

ANNY ROSI MANNIGEL

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA COM SULFATO DE AMÔNIO EM  
MILHO EM SUCESSÃO AO TRIGO E À AVEIA, EM PLANTIO DIRETO**

Maringá - Paraná - Brasil

Fevereiro – 2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANNY ROSI MANNIGEL

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA COM SULFATO DE AMÔNIO EM  
MILHO EM SUCESSÃO AO TRIGO E À AVEIA, EM PLANTIO DIRETO**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutor em Solos e Nutrição de Plantas.

Maringá - Paraná - Brasil

Fevereiro – 2007

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M283m Mannigel, Anny Rosi  
Manejo da adubação nitrogenada com sulfato de amônio em milho em sucessão ao trigo e à aveia, em plantio direto / Anny Rosi Mannigel. -- Maringá : [s.n.], 2007.  
58 f. : il. color., figs., tabs.

Orientadora : Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Anita Gonçalves da Silva.  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Agronomia, 2007.

1. Adubação nitrogenada - Milho. 2. Plantio direto - Milho. 3. Milho - Produtividade. 4. Índice Relativo de Clorofila - Clorofilômetro. I. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-graduação em Agronomia. II. Título.

CDD 21.ed. 631.422

ANNY ROSI MANNIGEL  
Engenheira Agrônoma

**MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA COM SULFATO DE AMÔNIO EM  
MILHO EM SUCESSÃO AO TRIGO E À AVEIA, EM PLANTIO DIRETO**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doutor em Solos e Nutrição de Plantas.

Aprovada em 28 de Fevereiro de 2007.

---

Professora Doutora Maria Anita Gonçalves da Silva

---

Professor Doutor Affonso Celso Gonçalves Junior

---

Professor Doutor Antônio Saraiva Muniz

---

Professor Doutor Carlos Alberto de Bastos Andrade

---

Professor Doutor José Ozinaldo Alves de Sena

Dedico este trabalho aos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

Existe alguma coisa de especial em poder agradecer. Talvez seja a possibilidade de constatar quantas pessoas especiais passaram pela nossa vida e nos presentearam com alguma palavra, ensinamento ou mesmo um olhar de compreensão, nos auxiliando nessa busca para que nos tornemos seres humanos melhores e mais dignos do dom da vida, presente de Deus. Assim, registro aqui meus agradecimentos...

... à professora Maria Anita, orientadora sempre presente, pelo entusiasmo com a pesquisa científica e principalmente pelas palavras de incentivo;

... ao professor José Viana, pela alegria em ensinar;

... ao professor Saraiva Muniz, por estar sempre disposto a resolver dúvidas cruéis sobre laboratório;

... ao professor Osvaldo Hidalgo, por sempre ouvir e aconselhar;

... ao professor Valdecir Dalpasquale, pelas sugestões;

... aos professores José Ozinaldo Alves de Sena, Carlos Alberto de Bastos Andrade e Antônio Carlos Saraiva da Costa, pelas contribuições no Exame de Qualificação;

... a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UEM;

... à minha “irmã” de curso, Simone, pelos obstáculos enfrentados juntas;

... às amigas Vânia, Eliane, Cris Moraes, Teresinha, Ivana, Elvira, Elisabete, Ana, pela constante disposição em renovar o meu ânimo;

... a todos os companheiros de ILG/UEM;

... aos amigos da pós-graduação: Viri, Augusto, Patrícia e Elisa pelo companheirismo e alegria;

... à Noemi, pela amizade sincera;

... aos meus alunos de língua alemã, por me proporcionarem a terapia de lecionar;

... à secretária e aos técnicos do laboratório de solos do DAG/UEM: Solange, Roberto Carlos, Anderson, Reinaldo e Edson, pela ajuda e ensinamentos durante o curso;

... aos funcionários do NUPAGRI/UEM, pelo ambiente tranquilo de trabalho;

... aos funcionários do Programa de Pós-graduação em Agronomia: Ricardo, Rui e, em especial, à Érika, pelas palavras aliviadoras;

... aos funcionários da Fazenda Experimental da COAMO, especialmente ao técnico Ademir, pela contribuição na realização desta pesquisa;

... ao engenheiro agrônomo Joaquim Mariano pelos ensinamentos;

... à Cooperativa Agroindustrial COAMO por ceder o espaço, insumos e funcionários;

... à EMBRAPA, pelo empréstimo do clorofilômetro;

... ao técnico Claudinei por se deslocar de Londrina até Campo Mourão para auxiliar na tomada de leituras com o clorofilômetro;

... à CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado;

... a meus pais e minha avó, pela compreensão por minhas ausências;

... a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização dessa Tese;

... e principalmente ao Max, por me proporcionar o equilíbrio necessário para continuar.

## BIOGRAFIA

Anny Rosi Mannigel, nascida em Assis-SP em 11 de junho de 1972. Filha de Geraldo Guilherme Walter Mannigel e Ida Sturzenegger Mannigel, concluiu no ano de 1989 o curso de Técnico em Contabilidade pela E.E.P.S.G. “José Gonçalves de Mendonça” na cidade de Maracaí-SP. Em 1993 licenciou-se em Letras-Português/Alemão pela Universidade Estadual Paulista-UNESP - Campus de Assis/SP. Em 1995 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Estadual de Maringá-UEM, e, no ano seguinte, foi contratada como professora de Língua Alemã no Instituto de Línguas da mesma universidade. Graduou-se em Agronomia pela UEM no ano de 1999. Defendeu sua dissertação de mestrado no Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista – UNESP - Campus de Ilha Solteira/SP em 2002. Em 2003 iniciou seus estudos no curso de Doutorado na Universidade Estadual de Maringá – UEM e retomou suas atividades como professora colaboradora de Língua Alemã no ILG/UEM.

*"Ousar é perder o equilíbrio momentaneamente. Não ousar é perder-se."*  
*Sören Kierkegaard, filósofo dinamarquês*

## ÍNDICE

INTRODUÇÃO .....	1
REVISÃO DE LITERATURA .....	3
Dinâmica do Nitrogênio no solo .....	3
Nitrogênio na planta .....	4
Manejo da adubação nitrogenada no milho .....	6
Determinação da clorofila pelo clorofilômetro para monitorar a necessidade da adubação nitrogenada no milho .....	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
CAPITULO 1 – Absorção de nitrogênio e produtividade do milho relacionados ao teor de clorofila foliar, estimado pelo clorofilômetro .....	20
INTRODUÇÃO .....	20
MATERIAL E MÉTODOS .....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
CONCLUSÕES .....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
CAPITULO 2 – Manejo de Nitrogênio em milho em sucessão ao trigo e à aveia, em plantio direto.....	40
INTRODUÇÃO .....	40
MATERIAL E MÉTODOS .....	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	43
CONCLUSÕES .....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

## RESUMO

MANNIGEL, Anny Rosi. D.S. Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2007. **Manejo da adubação nitrogenada com sulfato de amônio em milho em sucessão ao trigo e à aveia, em plantio direto.** Professora Orientadora: Maria Anita Gonçalves da Silva. Professores Co-orientadores: Antonio Carlos Saraiva da Costa e José de Deus Viana da Mata

Este trabalho teve por objetivo estudar o manejo da adubação nitrogenada com sulfato de amônio em milho em sucessão ao trigo e à aveia, em plantio direto. O primeiro capítulo descreve o monitoramento e a predição da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no milho, cultivado sob plantio direto, após trigo e após aveia, através da estimativa do teor de clorofila. O segundo capítulo mostra a influência do manejo da adubação nitrogenada na produtividade do milho e componentes de produção, após trigo e após aveia, em plantio direto, assim como a necessidade da adubação de cobertura, através da leitura da clorofila foliar. A pesquisa foi conduzida durante dois anos (2003 e 2004), na Fazenda Experimental da COAMO, em Campo Mourão, PR, utilizando os seguintes tratamentos no milho em sucessão ao trigo: T1- N (120 kg ha<sup>-1</sup>) na semeadura; T2- N (120 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura; T3- N (40 kg ha<sup>-1</sup>) na semeadura e N (80 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura; T4- N (30 kg ha<sup>-1</sup>) na semeadura e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, monitorado pelo clorofilômetro; T5- N antecipado na semeadura do trigo (120 kg ha<sup>-1</sup>); T6- sem adubação nitrogenada (testemunha). O trigo recebeu 24 kg ha<sup>-1</sup> em todos os tratamentos. No milho após aveia os tratamentos foram: T1- N (120 kg ha<sup>-1</sup>) na semeadura; T2- N (120 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura; T3- N (40 kg ha<sup>-1</sup>) na semeadura e N (80 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura; T4- N em pré-semeadura, na palhada da aveia (90 kg ha<sup>-1</sup>) e na semeadura do milho (30 kg ha<sup>-1</sup>); T5- N antecipado na semeadura da aveia (120 kg ha<sup>-1</sup>); T6- sem adubação nitrogenada (testemunha) e T7 N em pré-semeadura, na palhada da aveia (90 kg ha<sup>-1</sup>) e na semeadura do milho (30 kg ha<sup>-1</sup>). A aveia foi adubada na semeadura com N (24 kg ha<sup>-1</sup>), apenas nos tratamentos 4 e 5 (24+120 kg ha<sup>-1</sup>). A adubação em cobertura do milho após

trigo foi feita nos estádios V4 e V8. No milho em sucessão com o trigo foram feitas determinações do Índice Relativo de Clorofila (IRC) com o clorofilômetro (SPAD-502 Minolta), a partir das quais se obteve o Índice de Suficiência em Nitrogênio (ISN) entre as parcelas com N em cobertura e a parcela onde foi feita toda a adubação na semeadura ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ). O índice relativo de clorofila (IRC) mostrou-se eficiente para avaliar a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no milho. Os resultados mostraram que o manejo da adubação nitrogenada teve influência sobre aspectos como: a produtividade do milho, seu conteúdo foliar de clorofila e componentes de produção (massa de espiga inteira (grãos + sabugo), comprimento da espiga e número de espigas por hectare). A leitura da clorofila no estágio do pendramento foi mais eficiente para prever a produtividade do milho, comparada aos estádios iniciais (V4 e V8). A leitura da clorofila e o índice de suficiência em N (ISN) adotado, menor que 0,95, não foi eficiente para avaliar a necessidade da adubação em cobertura, o que comprometeu a produtividade do milho; o milho após a aveia produziu mais, comparativamente ao trigo, em função da maior produção de massa seca da aveia.

Palavras chave: adubação nitrogenada, semeadura, cobertura, IRC, ISN, *Zea mays*, plantio direto, clorofilômetro

## ABSTRACT

MANNIGEL, Anny Rosi. D.S. Universidade Estadual de Maringá, February, 2007. **Nitrogen management with ammonium sulfate in maize, in no-tillage system, after wheat and oat harvest.** Adviser: Maria Anita Gonçalves da Silva. Co-Adviser: Antonio Carlos Saraiva da Costa and José de Deus Viana da Mata

This study aimed at understanding the nitrogen management with ammonium sulfate in maize, in no-tillage system, after wheat and oat harvest. The first chapter described the monitoring and prediction of the necessity of in covering nitrogen fertilization in maize (*Zea mays*), in no-tillage system, after wheat and oat harvest, through chlorophyll content readings. The second chapter showed, firstly, the evaluation of the influence of nitrogen fertilization management in maize productivity (*Zea mays*) and on the production components, after wheat and oat harvest, in no tillage system, and then, the evaluation of the need for in covering fertilization, by means of chlorophyll readings. The experiments were carried out at Fazenda Experimental COAMO, in Campo Mourão-PR, for two years (2003-2004) with the following treatments in maize, after wheat harvest: T1-N ( $120\text{kg ha}^{-1}$ ) in seeding; T2-N ( $120\text{kg ha}^{-1}$ ) in covering; T3-N ( $40\text{kg ha}^{-1}$ ) in seeding and N ( $80\text{kg ha}^{-1}$ ) in covering; T4-N ( $30\text{kg ha}^{-1}$ ) in seeding and  $120\text{ kg ha}^{-1}$  of N in covering, monitored by chlorophyll meter; T5-N anticipated in wheat seeding ( $120\text{kg ha}^{-1}$ ), T6 – without nitrogen fertilization (control group). Wheat received  $24\text{ kg ha}^{-1}$  in all treatments. Considering maize, after oat harvest, the treatments were: T1-N ( $120\text{kg ha}^{-1}$ ) in seeding; T2-N ( $120\text{kg ha}^{-1}$ ) in covering; T3-N ( $40\text{kg ha}^{-1}$ ) in seeding and N ( $80\text{kg ha}^{-1}$ ) in covering; T4-N in pre seeding, in oat straw ( $90\text{kg ha}^{-1}$ ) and in maize seeding ( $30\text{kg ha}^{-1}$ ). T5-N anticipated in oat seeding ( $120\text{ kg ha}^{-1}$ ); T6-without nitrogen fertilization (control group) and T7 – N ( $90\text{ kg ha}^{-1}$ ) in pre-seeding in oat straw ( $90\text{ kg ha}^{-1}$ ) and in maize seeding ( $30\text{kg ha}^{-1}$ ). Oat was fertilized in seeding with N ( $24\text{ kg ha}^{-1}$ ), just in treatments 4 and 5 ( $24+120\text{ kg ha}^{-1}$ ). The in covering maize fertilization, after wheat harvest, was carried out in

the V4 and V8 stages. In maize, after wheat harvest, the Chlorophyll Relative Index of (CRI) was determined with chlorophyll meter (SPAD-502 Minolta), from which, the Nitrogen Sufficiency Index NSI was obtained between parcels with N, in covering, and the parcel where fertilization was performed during all seeding ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Chlorophyll Relative Index (CRI) has proved to be effective to evaluate the need for nitrogen fertilization in maize covering. Results showed that the management of nitrogen fertilization influenced aspects such as, the maize productivity, the chlorophyll content in leaves, and also on the production components (mass of ears, (grains + slough), on the length of the ears and in the number of ears per hectare. The chlorophyll meter reading, at tasseling stage, has proved to be more efficient to predict maize productivity, if compared to the previous stages (V4 and V8). The Chlorophyll readings and the Nitrogen Sufficiency Index NSI adopted in N (under 0,95) was not considered sufficient to evaluate the need for fertilization in seeding, what placed maize productivity in risk. Maize planting, after oat harvest, produced more if compared to wheat, due to the greater production of oat dry mass.

