00
C.V.	****	****	48,31	4,20

<sup>1</sup>Dose de N aplicada no estágio V7-folhas. <sup>2</sup>Doses de N aplicadas no estágio de V3-folhas.

Estas informações foram posteriormente confirmadas com as leituras dos índices de clorofila nos estádios V11-folhas e V15-folhas (florescimento), em que os valores obtidos foram novamente similares entre os tratamentos e acima dos níveis considerados adequados (Figura 1a), indicando, novamente, uma adequada e sustentável capacidade de suprimento de nitrogênio pelo solo. Embora não se tenha verificado uma relação perfeita entre os índices de clorofila determinados no estágio V7-folhas e a produtividade de grãos (Figura 1b), pode-se inferir que valores destes índices situados na faixa de 50 a 52 (Figura 1b) são indicativos de um adequado suprimento de N em milho e, poderiam ser utilizados como parâmetros da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura.

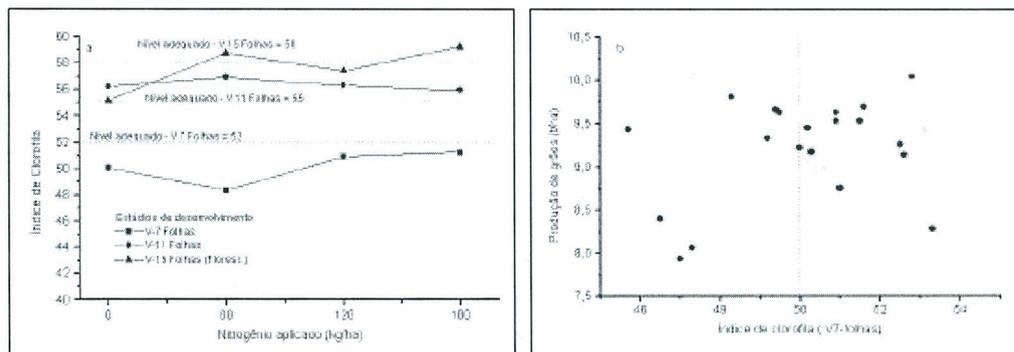


Figura 1. Relação entre os índices de clorofila nas folhas em diferentes estádios de desenvolvimento do milho e doses de nitrogênio aplicadas em cobertura (a); relação entre os índices de clorofila nas folhas no estágio V7 e produtividade de grãos de milho (b).



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

A semelhança do observado para as relações entre os índices de clorofila na folha e a produtividade de grãos (Figura 1b), também não foi verificada uma relação nítida entre os teores de N mineral no solo, determinados no estágio V7-folhas e a produtividade de grãos (Figura 2ab). Nestas condições, em que não houve resposta do milho às doses de N aplicadas em cobertura (Tabela 2), poderia se dizer que os teores de N mineral no solo, no tratamento controle, estava em níveis adequados. Os teores de N mineral no solo determinados neste estágio, no tratamento controle, foram, respectivamente, de 19 e 30 kg/ha, nas profundidades analisadas (Tabela 1), os quais proporcionaram produtividades de milho da ordem de 9 a 10 t de grãos/ha. Em experimento conduzido neste mesmo tipo de solo, COELHO et al. (1992), verificaram resposta acentuada do milho à adubação nitrogenada quando o teor inicial de N mineral no solo foi de 28 kg/ha, na camada superficial de 0,40 m. Segundo MAGDOFF et al. (1984), existem grandes probabilidades de resposta do milho à adubação nitrogenada, quando o teor de N mineral no solo, na camada superficial de 0,30 m, for menor do que 36 kg/ha. Neste experimento, embora esta relação não seja bem definida (Figura 2ab), pode-se inferir que em solos, sob plantio direto, com teores de N mineral da ordem de 20 kg/ha na profundidade de 0 a 0,10 m e 30 kg/ha na profundidade de 0,10 a 0,30 m, podem ser usados como indicadores da capacidade de suprimento de N pelo solo, sem probabilidades de resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura.

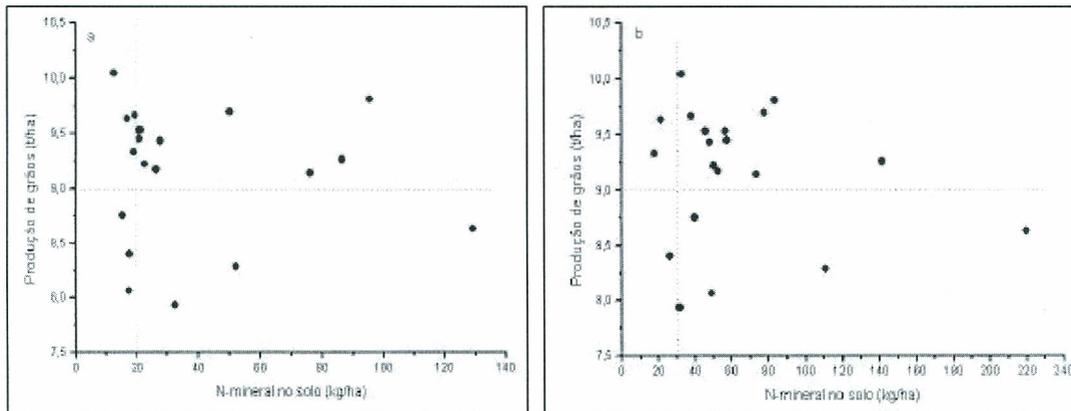


Figura 2. Relação entre os teores de N mineral no solo, nas profundidades de 0 a 0,10 m (a) e 0,10 a 0,30 m (b), determinados no estágio V7-folhas e a produtividade de grãos de milho.