**Key-words:** nitrogen fertilization, seeding, covering, chlorophyll CRC, NSI, *Zea mays*, no-tillage system, chlorophyll meter

## INTRODUÇÃO

Utilizada há séculos como alimento, esta monocotiledônea do gênero *Zea* de origem tropical, vem sendo cultivada em regiões compreendidas entre 58° de latitude Norte (Canadá e antiga União Soviética) e 40° de latitude Sul (Argentina), distribuídas nas mais diversas altitudes, desde pontos situados abaixo do nível do mar (Região do Mar Cáspio) até localidades com mais de 2500 m de altitude, nos Andes Peruanos (FANCELLI e DOURADO-NETO, 1997).

É uma das principais espécies utilizadas no mundo, sendo cultivado em cerca de 132 milhões de hectares e produzindo aproximadamente 500 milhões de toneladas de grãos/ano (FANCELLI e DOURADO-NETO, 1997). O Brasil o é o terceiro maior produtor de milho, participando com 6% na oferta mundial. Entre os estados produtores de milho, o Paraná se destaca como o principal produtor, responsável por aproximadamente um quarto da produção nacional (SOUZA e BRAGA, 2004).

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal produtor de grãos que apresenta maior eficiência na taxa de fotossíntese, o que se traduz pelo alto potencial de rendimento (FLOSS, 2004). É considerada uma das mais eficientes plantas na conversão de energia radiante e, portanto na produção de biomassa, já que de uma semente com massa média de 260 mg resultará uma planta com massa variando de 0,8 a 1,2 kg e aproximadamente 200 gramas de grãos por planta, isso após um período de cerca de 4 meses (FANCELLI e DOURADO-NETO, 1997).

De acordo com Fancelli e Dourado-Neto (1997), o potencial de produção é definido precocemente, por ocasião da emissão da 4ª folha, podendo se estender até a 6ª folha. A referida etapa é denominada de diferenciação floral, a qual também coincide com o término da fase de diferenciação das folhas, portanto, nessa fase já estará definida a área foliar potencial que a planta irá apresentar. Por sua vez, a taxa de fotossíntese do milho está fortemente relacionada com o índice de área foliar (IAF) da cultura, cujo ideal depende da adequada densidade de plantas utilizada, das características morfológicas da cultivar (altura, comprimento de folhas, disposição ereta ou horizontal) e das

condições de manejo, como adubação nitrogenada, doenças, pragas, água, dentre outros (FLOSS, 2004).

A produtividade média do milho no país é muito baixa, correspondendo a 2850 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2001/2002 (SOARES, 2003). Uma das causas limitantes da produtividade é a disponibilidade do nitrogênio, por ser esse o nutriente absorvido em maior quantidade pelas plantas (CATI, 1999) e apresentar uma dinâmica muito complexa no solo (CERETTA e FRIES, 1998), o que acarreta um suprimento insuficiente do mesmo às gramíneas (AMADO e MIELNICZUK, 2000).

## REVISÃO DE LITERATURA

### DINÂMICA DO NITROGÊNIO NO SOLO

O nitrogênio é o nutriente mais requerido pela maioria das culturas agrícolas, porém pequenas quantidades estão presentes em formas minerais no solo (SCHULTEN e SCHNITZER, 1998). Entretanto, o N pode ter seu suprimento controlado pelo homem (TISDALE et al., 1985) através da adubação química, ou pelo manejo da matéria orgânica, ou ainda, pela utilização de rotação de culturas fornecedoras de N ao solo através de sua fixação simbiótica.

Na natureza, o nitrogênio ocorre de diversas formas, existindo contínua interconversão das mesmas, o que constitui o ciclo biogeoquímico do nitrogênio (MARENCO e LOPES, 2005). O N é constituinte de compostos orgânicos no solo (cerca de 98% encontra-se sob a forma orgânica) segundo Jenkinson (1968), citado por Campos (2004). De acordo com Campos (2004) menos de 5% do N total está em formas inorgânicas como o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), prevalecendo o nitrato na maioria dos solos por ser o produto final da utilização microbiológica do nitrogênio amoniacal. Como o solo possui predominância de carga elétrica líquida negativa em condição próxima à neutralidade, o nitrato não se liga eletrostaticamente a essa matriz, sendo facilmente lixiviado e percolado quando não absorvido pelos vegetais (WILLIAMS e MILLER, 2001, citados por CAMARGOS, 2002). Cerca de 79% do N predomina na atmosfera na forma de  $\text{N}_2$  que é fonte de nutriente para o solo (SCHULTEN e SCHNITZER, 1998), e que, por sua vez, será a fonte de N para as plantas não-simbióticas (GONÇALVES et al., 2000).

O N é bastante dinâmico no solo e está presente em diferentes formas iônicas e números de oxidação, desde  $\text{NH}_4^+$  (-3) até  $\text{NO}_3^-$  (número de oxidação +5), originando formas altamente lixiviadas, como N nítrico, além de formas facilmente volatilizadas (desnitrificação), como  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ , cujas formas químicas são dependentes de pH (MARENCO e LOPES, 2005). As perdas de  $\text{N}_2$  (denitrogênio) ocorrem em meio mais alcalino ( $\text{pH} > 7,0$ ), enquanto que as outras formas são perdidas em ambiente mais ácido. A forma de N- $\text{NH}_3$  também passa para a atmosfera, a partir da reação do  $\text{NH}_4^+$  com  $\text{OH}^-$  em meio pouco ácido,

através da volatilização. Junto com a remoção por colheitas, as perdas de N são significativas (SCHULTEN e SCHNITZEN, 1998).

A imobilização biológica do N, a partir da mineralização da matéria orgânica, é uma retenção temporária do elemento nos tecidos dos microrganismos, quando as plantas possuem alta relação C/N e muita energia e CO<sub>2</sub> sendo liberado no meio, o que estimula a proliferação dos microrganismos e o consumo de N do solo ou uma imobilização temporária do nutriente pela população de microrganismos.

## NITROGÊNIO NA PLANTA

As plantas absorvem principalmente as formas NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (MARENCO e LOPES, 2005), que são reduzidas para N-NH<sub>2</sub>, que, por sua vez, é incorporado à biomassa vegetal. Aliás, N é o único entre os nutrientes minerais que pode ser absorvido pelas plantas de duas formas distintas (RUSSEL et al. 1984, citado por BELLOW, 1995). Entretanto, segundo Tisdale et al. (1985), as plantas absorvem a maior quantidade de seu nitrogênio nas formas NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e a compreensão sobre esse nutriente é complexa porque as plantas têm, usualmente, acesso a ambas as formas. Ainda segundo esses autores, existe uma preferência das plantas por NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ou NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que é determinada por idade, tipo de planta, desenvolvimento e outros fatores. Arroz, centeio, milho, batatas, beterraba açucareira e abacaxi usam uma ou outra forma de nitrogênio. Tomates, aipo e fumo crescem melhor quando supridas com algum NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Já outras plantas, tais como mirtilo (*Vaccinium ashei*), ançarinha-branca (*Chenopodium álbum*) e certas cultivares de arroz não toleram NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Além de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, em circunstâncias especiais, algumas formas de nitrogênio orgânico do solo também podem ser absorvidas pela planta, sobretudo nas regiões muito frias (MARENCO e LOPES, 2005). Entretanto, o nitrogênio é mais freqüentemente aproveitado pelas plantas na forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, cuja concentração natural na solução do solo é, em geral, pequena (REICHARDT et al. 1979).

De acordo com Reichardt et al. (1979) o nitrogênio está entre os nutrientes mais importantes no crescimento e desenvolvimento de vegetais, sendo requerido

em maior proporção quando comparado com os demais nutrientes. O N é o nutriente que mais freqüentemente limita o crescimento e o rendimento de plantas não-leguminosas, as quais requerem relativamente grandes quantidades do mesmo (1,5 a 5% do peso seco da planta) para incorporação em numerosos componentes orgânicos (BELLOW, 1995). Estes componentes incluem aminoácidos e proteínas, que contém em torno de 18% de nitrogênio (MARENCO e LOPES, 2005). Aminoácidos, ácidos nucléicos e reguladores de crescimentos, desempenham, todos eles, funções vitais no crescimento e desenvolvimento de plantas (BRADY, 1989; BELOW, 1995). Segundo Tisdale et al. (1985) as proteínas formadas em células de plantas são muito mais funcionais do que estruturais. Isso porque elas são enzimas e, como tal, controlam os processos metabólicos que se realizam em plantas, inclusive aqueles envolvidos na redução de  $\text{NO}_3^-$  e na síntese de proteínas. Tais proteínas funcionais por serem compostos estáveis vão sendo continuamente degradadas e ressintetizadas.

Em adição à sua função na formação de proteínas, o nitrogênio é uma parte integral da clorofila, o principal absorvedor da energia luminosa necessária para a fotossíntese. A unidade básica da estrutura da clorofila se apresenta como um sistema de anel porfirínico, composto por 4 anéis, cada um contendo um N e 4 átomos de carbono (TISDALE et al., 1985).

A concentração de N dos tecidos vegetais tem também importante consequência nutricional, visto que plantas são a maior fonte de proteínas na dieta de seres humanos e animais (BELLOW, 1995).

Segundo Larcher (2004) existe uma estreita ligação entre o abastecimento de nitrogênio e o incremento de biomassa, que pode ser expressa através da eficiência do uso do nitrogênio na produção. Ainda, segundo esse autor, a energia e a estrutura molecular, para a incorporação do nitrogênio, são supridas pelo metabolismo dos carboidratos, que depende da fotossíntese. Fechando um ciclo de interdependência metabólica, a fotossíntese depende de compostos contendo N (por exemplo, clorofila). Assim, o crescimento em massa da planta é limitado, principalmente, pela oferta de nitrogênio. Quando existem baixos teores de N, o carboidrato excedente é armazenado sob a forma de amido e substâncias graxas, ou então, desviado para a síntese de lignina (metabolismo secundário). Já numa situação de grave deficiência de N, a planta apresenta porte menor, as células apresentam menor tamanho em seus tecidos, as paredes

celulares tornam-se espessas (esclerose por deficiência de N), e, segundo Tisdale et al. (1985) ocorre clorose nas folhas, iniciando pelas folhas mais baixas, que ficam bronzeadas, a partir das extremidades e progredindo ao longo da nervura central até que a folha inteira esteja morta. Além disso, de acordo com Floss (2004), as plantas promovem a redistribuição do nitrogênio das folhas velhas para as folhas novas, antecipando assim a senescência das folhas velhas, provocando, desse modo, uma redução do ciclo total das culturas.

Por outro lado, conforme Tisdale et al. (1985), quando os suprimentos de N são adequados e as condições para crescimento são favoráveis, formam-se proteínas a partir dos carboidratos manufaturados. Menos carboidrato é depositado dessa maneira na porção vegetativa, mais protoplasma é formado, e, por estar o protoplasma altamente hidratado, a planta se torna mais succulenta.

## **MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO**

A produtividade das culturas depende em parte do uso de adubos orgânicos e/ou da aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos, pois normalmente, os solos possuem baixa disponibilidade de nitrogênio (MARENCO e LOPES, 2005).

Para tornar a cultura de milho economicamente viável é necessária a obtenção de altas produtividades e, para tal, a adubação é um dos fatores essenciais. Segundo Büll (1993), o fornecimento de nutrientes de forma correta, no momento adequado e em doses convenientes proporciona o máximo desenvolvimento da cultura. Dos componentes do rendimento, o número de grãos por espiga é o que mais está associado ao rendimento de grãos em razão da dose e época de aplicação de nitrogênio (BORTOLINI et al., 2001).

É importante ressaltar que o N é o elemento mais exportado pelas plantas de milho, pois a cada tonelada de grãos produzida são exportados cerca de 15 kg de N (BÜLL, 1993).

De acordo com Fancelli (1986) a baixa disponibilidade de N (inferior a 25 kg ha<sup>-1</sup>) e a presença de baixas temperaturas (inferior a 12° C) no início do desenvolvimento da planta de milho (4<sup>a</sup>/5<sup>a</sup> folha) contribuem de maneira intensa

para a redução do sistema radicular (radical) e, conseqüentemente, para a redução de produtividade da cultura.

Em condições de plantio direto há maior conteúdo de matéria orgânica superficial (GONÇALVES e CERETTA, 1999; MARCHIORI e MELLO, 1999). O acúmulo de carbono e a alta capacidade de troca catiônica (CTC) influenciam na retenção do nitrogênio amoniacal, assim como há maior retenção de água e alta atividade microbiana, que interferem na dinâmica dos nutrientes. Especificamente em relação ao N, as perdas são maiores por imobilização microbiana e volatilização (LARA CABEZAS et al., 2000), fazendo com que a resposta à adubação nitrogenada esteja relacionada também às características do solo, além da dose e da época de aplicação.

A semeadura direta do milho sobre resíduos culturais de leguminosas tem apresentado resultados superiores à da seqüência com gramíneas, devido a um fornecimento mais contínuo de N para a absorção pela planta, durante os estádios iniciais de desenvolvimento. Todavia resultados semelhantes e/ou até superiores têm sido obtidos com a seqüência gramínea-milho, desde que haja uma mudança de estratégia no fornecimento do N para compensar os efeitos negativos da imobilização deste elemento pela biomassa microbiana (SÁ, 1993, 1996a). O efeito aditivo proporcionado pelo retorno de resíduos de diversas culturas em rotação parece ser mais importante no balanço de N no sistema do que a cultura antecessora ao milho, no que se refere à resposta ao N (SÁ, 1996 b).

Em trabalho realizado por Araújo et al.(2003), pôde-se notar o efeito das doses crescentes de adubação nitrogenada no rendimento de grãos de milho. Segundo Cantarella (1993) a maioria dos estudos indica respostas significativas a doses entre 30 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, em parte, devido aos níveis de produtividade relativamente baixos. Enquanto no Brasil, a quantidade média de N usada está em torno de 60 kg ha<sup>-1</sup>, na China e nos Estados Unidos está em 130 kg ha<sup>-1</sup> e 150 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (ARAÚJO et al., 2003).

A adubação nitrogenada na cultura do milho é ainda discutida quanto à época mais adequada à sua aplicação considerando que as fontes de nitrogênio apresentam comportamentos distintos no solo. Tradicionalmente a adubação nitrogenada na cultura do milho se faz utilizando parte da dose empregada (1/3 ou 1/2) no plantio e o restante, na forma de cobertura 30 ou 40 dias após,

considerando que, nessa época, a cultura apresenta uma maior demanda de nitrogênio (NASCIMENTO et al., 2003).

Em função das características do sistema de plantio direto, a produtividade do milho pode estar relacionada à época de aplicação da adubação nitrogenada (CERETTA e FRIES, 1998).

Visando aumentar a disponibilidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho em plantio direto Basso et al. (1998) estudaram a época de aplicação do adubo nitrogenado, porém não encontraram diferença na produção do milho quando toda a adubação nitrogenada foi feita no plantio, se comparada com 40 kg ha<sup>-1</sup> no plantio mais 80 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura, feita toda ela no estágio V4, com quatro folhas completamente maduras. O milho foi cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo de inverno no sistema plantio direto sendo observado que, quando se aplicou 60-30-30 kg N ha<sup>-1</sup> de N em pré-semeadura, semeadura e cobertura, ou seja, 90% do N total recomendado aplicado até a semeadura, obteve-se o maior rendimento de grãos de milho, comparado ao manejo tradicional (semeadura + cobertura).

No sistema plantio direto já estabilizado e com adequada fertilidade, há uma tendência a se fazer a adubação para restituir o que é exportado pelas culturas e ajustar a época da colocação do fertilizante. Nesse sentido Guth et al. (2002) encontraram respostas semelhantes quanto ao rendimento de milho, em Latossolo Vermelho distroférico de boa fertilidade em Ijuí, RS, quando aplicaram a adubação NPK do milho, em pré-plantio e no plantio do trigo, em 100% da necessidade de adubo da cultura de inverno e de verão, no inverno; quando da aplicação de 67% da necessidade do adubo da cultura de inverno e de verão, no inverno, e 33% restante junto com a cultura de verão, em comparação à colocação da necessidade de adubo da cultura de inverno e de verão na sua respectiva semeadura. Os resultados indicaram que em solos de alta fertilidade, há uma tendência favorável para se realizar 2/3 da adubação da cultura de verão (soja ou milho) no inverno, por ocasião do cultivo do trigo. O maior aporte de adubo no trigo irá potencializar o seu rendimento, produzir maior palhada e deixar um residual de adubação adequado à cultura de verão.

A princípio, o fornecimento parcelado de N parece ser mais favorável, (CANTARELLA, 1993, BAHIA FILHO, 1993), por outro lado, quando ocorre o parcelamento, menor concentração de N é aplicada por volume de solo, sendo

esse um dos fatores que pode tornar o parcelamento desaconselhável (COELHO,1992; FRANÇA et al.,1994; SOUZA et al.,2001). Escosteguy et al. (1997) verificaram que o parcelamento de N não influenciou a produção de grãos de milho, por ser N resultante da decomposição microbiana da matéria orgânica do solo, com teor inicial de 35 g dm<sup>-3</sup>. Silva e Silva (2002) também não encontraram resposta diferente no rendimento de grãos de milho e peso (massa) de 100 grãos, quando realizaram adubação nitrogenada no plantio ou em cobertura.

Entretanto, de acordo com trabalho realizado por Da Ros et al. (2003), o parcelamento da adubação nitrogenada, parte na semeadura e o restante em cobertura, aumentou a disponibilidade de N no solo nos estádios de maior demanda deste nutriente pelas culturas de milho e trigo. Silva et al. (2005) também verificaram maior produtividade de grãos quando aplicaram metade do N na semeadura e a outra metade no estádio de 4 a 6 folhas, metade do N na semeadura e metade no estádio 8 a 10 folhas e todo o N no estádio de 4 a 6 folhas. Além disso, Casagrande e Fornasiere Filho (2002) verificaram que não há efeito da forma de aplicação de N (todo na semeadura ou todo em cobertura) e de doses de N nas características agrônômicas do milho safrinha.

Visando a racionalização do uso de máquinas e de mão-de-obra surgiu a necessidade de se pesquisar a aplicação antecipada do N ou adubação em pré-semeadura (COELHO, 2002). Nesse sentido, Sá (1996b) e Ceretta (1997) mostraram vantagens do uso do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura em relação ao utilizado convencionalmente. Em contrapartida, segundo Bortolini et al. (2001), a antecipação da dose total de N de cobertura para a pré-semeadura do milho é prejudicial ao rendimento de grãos dessa cultura, principalmente em situações com alta disponibilidade hídrica e com aplicação de elevada dose desse nutriente. Basso e Ceretta (2000) também evidenciam que a aplicação de N em pré-semeadura do milho é arriscada, uma vez que ocorram elevadas precipitações no período logo após a aplicação de N, que pode ser lixiviado, sendo mais seguro sua aplicação na semeadura e em cobertura.

Mas, de acordo com Lange et al. (2003), na região sul do país, a aplicação de N no sistema plantio direto (SPD), especificamente a aplicação antecipada, em pré-semeadura, na cultura do milho, tem-se mostrado benéfica, quando a precipitação nos meses de outubro e novembro apresenta comportamento

regular. Mai et al. (2003) demonstraram que, apesar da aplicação de N em pré-semeadura do milho ter proporcionado maior teor de N no solo no início do desenvolvimento dessa gramínea, a aplicação de N em cobertura propicia a obtenção de maiores produtividades de grãos.

## **DETERMINAÇÃO DA CLOROFILA PELO CLOROFILÔMETRO PARA MONITORAR A NECESSIDADE DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO**

A definição da época de aplicação do nitrogênio pode se dar através do monitoramento do teor de clorofila das folhas, uma vez que grande parte do N está associado aos cloroplastos (60%) na forma protéica. A determinação do teor relativo de clorofila, através do clorofilômetro, vem sendo utilizada para prever a necessidade da adubação nitrogenada em várias culturas, como por exemplo arroz (BALASUBRANIAN et al., 2000), trigo (BREDEMEIER, 1999), feijão (CARVALHO et al., 2003) e milho (ARGENTA, 2001).

Segundo Schröder et al. (2000), a disponibilidade do N mineral do solo afeta a taxa de formação e expansão foliar, tamanho final das folhas e a taxa de senescência foliar. De acordo com Sinclair (1997), a área foliar está diretamente relacionada à disponibilidade de N e à produção das culturas. A conversão de radiação solar interceptada em biomassa também depende do conteúdo foliar de N (SCHRÖDER et al. 2000). Aumentos na eficiência de uso da radiação são relatados quando há mais de 2,0 g de N por metro quadrado de área foliar (SINCLAIR, 1997).

O N é necessário para síntese da clorofila e, como parte dessa molécula, está envolvido na fotossíntese. Na falta do N fornecido via solo, a planta degrada a molécula de clorofila, retranslocando o N para regiões de crescimento ativo, onde ele realiza sua função estrutural. Por essa razão, plantas com deficiência de N mostram os sintomas de deficiência primeiramente nas folhas mais velhas (MENGEL e KIRKBY, 1987). Persistindo a deficiência de N e havendo a redução no teor de clorofila, as plantas não irão utilizar a luz do sol como fonte de energia para levar a efeito funções essenciais como a absorção de outros nutrientes e a produção de carboidratos para o seu desenvolvimento (CAPOBIANCO et al. 2003).

O N mineral e o rendimento das culturas estão relacionados à absorção de nitrato e à sua conversão em proteína e clorofila (SCHRÖDER et al. 2000). Utiliza-se o teor de clorofila na folha para prever o nível nutricional de nitrogênio em plantas, pois a quantidade desse pigmento correlaciona-se positivamente com o teor de N na planta (BOOIJ et al., 2000). O teor de clorofila pode ser uma determinação mais sensível às variações do suprimento de N, do que as determinações do elemento na matéria seca das folhas (GUIMARÃES et al. 1999), o que possibilitaria maior rapidez na detecção da deficiência de N. Essa relação é atribuída, principalmente, ao fato de 50 a 70 % do N total das folhas ser integrante de enzimas (CHAPMAN e BARRETO, 1997) que estão associadas aos cloroplastos (STOCKING e ONGUN, 1962, citados por ARGENTA et al. 2001).

Os teores de clorofila podem ser obtidos através da extração de pigmentos em laboratório, cujo método clássico foi desenvolvido por Arnon (1949), e por medidores portáteis (clorofilômetro SPAD 502, MINOLTA, 1989). De acordo com Guimarães (1999), o método padrão de determinação de clorofila em laboratório (ARNON, 1949), ainda que fácil, apresenta desvantagens, como coleta destrutiva do material vegetal, extração via maceração com acetona e leitura em espectrofotômetro. Com o advento de medidores portáteis, a determinação de clorofila tornou-se mais fácil e rápida, sendo realizada diretamente no campo.

É difícil avaliar a carência de N no solo ou ter um índice que sirva como indicativo para a recomendação de adubação, em tempo hábil para a sua correção. Isso se deve à complexa dinâmica do N no solo (lixiviação, imobilização, mobilização, desnitrificação, mineralização, etc), variando no campo após uma chuva ou mesmo em amostras embaladas.

O indicador ideal deve determinar o nível de N no sistema solo-planta e ser capaz de detectar ou prever tanto a deficiência quanto o excesso de N. O tempo necessário para essa estimativa não deve entrar em conflito com outras atividades rotineiras de campo (SCHRÖDER et al. 2000). Dessa forma, a determinação do teor relativo de clorofila por meio do clorofilômetro pode indicar o nível de N nas plantas, uma vez que, normalmente, clorofila e N se correlacionam positivamente. (CAPOBIANCO et al. 2003; WOOD et al., 1992).

As leituras realizadas pelo medidor portátil de clorofila correspondem ao teor relativo de clorofila presente na folha da planta. Tais valores são calculados pelo equipamento com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois

comprimentos de ondas, com diferentes absorbâncias da clorofila. A luz que passa através da amostra da folha atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Por meio do conversor A/D, tais sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais, sendo usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD (Soil plant analysis development) que são mostrados num visor (MINOLTA, 1989) Os valores obtidos são proporcionais ao teor de clorofila presente na planta. Segundo Argenta et al. (2002), a determinação do teor de clorofila pelo clorofilômetro apresenta algumas vantagens sobre o método de extração de clorofila, pois a leitura pode ser realizada em poucos minutos, portanto oferece facilidade de determinação, e o baixo custo de manutenção do aparelho, ao contrário de outros testes que exigem compra sistemática de produtos químicos (PIEKIELEK e FOX, 1992); não há necessidade de envio de amostras para laboratório, somando economia de tempo e dinheiro, e podem ser realizadas quantas amostras forem necessárias, sem implicar em destruição de folhas (MALAVOLTA et al., 1997).