As características agrônômicas do milho em função das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura, avaliadas na colheita são apresentadas na Tabela 2. Para todos os parâmetros analisados não foram verificados efeitos significativos dos tratamentos (Teste  $F_{0,05}$ ). É importante mencionar que a população de plantas foi da ordem de 20 % inferior ao planejado o que pode ter limitado o potencial de produtividade obtido em função do nível tecnológico utilizado.



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

Tabela 2. Características agronômicas do milho, híbrido simples BRS 1030, em função da aplicação de doses de adubação nitrogenada em cobertura.

Doses de nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Número de plantas (1.000 ha <sup>-1</sup> )	Número de espigas (1.000 ha <sup>-1</sup> )	Umidade dos grãos (%)	Peso de 100 grãos (gramas)	Produtividade de grãos (t ha <sup>-1</sup> )
0	52,05	51,25	15,57	41,84	9,08
120 <sup>1/</sup>	52,95	52,41	15,58	43,03	9,10
60 <sup>2/</sup>	53,30	53,84	15,55	41,40	9,11
120 <sup>2/</sup>	51,78	52,32	15,60	42,23	9,42
180 <sup>2/</sup>	50,36	50,27	15,56	43,10	8,99
Média	52,09	52,02	15,57	42,32	9,14
DMS <sup>3/</sup>	4,66	5,28	0,55	2,06	1,09
C.V. (%)	6,14	7,30	2,43	3,47	8,23

<sup>1/</sup>Dose de N aplicada no estádio V7-folhas. <sup>2/</sup>Doses de N aplicadas no estádio de V3-folhas. <sup>3/</sup>DMS = diferença mínima significativa, teste de tukey, 5 %

**CONCLUSÕES:** Os parâmetros de solo (N mineral) e planta (índice clorofila), avaliados no estádio V7-folhas, apresentaram-se com potencial de serem utilizados como indicadores da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura para o milho. Em solo sob plantio direto estabelecido como teores N mineral (N-NH<sub>4</sub> + N-NO<sub>3</sub>) no solo, da ordem de 20 kg/ha na camada de 0 – 0,10 m e de 30 kg/ha na camada de 0,10 – 0,30 m, associado aos valores de índices de clorofila na folha, na faixa de 50 a 52, foram indicativos da não necessidade de aplicação de adubação nitrogenada de cobertura, com potencial de produtividade de grãos da ordem de 9 a 10 t/ha.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, n.2, p.241-248, 2002.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.61-67, 1992.

COELHO, A.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; VASCONCELLOS, C.A. de; CRUZ, J.C. Influência do manejo do solo e da palhada de milho na disponibilidade de nitrogênio para a cultura do feijão. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRICAÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: UA/FCA/EMBRAPA/IPA, 1996. p.584-585.

MAGDOFF, F.R.; ROSS, D.; AMADON, J. A soil test for nitrogen availability to corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, n.3, p.1301-1304, 1984.

MINOLTA Co., Ltd. **Chlorophyll meter SPAD – 502 instruction manual**, Osaka, 22p. 1989.



### *3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão*

SCHEPERS, J.S.; BLACKMER, T.M.; WILHELM, W.W.; RESENDE, M. Transmittance and reflectance measurements of corn leaves from plants with different nitrogen and water supply. **Journal Plant Physiology**. n.148, p.523-529, 1996.

SCHMITT, M.A.; RANDALL, G.W. Developing a soil nitrogen test for improved recommendations for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.7, n.3, p.328-334, 1994.

VARVEL, G.E.; SCHEPERS, J.S.; FRANCIS, D.D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meter. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.6, p.1233-1239, 1997.



### 3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão

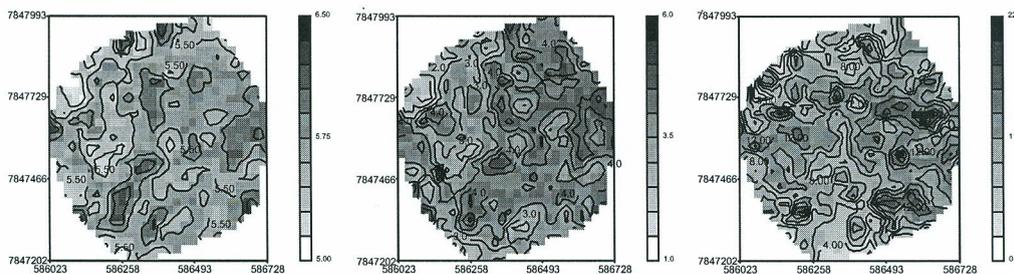


Figura 3 – Mapa interpolado por krigagem ordinária dos valores de pH, Ca e P.