Além de ser um método não destrutivo, a determinação da clorofila pelo uso de clorofilômetro apresenta a vantagem de não ler o N absorvido como consumo de luxo, apenas o teor de N que se associa à molécula de clorofila. Desta forma, a medição efetuada pelo medidor de clorofila vem sendo considerada melhor indicadora do nível de nitrogênio na planta do que o próprio teor de N na planta (BLACKMER e SCHEPERS, 1995).

Vidal et al. (1999) em experimento no Chile, constataram a efetividade no uso do clorofilômetro para predizer a deficiência de nitrogênio na cultura de trigo. Carvalho et al. (2003) verificaram boas perspectivas de detectar deficiências de N em feijão com o auxílio de clorofilômetro, bem como a viabilidade de se corrigir adequadamente a carência de N com base nas leituras realizadas. Os resultados indicam a necessidade de estabelecimento de vários momentos de amostragem durante o ciclo da planta para detecção das variações de teores foliares de clorofila e sua correlação com os teores foliares de N, considerando as variações ocasionadas pela decomposição da palhada.

Guimarães et al. (1999) verificaram que as concentrações de clorofila na folha (tomateiro), analisadas pelo método padrão (ARNON, 1949) e por clorofilômetro, cresceram linearmente com o aumento das doses N nos dois solos estudados. Lopez-Cantarero et al. (1994), utilizando o método padrão de

laboratório, observaram que o aumento no fornecimento de N no solo produziu aumento nas concentrações de clorofila total no limbo foliar de berinjela (*Solanum melongena* cv. Bonica). De maneira similar, trabalhando com variedades de batata, Minotti et al. (1994) também observaram elevação na concentração de clorofila, determinada com o medidor SPAD, com o aumento das doses de N aplicadas ao solo.

Argenta et al. (2001) observaram que as leituras realizadas com clorofilômetro estimam com boa precisão o teor de clorofila na folha de milho, mas para a avaliação do nível de N na planta nos estádios iniciais (seis a sete folhas), a leitura não é tão precisa. Já Godoy et al (2003) trabalhando com leitura de clorofila e ISN (índice de suficiência de Nitrogênio) na cultura de milho (estádio de sete a oito folhas) obtiveram dados que avalizavam o uso dessa técnica para a definição da aplicação de adubação nitrogenada em cobertura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T.J.C. & MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 553-560, 2000.

ARAÚJO, L.A.N.; FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P.; Adubação nitrogenada para milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, **Resumos...** Ribeirão Preto-SP, 2003. CD-ROM

ARGENTA, G. **Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 112p. Tese de doutorado. 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFFER, E.L. & STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho, **R. Bras. Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p. 158-167, 2001

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; MIELNICZUK, J. & BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.37, n.4, p. 519-27, 2002.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v.24, n.1, p. 1-15, 1949.

BAHIA FILHO, A. F. C.; VASCONCELOS, C. A.; SANTOS, H. L. dos; et. al. Nutrição e adubação do milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Cultura do milho.** Brasília, 1993.

BALASUBRANIAN, V.; MORALES, A. C.; CRUZ, R.T.; THIYAGARAJAN, T.M.; NAGARAJAN, R.; BABU, M.; ABDULRACHMAN, S. & HAI, L.H. **Adaptation of the chlorophyllmeter (SPAD) technology for real-time N management in rice: a review.** International Rice Research Institute, 5: 25-26, 2000.

BASSO, C. J. & CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 905-915, 2000.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; MARCOLAN, A. L.; DURIGON, R. Manejo do nitrogênio do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo no inverno, no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, Caxambú, 1998. **Resumos...** Lavras: UFLA, SBCS, SBM, p.145. 1998.

- BELOW, F.E. Nitrogen metabolism and crop productivity. In: PRESSARAKLI, M. (ed.) **Handbook of Plant and Crop Physiology**. New York: Marcel Dekkar, Inc., p.275-301. 1995.
- BLACKMER, T.M. & SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, v. 8, p. 56-60, 1995.
- BOUIJ, R.; VALENZUELA, J.L. & AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A.J.; MACKERRON, D.K.L. (Eds.). **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands, Wageningen Pers, p.72-82. 2000.
- BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R. F.; ARGENTA; G. & FORSTHOFER; E.L. Rendimento de grãos de milho cultivado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**, 7ª edição, Rio de Janeiro:Freitas Bastos, 898p. 1989,
- BREDEMEIER, C. **Predição da necessidade de nitrogênio em cobertura em trigo e aveia**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 101p. Dissertação de Mestrado. 1999.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Potafós: Piracicaba, p. 63-145. 1993.
- CAMARGOS, L.S. **Análise nas alterações do metabolismo de nitrogênio em Canavalia ensiformes (L.) em resposta a variações na concentração de nitrato fornecida**. Universidade de São Paulo, Piracicaba, Dissertação de Mestrado, 113p. 2002.
- CAMPOS, A. X. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do Cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens***. Universidade de São Paulo, Tese de doutorado, Piracicaba, 119p. 2004.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. **Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba-SP, POTAFOS, p.147-196, 1993.
- CASAGRANDE, J.R.R. & FORNASIERE FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.
- CAPOBIANCO, R. ; LIMA, E. V.; SORATTO, R.P.& SILVA, T.R.B. Relação da leitura do clorofilômetro com o n-total em painço pela adubação nitrogenada de cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, S.P. SBCS/UNESP, **Resumos...** 2003.CD-ROM

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B. & BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p. 445-450, 2003.

CATI-Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, **Cultura do milho**. Campinas, 33 p. 1999.

CERETTA, C.A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia milho, no sistema plantio direto. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Coord.). **Atualização em recomendação de adubação e calagem: Ênfase em plantio direto**. Santa Maria : Pallotti, p.112-124, 1997.

CERETTA, C.A. & FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N. J.,ed. **Conceito e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages, Sociedade de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, p. 111-120, 1998.

CHAPMAN, S.C. & BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997

COELHO, A.M.; CRUZ, J.C.& PEREIRA FILHO, I.A. **Rendimento de milho no Brasil: Chegamos ao Máximo**. Trabalho apresentado no III Simpósio de Rotação Soja/Milho no Plantio Direto, Piracicaba, SP 10 a 12 de julho de 2002. 32p.

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. **R. Bras. Ci. Solo**, v.16, p. 61-7, 1992.

DA ROS, C. O.; SALET, R.L.; PORN, R.L. & MACHADO, J. N.C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ci. Rural**, v. 33, n. 5, p. 799-804, 2003.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 21, p. 71-77, 1997.

FANCELLI, A.L. **Plantas alimentícias**: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: CALQ, 131p. 1986.

FANCELLI, A.L. & DOURADO-NETO, D. Ecofisiologia e rendimento. **Informações Agronômicas**, POTAFÓS, n. 78,p.6-14. 1997

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. Passo Fundo : UFP, 536 p. 2004.

FRANÇA, G.E., COELHO, A.M., RESENDE, M., BAHIA FILHO, A.F.C. **Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho irrigado**. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Relatório Técnico Anual do centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.p.28-9, 1994.

GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. & GRASSI FILHO, H. Adubação nitrogenada na cultura do milho baseada na medida do clorofilômetro e no índice de suficiência em nitrogênio (ISN). **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 25, n. 2, p. 373-380, 2003.

GONÇALVES, C.N. ; CERETTA, C.A. & BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p.153-159, 2000.

GONÇALVES, C.N. & CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 23, p.307-313, 1999.

GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H. & MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo . **Bragantia**, v. 58, n.1, p.209-216, 1999.

GUTH, O. L.; LORENZONI, J.; MELLO, J.S. Efeito de diferentes sistemas de adubação no rendimento da soja, milho e trigo no sistema de plantio direto. In CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2, Foz do Iguaçu, **Resumos...** p. 251. 2002.

LANGE, A.; RISSATTI, E.; SILVA, A.F.; BORGES, C. A.; TAITSON, C.; FERRAZ, M.V.; TRIVELIN, P.C.O.; LARA CABEZAS, W.A.R.; Épocas de aplicação de nitrogênio no milho em sistema plantio direto em solos de textura argilosa e arenosa de Cerrado. **Resumos...** In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto, 2003. CD-ROM

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDORFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.363-376, 2000.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos : RiMa, 2000, 531 p. 2004.

LOPEZ-CANTARERO, I.; LORENTE, F. & ROMERO, L. Are chlorophylls good indicators of nitrogen and phosphorus levels? **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.17, n.6, p.979- 990, 1994.

MAI, M. E. M.; CERETTA, C. A. ; BASSO, C. J.; SILVEIRA, M. J.; PAVINATO. A. & PAVINATO, P. S. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 38, n. 1, p. 125-131, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 319 p. 1997.

MARCHIORI, M.J.& MELO, W.J., Carbono, Carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, p.257-63, 1999.

MARENCO, R. A. & LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal; fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 451 p. 2005.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Worblaufen-Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments Divisions. 22 p. 1989.

MINOTTI, P.L.; HALSETH, D.E.; SIECZKA, J.B. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. **Hort Science**, v. 29, n. 12, p. 1497-1500, 1994.

NASCIMENTO, V. M.; SILVA, M. R. R.; MARTINS, D. C.; NASCIMENTO, M. S.; NASCIMENTO, R. S. Efeitos de fontes e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto-SP, **Resumos...** 2003.CD-ROM

PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, v. 84, n. 59-65, 1992.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; VICTÓRIA, R. L.; VIEGAS, G. P. Dinâmica do nitrogênio num solo cultivado com milho. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 3, p. 17-20, 1979.

SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. In: FUNDAÇÃO ABC, Castro, Paraná, 96 p. 1993.

SÁ, J.C.M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, 24 p. 1996b.

SÁ, J.C.M. Nitrogênio: Influência da rotação de culturas e resposta da cultura do milho em solos sob plantio direto. In: Curso sobre manejo do solo no sistema de plantio direto. Ed. SÁ, J.M.C., Fundação ABC, 1995, **Anais...** p. 213-228. 334 p. 1996a.

SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O. & STRUIK, P.C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, v. 66, p.151-164, 2000.

SCHULTEN, H.R. & SCHNITZER, M. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. **Biol Fertil Soils**, v. 26, p.1-15 Springer-Verlag, 1998.

SILVA, E.C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E. & SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, p.353-362, 2005.

SILVA, P. S. L. & SILVA, P. I. B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 37, n. 8, p. 1057-1064, 2002.

SINCLAIR, W.A., WHITLOW, T.H., GRIFFITHS, H.M. Heritable tolerance of ash yellows phytoplasmas in green ash. **Can. J. For. Res.** v.27, p. 1928–1935. 1997.

SOUZA, A.C., CARVALHO, J.G., PINHO, R.G., CARVALHO, M.L.M. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agrônômicas do milho. **Ciê. Agrotec.**, v.25, n.2, p.321-9, 2001.

SOARES, M.A. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.)** Piracicaba, Universidade de São Paulo, 92p. Dissertação de Mestrado, 2003.

SOUZA, P.M. & BRAGA, M.J. Aspectos econômicos da produção comercialização do milho no Brasil. In: GALVÃO, J.C.C. & MIRANDA, G.V. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa, UFV, 2004.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. & BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. Macmillan: New York, 4<sup>a</sup> ed. 754p.1985.

VIDAL, I.; LONGERI, L. & HÉTIER, J.M. Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in Spring Wheat. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.55, n. 1-6, 1999.

WOOD, R.M., REEVES, D.W., DUFFIELD, R.R. & EDMINSTEN, K.L. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. **Journal for Plant Nutrition**, v.15, p. 487-500, 1992.

## **CAPITULO 1**

### **ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO E PRODUTIVIDADE DO MILHO RELACIONADOS AO TEOR DE CLOROFILA FOLIAR**

#### **INTRODUÇÃO**

O nitrogênio (N) é importante para o crescimento e produtividade das culturas, pois é constituinte de proteínas, enzimas, bases nitrogenadas, vitaminas, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila. No início do desenvolvimento das plantas, a exigência de N é alta até 25 dias após semeadura, embora ainda haja grande absorção até 40 dias da semeadura, diminuindo a partir desse tempo (BARBER, 1995).

Segundo Schröder et al. (2000), a disponibilidade do N mineral do solo afeta a taxa de iniciação e expansão foliar, tamanho foliar final e a taxa de senescência foliar. A conversão de radiação interceptada em biomassa também depende do conteúdo foliar de N. Persistindo a deficiência de N e havendo a redução no teor de clorofila, as plantas não irão utilizar a luz do sol como fonte de energia para levar a efeito funções essenciais como a absorção de nutrientes e a produção de carboidratos para o seu desenvolvimento (CAPOBIANCO et al. 2003). Por outro lado, o excesso de N pode causar danos ao ambiente, em função da lixiviação de  $\text{NO}_3^-$  e aumento no custo de produção, uma vez que é o elemento de maior custo dentre os fertilizantes (MALAVOLTA, 1981).

Para uma aplicação eficiente de N, métodos usados durante o desenvolvimento da cultura representam um grande auxílio para estimar a necessidade da cultura. Tais métodos incluem leituras de clorofila, através da utilização do clorofilômetro, testes rápidos de tecidos, análise das folhas e tecidos, análise do solo entre outros (GRAEFF e CLAUPEIN, 2003).

Utiliza-se o teor de clorofila na folha para predizer o nível nutricional de N

em plantas, pois segundo Booij et al. (2000) a quantidade desse pigmento correlaciona-se positivamente com o teor de N na planta, podendo ser uma determinação mais sensível às variações do suprimento de N que as determinações do elemento na matéria seca das folhas (GUIMARÃES et al. 1999), o que possibilitaria maior rapidez na detecção da sua deficiência.

CARVALHO et al. (2003) verificaram boas perspectivas para se prevenir deficiências de N em feijão com o auxílio de clorofilômetro, bem como a viabilidade de se corrigir adequadamente a sua carência. Os resultados indicaram a necessidade de várias amostragens durante o ciclo da planta, para determinação das variações de teores foliares de clorofila e sua correlação com os teores foliares de N. Segundo Argenta et al. (2002), a leitura correspondente ao teor de clorofila é um indicador preciso do nível de nitrogênio nos estádios de desenvolvimento do milho, excetuando-se o estágio de três a quatro folhas.

Entretanto, segundo Bullock e Anderson (1998), nem todo o híbrido de milho apresenta a mesma coloração, o que impede a adoção de um índice crítico geral. Há a necessidade de algum método para a normalização de cada área de cultivo com suas características próprias (SCHEPERS et al. 1992). Schepers et al. (1992) propuseram o Índice de Suficiência em Nitrogênio (ISN) que é calculado pela divisão das leituras obtidas pelo clorofilômetro na parcela pelas leituras obtidas numa área otimamente adubada (área de referência), onde teoricamente não haveria deficiência no nutriente.

O presente trabalho teve por objetivo: a) monitorar e prever, através do ISN, encontrado pelo índice relativo de clorofila (IRC), a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura de milho, em sucessão ao trigo e à aveia, em plantio direto; b) relacionar o conteúdo de clorofila (CC) à produtividade do milho e CC à absorção de N pela parte aérea e pelos grãos; e c) relacionar o índice relativo de clorofila (IRC) ao conteúdo de N e à produtividade do milho, em função dos estádios de crescimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O milho foi cultivado em plantio direto, em sucessão com o trigo e com a aveia, durante dois anos (2003 e 2004), na Fazenda Experimental da Cooperativa Agroindustrial (COAMO), em Campo Mourão, PR, nas coordenadas 23° 17' 09,5" de latitude sul e 51° 55' 7,4" de longitude a oeste de Greenwich, com altitude média de 620 m, de acordo com carta climática do Paraná (Iapar, 1978). O solo está classificado como Latossolo Vermelho distroférico, com 600 g kg<sup>-1</sup> de argila.

A área experimental foi cultivada com aveia, trigo e trevo, no inverno e com soja e milho no verão, em sistema plantio direto. A análise química do solo da área experimental é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Análise química do solo antes da aplicação dos tratamentos em Latossolo Vermelho distrófico

Prof.	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH (H <sub>2</sub> O)	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
(cm)	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
0 - 10	5,1	5,7	0,00	4,28	6,04	4,38	0,33
10 - 20	4,9	5,5	0,10	4,61	5,67	4,06	0,26
Prof.	C	P	Fe	Zn	Cu	Mn	V
(cm)	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>				%
0 - 10	22,47	18	66,00	22,62	8,39	53,72	59,81
10 - 20	20,53	11	79,43	16,31	9,33	53,52	56,26

No primeiro ano, a semeadura do trigo, cv CD104 ocorreu em abril de 2003, o qual foi adubado com 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-30-20. Em outubro de 2003 foi semeado o milho, cultivar Pioneer 30P70 submetido à adubação com P e K (300 kg ha<sup>-1</sup> de 00-20-10) na semeadura e os tratamentos com a adubação nitrogenada (120 kg ha<sup>-1</sup>), com o sulfato de amônio, realizaram-se na semeadura e em cobertura. No segundo ano a semeadura do trigo, cv CD 104 ocorreu em 20 de maio e a semeadura do milho (cultivar Garra da Singenta) foi em 08 de novembro de 2004.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, constituído de seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. A área útil da parcela foi

de 32 m<sup>2</sup>, sendo as avaliações feitas nas quatro linhas centrais. O espaçamento entrelinhas utilizado foi de 0,80 m.

Os tratamentos com a adubação nitrogenada no manejo do milho, após trigo e aveia foram semelhantes, exceto no tratamento 4, onde na sucessão milho/trigo, a adubação nitrogenada foi monitorada pelo conteúdo de clorofila (Quadro 2). No milho após aveia, no tratamento 4, a adubação nitrogenada foi feita em pré-semeadura, na aveia adubada e na semeadura do milho. Da mesma forma, no milho após aveia, a adubação nitrogenada foi feita em pré-semeadura, na aveia não adubada e na semeadura do milho (tratamento 7).

A adubação nitrogenada em pré-semeadura foi realizada um mês antes da semeadura do milho, quando 75% da aveia encontrava-se na fase de grão leitoso, na época da sua dessecação.

Na semeadura, o trigo recebeu adubação nitrogenada em todos os tratamentos enquanto que a aveia recebeu N apenas no tratamento 4 e no tratamento 5 (Quadro 2).

Quadro 2. Época e dose de aplicação do N em milho após trigo e aveia em Latossolo Vermelho distroférico

Épocas e doses de N aplicado (kg ha <sup>-1</sup> )								
trata- mentos	semeadura		semeadura cobertura	semeadura cobertura	semeadura cobertura	N no sistema		
	culturas					milho		milho
	trigo	aveia	após trigo		após aveia		após trigo	após aveia
1	24	0	120	0	120	0	144	120
2	24	0	0	120	0	120	144	120
3	24	0	40	80	40	80	144	120
4	24	24	30	90*	90/30**	0	144	144
5***	144	144	0	0	0	0	144	144
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	-	0	-	-	90/30**	0	-	120

\* adubação dividida em 2 épocas e condicionada à leitura pelo clorofilômetro; \*\*90 kg ha<sup>-1</sup> de N em pré-semeadura do milho, aplicado após dessecação da aveia e 30 kg N ha<sup>-1</sup> na semeadura do milho; \*\* adubação dividida em 2 épocas e condicionada à leitura pelo clorofilômetro; \*\*\* N do milho antecipado na semeadura das culturas de inverno

A necessidade de adubação com N em cobertura, no tratamento monitorado, foi avaliada através do índice de suficiência em nitrogênio (ISN) que foi determinado a partir da relação entre a média das leituras do aparelho, que geram índice relativo de clorofila (IRC), na parcela estudada (T4) e a média das

leituras na parcela de referência, onde foi feita toda a adubação nitrogenada no plantio (T1), com 120 kg N ha<sup>-1</sup>, como segue:

$$\text{ISN} = \text{IRC pe} / \text{IRC pr}$$

IRC pe = média das leituras do aparelho na parcela estudada;

IRC pr = média das leituras do aparelho na parcela de referência

As leituras de clorofila foram realizadas com o aparelho clorofilômetro SPAD-502 (MINOLTA, 1989), sempre no início da tarde (após 14 horas), tais leituras fornecem valores que são chamados de índice relativo de clorofila (IRC) determinado no milho após trigo, durante dois anos (2003 e 2004) e no milho após a aveia somente no segundo ano (2004). Foram utilizadas folhas recém maduras (quarta folha de cima para baixo da planta).

No primeiro ano (2003), a primeira leitura de clorofila do milho/trigo ocorreu no estágio V6, aos 34 DAS e a segunda leitura, no pendoamento, 74 DAS. Foram lidos seis pontos na parte central das folhas recém maduras (Figura 1), como sendo a quarta folha de cima para baixo, tendo sido avaliadas cinco plantas por parcela. Tal leitura serviu para monitorar a adubação em cobertura no T4, com obtenção de uma média usada para o cálculo do Índice de Suficiência em Nitrogênio (ISN). Foi adotado o índice ISN=0,95 (Peterson et al. 1993) como um índice mínimo para avaliar a necessidade de adubação nitrogenada. Outros autores estabelecem índices mais rigorosos para a suficiência de N como 0,98 proposto por Rozas e Echeverria (1993), quanto mais elevado o ISN, maior é a necessidade de se fazer a adubação nitrogenada.

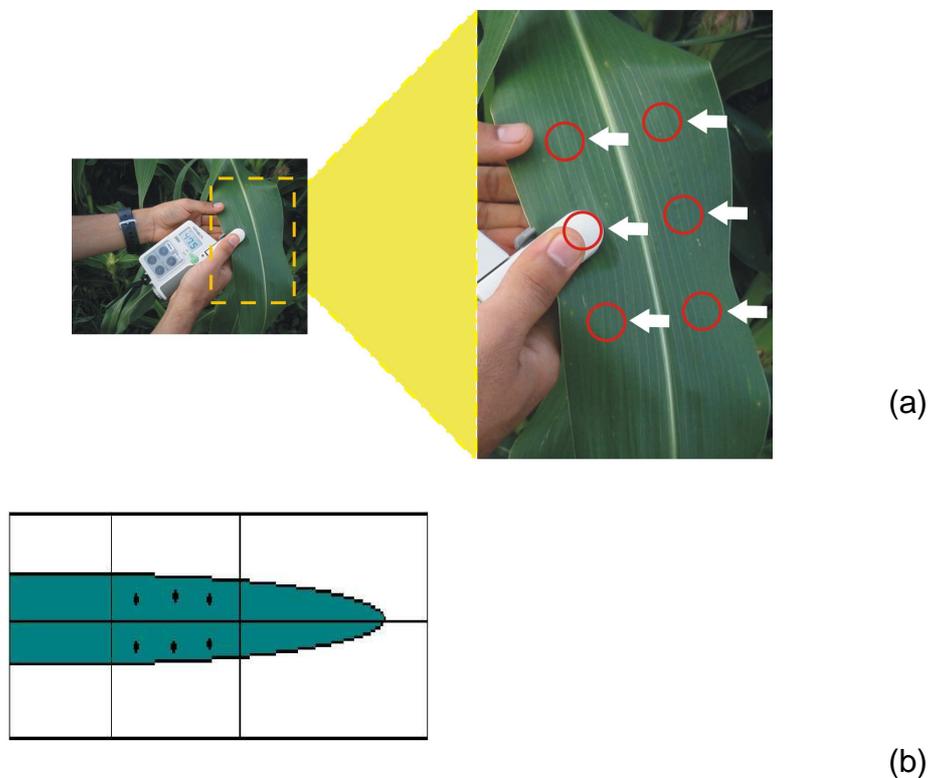
No segundo ano (2004), a primeira leitura do milho após trigo, e do milho após a aveia ocorreu nos mesmos estádios V4, aos 24 DAS, a segunda leitura no estágio V6, 38 DAS, com o objetivo de avaliação da necessidade da adubação em cobertura e a terceira leitura foi feita no pendoamento, 80 DAS.

Foram coletadas folhas, no pendoamento, para posterior determinação de teor de N e S (Malavolta et al., 1997). Procedeu-se à armazenagem das folhas em cartuchos de papel devidamente identificados. As folhas foram lavadas e secas em estufa a 65°C.

No milho após aveia, no segundo ano, foi feito apenas um acompanhamento do conteúdo de clorofila, em função da adubação nitrogenada, porém a adubação não foi determinada pela leitura da clorofila.

O conteúdo de clorofila foi calculado através da equação de regressão a partir do IRC encontrada por Zotarelli et al. (2002), após a calibração do aparelho clorofilômetro com a cultura do milho, em diversos solos do Paraná.

O experimento foi analisado estatisticamente com o Teste Scott-Knott (1974), através do programa SISVAR (FERREIRA, 2000).



**Figura 1. Esquema ilustrando a obtenção das leituras com o aparelho clorofilômetro SPAD-502 (a) e diagrama mostrando os pontos de coleta de leitura na folha (b)**

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **a) Utilização do Índice Relativo de Clorofila (IRC) e Índice de Suficiência em Nitrogênio (ISN) na predição da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura do milho após trigo**

Os valores de Índice Relativo de Clorofila (IRC), obtidos através das leituras pelo clorofilômetro (Tabela 1), diferiram em função do manejo da adubação nitrogenada, do estágio fenológico do milho e da cultura anterior (trigo ou aveia), o que corrobora as afirmações de Godoy et al. (2003) e Argenta et al. (2001) de que não é possível adotar um IRC crítico para a cultura do milho como um indicador da deficiência de nitrogênio.

No primeiro ano (2003), no milho após trigo, quando foi feito o acompanhamento do IRC, através do SPAD, no tratamento monitorado (T4), a leitura do aparelho, no estágio V6, 34 DAS, correspondeu a um ISN = 0,88 (Tabela 1). Esse resultado apontou para a necessidade da primeira cobertura nitrogenada, a qual foi realizada no mesmo dia da leitura.

No mesmo estágio (V6), nos outros tratamentos, os valores de ISN foram mais baixos que 0,95, exceto quando todo o nutriente foi aplicado na semeadura (T1), o que demonstrou baixa suficiência em N, possivelmente porque as leituras ocorreram antes da adubação em cobertura.

No pendoamento, 74 DAS, as parcelas nas quais foram feitas a adubação nitrogenada no trigo (T5) e onde não foi aplicado o adubo (T6), apresentaram um baixo ISN, ao contrário das plantas de milho adubadas nos estádios anteriores, demonstrando ser o florescimento uma época de alta translocação de nutrientes pela cultura.

No segundo ano (2004), o ISN monitorado no milho após trigo (T4), nos estádios V4 (24 DAS) e V8 (38 DAS), foi maior que o índice pré-estabelecido (ISN=0,95), dispensando a adubação em cobertura, o que fez cair a suficiência em N posteriormente, no pendoamento aos 80 DAS (Tabela 1). Possivelmente o N pode ter sido fornecido pela matéria orgânica ou ter sido bem aproveitado pela adubação na semeadura, em função de uma boa distribuição das chuvas (Figura 2) no período. Porém, a opção por um ISN menos rigoroso pareceu não ser

suficiente para evitar a deficiência do nutriente no pendoamento, o que pode ter comprometido a produtividade do milho nesse ano.

**Tabela 1- Resultados do Índice Relativo de Clorofila (IRC) e Índice de Suficiência em Nitrogênio (ISN) em folhas de milho, em sucessão ao trigo e à aveia, em função do manejo da adubação nitrogenada, em 2003 e 2004**

2003 - milho após trigo										
Tratamentos				V6 (34 DAS)			Pendoamento (74 DAS)			
	ST	SM	CO	Total	IRC	ISN		IRC	ISN	
1	24	120	0*	144	46,61 a	1,00		53,65 a	1,00	
2	24	0	120	144	41,94 b	0,90		53,25 a	0,99	
3	24	40	80	144	42,78 c	0,92		50,57 a	0,94	
4	24	30	90**	144	40,96 b	0,88		50,73 a	0,95	
5	144	0	0	144	43,86 c	0,94		43,23 b	0,81	
6	0	0	0	0	41,96 b	0,88		39,20 b	0,69	

2004 - milho após trigo										
Tratamentos				V 4 (24 DAS)		V8 (38 DAS)		Pendoamento (80 DAS)		
	ST	SM	CO	Total	IRC	ISN	IRC	ISN	IRC	ISN
1	24	120	0*	144	47,85 a	1,00	40,39 a	1,00	55,56 a	1,00
2	24	0	120	144	33,50 b	0,70	43,79 b	1,08	55,37 a	1,00
3	24	40	80	144	47,35 a	0,99	40,12 a	0,99	54,26 a	0,98
4	24	30	0**	64	47,15 a	0,99	39,21 a	0,97	46,10 b	0,83
5	144	0	0	144	33,87 b	0,71	36,65 c	0,91	51,17 b	0,92
6	0	0	0	0	33,80 b	0,71	35,61 c	0,88	50,81 b	0,91

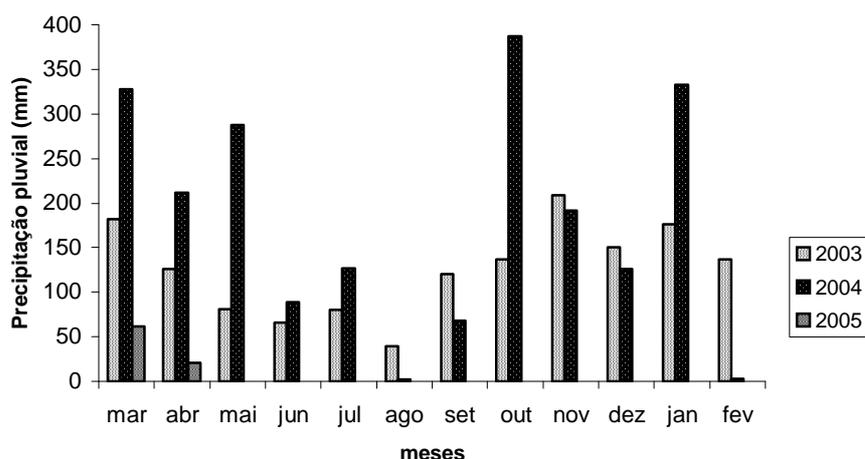
2004 - milho após aveia										
Tratamentos				V 4 (24 DAS)		V8 (38 DAS)		Pendoamento (80 DAS)		
	SA	SM	CO	Total	IRC	ISN	IRC	ISN	IRC	ISN
1	0	120	0*	120	49,28 a	1,00	41,74 a	1,00	58,02 a	1,00
2	0	0	120	120	36,76 c	0,75	46,28 b	1,11	57,64 a	0,99
3	0	40	80	120	48,43 a	0,98	42,23 a	1,01	57,69 a	0,99
4	24	90/30	0***	144	46,78 b	0,95	39,15 c	0,94	55,76 a	0,96
5	144	0	0	144	35,11 c	0,71	39,20 c	0,94	54,22 a	0,93
6	0	0	0	0	36,26 c	0,74	37,66 c	0,90	42,92 b	0,72
7	0	90/30	0***	120	45,47 b	0,94	40,87 a	0,98	57,43 a	0,98

Médias com letras diferentes são estatisticamente diferentes a 5 % de probabilidade Teste de Scott-Knott

ST= adubação na semeadura do trigo; SM= adubação na semeadura do milho; CO= adubação em cobertura no milho (28 e 24 DAS); SA= adubação na semeadura da aveia;

\* T1 = tratamento usado como padrão de adubação para o cálculo do ISN, onde ISN = 0,95

\*\*T4= a adubação do milho/trigo foi realizada quando necessário, de acordo com o monitoramento através do clorofilômetro SPAD Minolta; \*\*\* T4 e T7 a adubação milho/aveia foi em pré-semeadura (90 kg N ha<sup>-1</sup>) e na semeadura do milho (30 kg N ha<sup>-1</sup>)



**Figura 2. Precipitação pluvial durante a fase de condução do experimento na Fazenda Coamo, Campo Mourão, Estado do Paraná (2003-2005)**

No mesmo ano (2004), no estágio V4, somente quando o milho em sucessão ao trigo recebeu adubação na semeadura (T1 = 120 kg ha<sup>-1</sup> e T3 = 40 kg ha<sup>-1</sup>) obteve-se um ISN > 0,95 (Tabela 1). Nos outros tratamentos, as plantas tiveram baixa suficiência de N, o que pode ter ocorrido porque a amostragem foi feita antes da cobertura (T2).

No estágio V8, de forma semelhante, o milho adubado com N na semeadura e em cobertura manteve-se com alto ISN, inclusive no tratamento onde foi feita a primeira cobertura (T2), o qual apresentou ISN=1,08. A suficiência do nutriente manteve-se até o estágio de pendoamento, ou seja, aos 80 DAS.

#### **b) Utilização do Índice Relativo de Clorofila (IRC) para avaliar o N absorvido pelo milho após aveia**

No segundo ano (2004), no estágio V4 (24 DAS) e V8 (38 DAS), no milho após aveia, o ISN monitorado (T4) apontou para a necessidade da adubação em cobertura pelo ISN adotado, entretanto, para este experimento, optou-se pelo monitoramento com clorofilômetro, sem interferência nas adubações. Assim, foi realizada a adubação em cobertura no mesmo dia da leitura. A suficiência de N manteve-se até o estágio de pendoamento do milho.

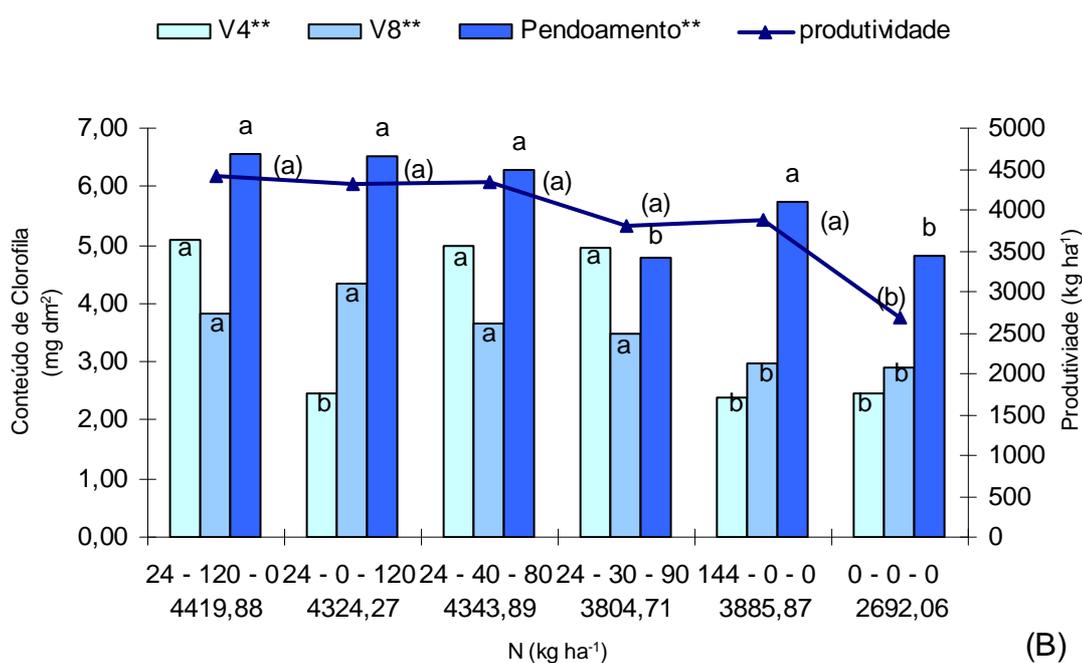
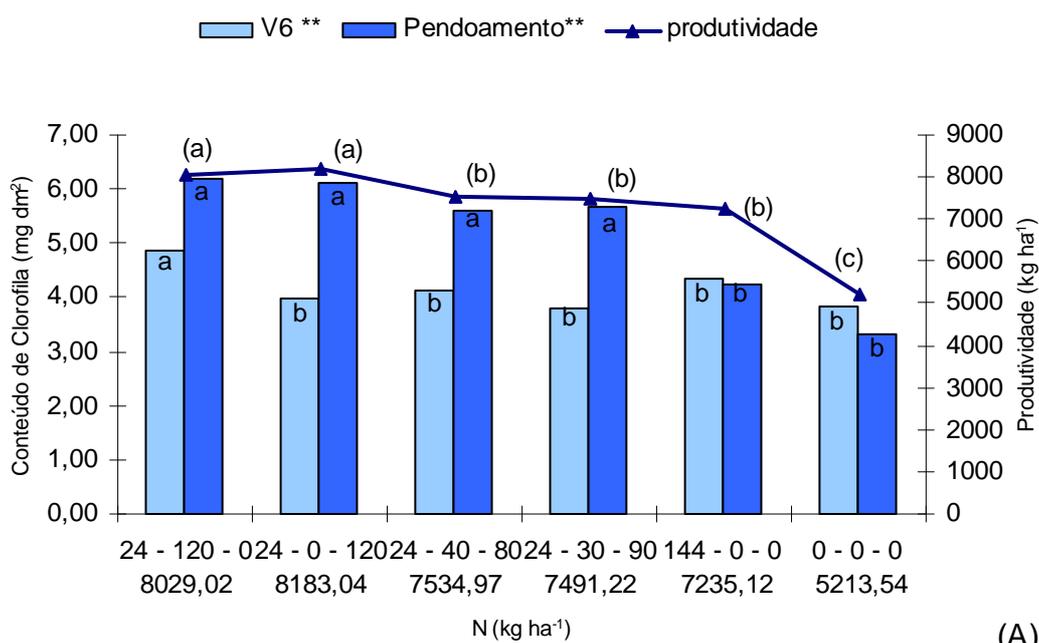
No milho após aveia, no estágio V4, somente quando o milho recebeu N na semeadura, as plantas tiveram um ISN maior que 0,95 (T1 e T3). Nos outros tratamentos, as leituras expressaram baixo índice do nutriente. Nos estádios seguintes (V8 e pendoamento), o milho adubado apresentou suficiência do nutriente, comparativamente às parcelas não adubadas (testemunha).

Os dados apresentados na Tabela 1 reforçam a validade do uso do Índice de Suficiência de Nitrogênio (ISN), proposto por Schepers et al. (1992), os quais relatam que há suficiência de N, quando os valores do ISN forem maiores do que 0,95. Entretanto, se tivesse sido adotado o índice mais rigoroso ( $ISN \geq 0,98$ ) de Rozas e Echeverria (1993), teria sido realizada a adubação em cobertura do T4 no segundo ano, o que provavelmente resultaria num ISN mais alto do que o obtido na terceira leitura de SPAD e, possivelmente, numa maior produtividade.

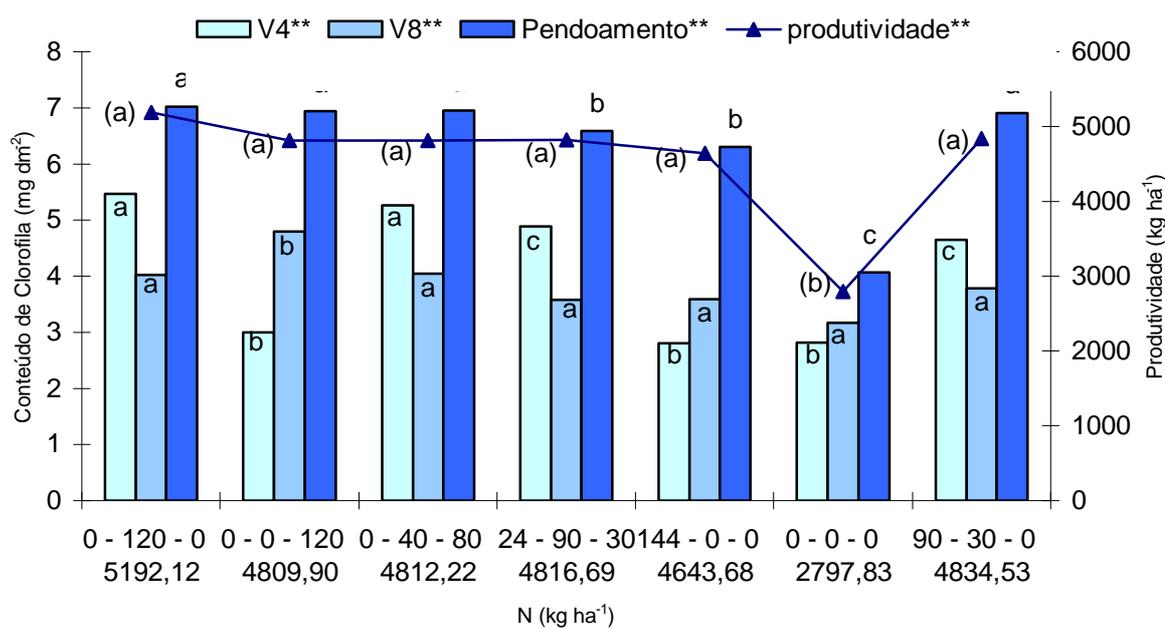
### **c) Relação entre conteúdo de clorofila (CC) e a produtividade do milho**

As leituras do SPAD foram transformadas em conteúdo de clorofila (CC), de acordo com equação apresentada por Zotarelli et al. (2002) e relacionadas à produtividade do milho. As épocas da adubação nitrogenada influenciaram na produtividade e também no conteúdo de clorofila das folhas do milho (Figura 3).

A leitura da clorofila foi mais alta no primeiro ano, quando o milho produziu mais (Figura 3A), e correspondeu às produtividades nos tratamentos adubados com 0-120-0 ( $8029,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e com 0-0-120 ( $8183,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ). No segundo ano, da mesma forma, a leitura da clorofila (Figura 3B) acompanhou a produtividade do milho e foi mais alta nos tratamentos adubados com 0-120-0 ( $4419,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ), 0-0-120 ( $4324,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e 0-40-80 ( $4343,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ). No milho após aveia, a clorofila, da mesma forma esteve relacionada à produtividade do milho (Figura 4), e os valores mais altos corresponderam às produtividades dos tratamentos adubados com 0-120-0 ( $5192,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ); 0-0-120 ( $4809,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ); 0-40-80 ( $4812,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e 90-30-0 ( $4816,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ).



**Figura 3. Conteúdo de clorofila e produtividade do milho após o trigo, em 2003 (A) e 2004 (B). As produtividades são relativas ao manejo do N, na seqüência: na semeadura do trigo, na semeadura e cobertura do milho. Barras com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo Teste de Scott-Knott à 1,0%.**



**Figura 4. Conteúdo de clorofila e produtividade do milho após a aveia, em 2004. As produtividades referem-se ao manejo do N, no milho/aveia na seqüência: na semeadura da aveia; na semeadura e cobertura do milho. Barras com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo Teste de Scott-Knott produtividade à 1,0%.**

Nos dois anos, de forma geral, o conteúdo de clorofila acompanhou a produtividade do milho, corroborando com Zotarelli et al. (2002). A leitura da clorofila realizada no estágio do pendoamento foi maior, comparativamente aos estádios iniciais, o que coincide com Waskom et al. (1998) e Argenta et al. (2001), os quais enfatizam que a leitura da clorofila, principalmente no estágio V4, não tem boa relação com o N absorvido pelo milho, bem como com a sua produtividade.

As produtividades do milho/trigo, no primeiro ano (Figura 3A), foram maiores que no segundo ano (Figura 3B e Figura 4), possivelmente porque no primeiro ano, embora tenha chovido menos, houve uma melhor distribuição das chuvas, o que ocasionou menor perda do N por percolação e lixiviação e um maior aproveitamento do nutriente pela cultura.

#### d) Relação entre o conteúdo de clorofila e o N absorvido pelo milho

A absorção de N pela parte aérea e grãos acompanhou a produção de matéria seca do milho, após o trigo (Tabela 2) e foi menos evidente no milho após aveia (Tabela 3), ratificando os resultados de Da Ros et al. (2003) e Larcher (2004), os quais observaram aumento na matéria seca conforme o N acumulado.

Por outro lado, as leituras do SPAD e do teor de clorofila acompanharam os resultados de N absorvido pela parte aérea e grãos (Tabela 2 e 3). Os valores mais baixos de leitura ocorreram na testemunha, com menor quantidade de N absorvido. Argenta et al. (2001) ao analisarem a relação entre a leitura do aparelho e o teor de N foliar do milho, constataram, nos estádios mais avançados de crescimento, que o teor do nutriente aumentou linearmente com a leitura. A mesma tendência foi encontrada por Neves et al. (2005) em algodão. Normalmente, a relação entre o teor de N na folha e o conteúdo de clorofila é grande, já que uma quantidade entre 50 a 70% do N total é integrante de enzimas associadas aos cloroplastos (CHAPMAN e BARRETO, 1997).

**Tabela 2. Matéria seca e absorção de N pelo milho (parte aérea e grãos), em sucessão ao trigo, relacionado ao teor de clorofila, determinado através do aparelho SPAD, em 2004/05**

Tratamentos com manejo do nitrogênio				Matéria seca kg ha <sup>-1</sup>	Nitrogênio		leitura IRC	teor de clorofila <sup>1</sup> mg dm <sup>-2</sup>	
ST	SM	CO	Total		parte aérea kg ha <sup>-1</sup>	grãos			
1	24	120	0	144	11425,00 a	164,59 a	72,88 a	55,56 a	6,55 a
2	24	0	120	144	9950,00 a	125,58 a	68,13 a	55,37 a	6,51 a
3	24	40	80	144	12750,00 a	105,66 a	60,15 a	54,26 a	6,30 a
4	24	30	0	144	10350,00 a	64,26 b	46,98 b	46,10 b	4,77 b
5	144	0	0	144	8500,00 b	52,56 b	55,43 a	51,17 b	5,73 a
6	0	0	0	0	7700,00 b	36,64 b	29,71 b	50,81 b	4,83 b
Médias					10112,50*	91,55**	55,55**	52,21	5,78
CV (%)					14,64	27,83	18,17	5,21	9,43

Médias com letras diferentes são estatisticamente diferentes a 5 % (\*) ou 1% (\*\*) de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott <sup>(1)</sup> teor de clorofila determinado através da leitura do SPA na época do início do pendoamento (80 dias após semeadura); <sup>(2)</sup> milho adubado com N em cobertura de acordo com monitoramento do SPAD

**Tabela 3. Matéria seca e absorção de N pelo milho, em sucessão à aveia, relacionado ao teor de clorofila, determinado através do aparelho SPAD, em 2004/05**

	Tratamentos com manejo do nitrogênio				Matéria seca kg ha <sup>-1</sup>	Nitrogênio		leitura IRC	teor de clorofila <sup>(1)</sup> mg dm <sup>-2</sup>
	SA	SM	CO	Total		parte aérea kg ha <sup>-1</sup>	grãos		
1	0	120	0	120	10108,43 a	104,01 a	81,82 a	58,02 a	7,02 a
2	0	0	120	120	8354,05 a	62,59 b	72,11 a	57,64 a	6,94 a
3	0	40	80	120	8954,18 a	60,00 b	66,32 a	57,69 a	6,95 a
4	24**	90/30	0	144	10089,53 a	77,74 a	79,77 a	55,76 a	6,59 b
5	144	0	0	144	7936,03 a	60,35 b	66,15 a	54,22 a	6,30 b
6	0	0	0	0	5451,83 b	29,30 b	28,95 b	42,92 b	4,07 c
7	0**	90/30	0	120	9175,50 a	47,80 b	76,15 a	57,43 a	6,91 a
	Médias				8581,36*	63,11*	67,32**	54,81	6,40
	CV (%)				18,51	30,88	10,72	3,81	4,36

Médias com letras diferentes são estatisticamente diferentes a 5 % de probabilidade Teste de Scott-Knott

<sup>(1)</sup> teor de clorofila determinado através da leitura do SPA na época do início do pendoamento (74 dias após semeadura)

\*\* adubação com N no milho/aveia realizada em pré-semeadura com 90 kg ha<sup>-1</sup> e na semeadura, com 30 kg ha<sup>-1</sup>

### **e) Correlação entre índice relativo de clorofila (IRC) e a produtividade e absorção de N pelo milho**

A melhor correlação entre IRC (Índice relativo de Clorofila) e a produtividade do milho (Tabela 4) foi obtida quando a leitura foi realizada no pendoamento (74 a 80 DAS). Rozas e Echeverria (1998) também observaram, em estádios mais avançados de crescimento, uma elevada correlação entre as leituras do SPAD e o rendimento relativo do milho, na Argentina. De forma semelhante, Rocha et al. (2005), ao correlacionarem leitura de clorofila e produtividade de híbridos precoces de milho, encontraram melhor correlação no estágio do florescimento.

Da mesma forma, a correlação entre IRC, teor e conteúdo de N foliar (Tabela 4) foi melhor quando a leitura ocorreu no pendoamento, corroborando com os resultados de Argenta et al. (2001). Entretanto, nesse momento, não é mais possível intervir na adubação, uma vez que o rendimento dos grãos já foi definido antes desse estágio mais tardio de crescimento.

**Tabela 4 - Correlação entre o teor de N em folha de milho no início do florescimento e ao final do cultivo e o índice relativo de clorofila (IRC) e rendimento de grãos de milho após trigo, e milho após aveia, em plantio direto durante dois anos**

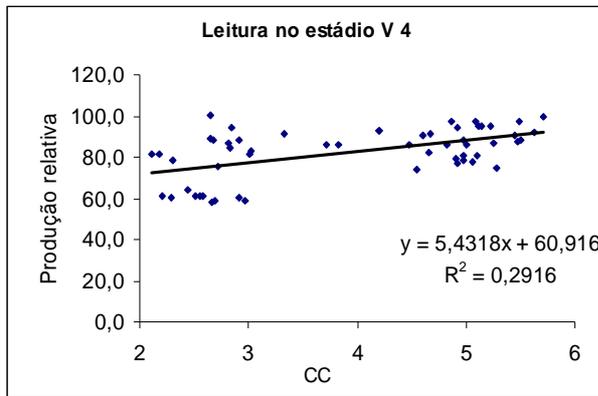
Sistema de cultivo	Parâmetros avaliados no milho	Índice Relativo de Clorofila (IRC)		
		1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura
Trigo/milho	Teor de N foliar <sup>(1)</sup>	-	0,24622 ns	0,95370 **
	Teor de N planta <sup>(2)</sup>	-	0,53018 **	0,61818 **
	produtividade	-	0,41981 *	0,85178 **
Trigo/milho	Teor de N foliar	0,06048 ns	0,49928 *	0,83096 **
	Teor de N planta	0,22400 ns	0,70111 **	0,73637 **
	produtividade	0,42478 *	0,62803 **	0,81021 **
Aveia/milho	Teor de N foliar	0,44872 *	0,47480 *	0,96402 **
	Teor de N planta	0,30375 ns	0,55398 **	0,70563 **
	produtividade	0,58463 **	0,50503 **	0,93032 **

<sup>(1)</sup> na época do florescimento; <sup>(2)</sup> na época da colheita

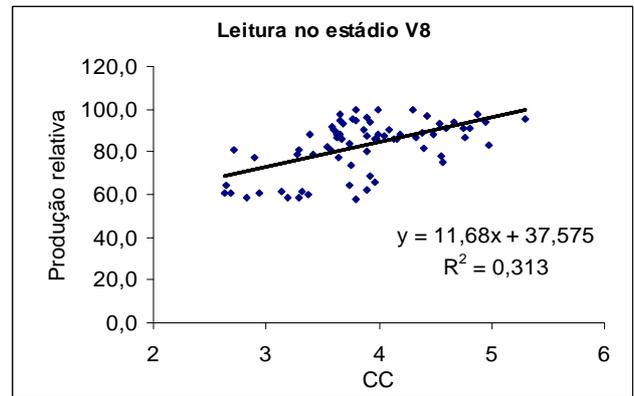
De modo semelhante, quando se compara conteúdo de clorofila com a produção relativa do milho, tem-se uma relação mais baixa entre eles nos estádios iniciais, como no estágio V4 (Figura 5A) e V8 (Figura 5B) e mais alta no pendoamento (Figura 5 C). Da mesma forma, o estágio de pendoamento foi o melhor para se predizer a concentração de N nas folhas na época do florescimento, concordando com o exposto por Rozas e Echeverria (1998) e Carvalho et al. (2003), em estudos com milho e feijão, respectivamente. A relação positiva indica que quando se aumenta o teor de N também aumenta o conteúdo de clorofila.

A melhor correlação no estágio do pendoamento dificulta a predição da produtividade e do teor de N foliar, através da determinação do conteúdo de clorofila. A avaliação do teor de N pela clorofila tem a vantagem de se poder fazer a correção, quando necessária, na mesma safra (ROCHA et al., 2005), desde que haja uma boa correlação com o N foliar até o estágio V8.

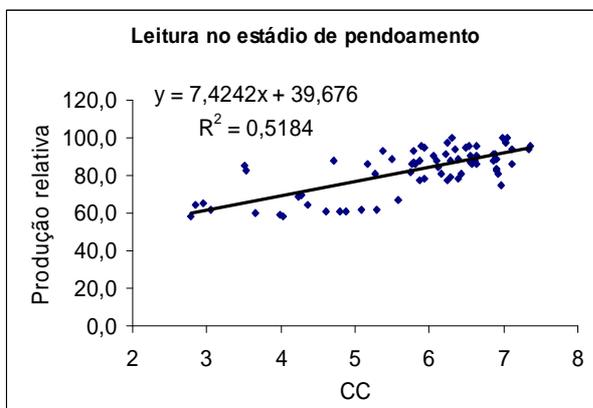
Além de ser um método não destrutivo, o clorofilômetro apresenta a vantagem de não ler o N absorvido como consumo de luxo, apenas o teor de N que se associa à molécula de clorofila. Desta forma, a medição efetuada pelo medidor de clorofila vem sendo considerada melhor indicadora do nível de nitrogênio na planta do que o seu próprio teor (BLACKMER e SCHEPERS, 1995).



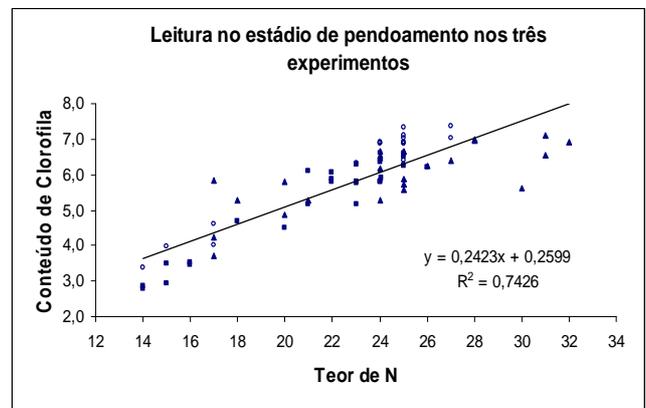
A



B



C



D

**Figura 5. Relação entre o conteúdo de clorofila (CC) e a produção relativa no estádio V4(A), no estádio V8 (B) e no pendramento (C), relação entre o conteúdo de clorofila e o teor de N foliar nas folhas de milho (D), após trigo e aveia, em plantio direto, durante dois anos**

## CONCLUSÕES

1. O índice de suficiência em nitrogênio (ISN) e o índice relativo de clorofila (IRC) foram eficientes para avaliar a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura para o milho.
2. O manejo do N influenciou na absorção do N, na produtividade do milho e no conteúdo de clorofila foliar.
3. As leituras da clorofila, pelo clorofilômetro, nos estádios iniciais de crescimento do milho não foram eficientes para prever o teor de N no florescimento e a produtividade do milho, comparativamente à leitura da clorofila no pendoamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGENTA, G; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L. & STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, v.13, p.158-167, 2001
- ARGENTA, G; SILVA, P. R. F.; MIELNICZUK, J. & BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 37, p.519-27, 2002
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1995. 414p.
- BLACKMER, T.M. & SCHEPERS, J.S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 25, p.1791-1800, 1995.
- BOOIJ, R.; VALENZUELA, J.L. & AGUILERA, C. Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods. In: HAVERKORT, A.J.; MACKERRON, D.K.L. (eds.). **Management of nitrogen and water in potato production**. The Netherlands, Wageningen Pers, 2000. p.72-82.
- BULLOCK, D.G. & ANDERSON, D.S. Evaluation of the Minolta SPAD 502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **J. Plant Nutrition**, v. 21, p.741-755, 1998.
- CAPOBIANCO, R. ; LIMA, E. V.; SORATTO, R.P. & SILVA, T.R.B. Relação da leitura do clorofilômetro com o n-total em painço pela adubação nitrogenada de cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, **Anais...** Ribeirão Preto, S.P., 2003, SBCS/UNESP, 2003. CD-ROM
- CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B. & BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p. 445-450, 2003
- CHAPMAN, S.C. & BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agron. J.**, v. 89, p. 557-562, 1997
- DA ROS, C. O.; SALET, R.L.; PORN, R.L. & MACHADO, J. N.C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ci. Rural**, v. 33, p.799-804, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 1.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.

- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria, 45. UFSCar, São Carlos, SP, **Anais...** 2000. p.255-258.
- GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. & GRASSI FILHO, H. Adubação nitrogenada na cultura do milho baseada na medida do clorofilômetro e no índice de suficiência em nitrogênio (ISN). **Acta Sci. Agron.**, v. 25, p.373-380, 2003
- GRAEFF, S. & CLAUPEIN, W. Quantifying nitrogen status of corn (*Zea mays* L.) in the field by reflectance measurements. **Europ. J. Agro.** v. 19, p. 611-618, 2003
- GUIMARAES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H. & MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. **Bragantia**, v. 58, p.209-216, 1999.
- IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, Instituto Agronômico do Paraná, 38p. 1978.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, RIMA, 2004, 531p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola**: adubos e adubação. 3<sup>a</sup> ed. Editora Agronômica Ceres. São Paulo. 1981. 594 p.
- MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22 p.
- NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G.; MARTINS, F.A.D.; PÁDUA, T.R.P & PINHO, P.J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 40, p. 517-21, 2005
- PETERSON, T.A. ; BLACKMER, T.M. ; SCHEPERS, J.S. **Using a chlorophyll meter to improve N management**. Lincoln, University of Nebraska, Cooperative Extension, Institute of Agricultural and Natural Resources, 1993. 5 p.
- ROCHA, R.N.C.; GALVÃO, J.C.C.; TEIXEIRA, P.C.; MIRANDA, G.V.; AGNEZ, E.L.; PEREIRA, P.R.G. & LEITE, O.T. Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro, com teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. **R. Bras. Milho e Sorgo**, v. 4, p.161-171, 2005
- ROZAS, H.S. & ECHEVERRÍA, H. E. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano, **R. Fac. Agron.**, v.103, p.37-44, 1998
- SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VIGIL, M.; BELOW, F. E. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, v.23, p. 2173-2178, 1992.

SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O. & STRUIK, P.C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Res.**, v.66, p.151-164, 2000

WASKOM, R.M.; WESTFALL, D.G.; SPELLMAN, D.E.; SOLTANPOUR, P.N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Comm. Soil Sci. Plant Anal**, v. 27, p. 554-60, 1998

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E.G.; PICCININ, J.L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; TORRES, E. & ALVES, B.J.R. **Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para uso na cultura do milho**. EMBRAPA, 2002. 4p., (Comunicado técnico 55)

## **CAPITULO 2**

### **MANEJO DO NITROGÊNIO NO MILHO EM SUCESSÃO AO TRIGO E AVEIA EM PLANTIO DIRETO**

#### **INTRODUÇÃO**

A área atualmente cultivada com milho no Brasil ultrapassa a casa de onze milhões de hectares, sendo que o Paraná contribui com cerca de um décimo desse total. A produtividade média do milho no país ainda é baixa, cerca de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> e aproximadamente 5.000 kg ha<sup>-1</sup> no estado do Paraná (SEAB, 2006) e um dos fatores responsáveis por esse resultado pode estar relacionado à ineficiência da adubação, entre elas a adubação nitrogenada em função da dose, forma e época de aplicação.

O Nitrogênio é o nutriente mais absorvido pelo milho e na maioria das vezes a concentração do N mineral no solo é baixa, o que limita a sua absorção, e afeta diretamente a produção (SCHULTEN e SCHNITZER, 1998). Ressalte-se ainda que o nitrogênio é o elemento mais exportado pelas plantas de milho, pois a cada tonelada de grãos produzida são exportados cerca de 15 kg de N (BÜLL, 1993).

A adubação nitrogenada na cultura do milho é ainda discutida quanto à época mais adequada à sua aplicação, considerando que as fontes de nitrogênio apresentam comportamentos distintos no solo. Tradicionalmente, a adubação nitrogenada na cultura do milho se faz utilizando parte da dose empregada (1/3) na semeadura e o restante na forma de cobertura no estágio V4 a V8, entre 30 a 40 dias após, considerando que nesta época a cultura apresenta uma maior demanda de nitrogênio (NASCIMENTO et al., 2003).

Em condições de plantio direto, há maior conteúdo de matéria orgânica e alta CTC, o que influencia na retenção do nitrogênio amoniacal, assim como há maior retenção de água e alta atividade microbiana, que influenciam no processo de nitrificação e na disponibilidade do N na forma nítrica. Especificamente em relação ao N em plantio direto, as perdas são maiores por imobilização e volatilização (LARA CABEZAS et al., 2000), fazendo com que a resposta à

adubação nitrogenada esteja bastante relacionada à dose e à época de aplicação. Quando se aplica em uma única vez grande quantidade de N ao solo, desfavorece-se a imobilização de nitrogênio pelos microrganismos para a decomposição dos resíduos vegetais (SÁ, 1996; CERETTA et al., 2002), o que propiciaria uma maior e mais contínua disponibilidade de N mineral na solução do solo, provocando maior aproveitamento do N pelo milho e, conseqüentemente, maior produtividade (AMADO et al., 2002).

A semeadura direta do milho sobre resíduos culturais de leguminosas tem apresentado resultados superiores à de seqüência com gramíneas devido a um fornecimento mais contínuo de N para a absorção pela planta durante os estádios iniciais de desenvolvimento. Todavia, têm sido obtidos resultados semelhantes ou até superiores com a seqüência gramínea-milho, desde que haja uma mudança de estratégia no fornecimento do N para compensar os efeitos negativos da imobilização desse elemento pela biomassa microbiana (SÁ, 1993, 1996a).

O objetivo desse trabalho foi: a) avaliar o efeito do manejo da adubação nitrogenada no milho em sistema plantio direto e conseqüentemente na produtividade; b) avaliar a eficiência do índice de suficiência em nitrogênio (ISN) < 0,95 como um indicativo da necessidade da adubação nitrogenada em cobertura para o milho; e c) verificar a influência da cultura de inverno (trigo ou aveia), na produtividade do milho.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos durante dois anos (2003 e 2004) na Fazenda Experimental da Cooperativa Agroindustrial (COAMO) em Campo Mourão, Paraná, Brasil, nas coordenadas 23°17'09,5" de latitude sul e 51°55'17,4" de longitude a oeste de Greenwich, com altitude média de 620 m, de acordo com a carta climática do Estado do Paraná (IAPAR, 1978). em Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 1999), com 600 g kg<sup>-1</sup> de argila. Nos anos que antecederam à instalação do experimento, toda a área experimental foi cultivada com aveia, trigo e tremoço no inverno, e soja e milho no verão, em sistema plantio direto.

A semeadura de trigo, cv CD 104, ocorreu em abril de 2003, adubado com 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 08-30-20. Em outubro de 2003 foi semeado o milho (Pioneer 30P70), submetido à adubação com P e K (300 kg ha<sup>-1</sup> de 00-20-10) na semeadura. No segundo ano, o milho foi semeado em 08 de novembro de 2004.

O manejo da adubação nitrogenada (120 kg ha<sup>-1</sup>) com sulfato de amônio foi feito na semeadura e em cobertura do milho. Os tratamentos com N no milho após o trigo são descritos em T1: 0 – 120 – 0; T2: 0 – 0 – 120; T3: 0 – 40 – 80; T4: 0 – 30 – 90; T5: 120 – 0 – 0 e T6: 0 – 0 – 0, respectivamente, adubação na semeadura do trigo (SE), na semeadura do milho (SM) e em cobertura do milho (CO). Todos os tratamentos, com exceção da testemunha (T6), receberam 24 Kg N ha<sup>-1</sup> na semeadura do trigo.

Tanto no milho em sucessão ao trigo, como no milho em sucessão à aveia, a adubação em cobertura ocorreu nos estádios V6 (com seis folhas totalmente desenvolvidas) e V8 (com 8 folhas totalmente desenvolvidas).

No milho após trigo, a adubação nitrogenada na semeadura no tratamento 4 inicial foi de 30 kg de N ha<sup>-1</sup> e a cobertura foi efetuada de acordo com o Índice Relativo de Clorofila - IRC, que foi obtido pelo aparelho clorofilômetro SPAD-502 (MINOLTA, 1989) utilizando-se uma folha recém-amadurecida (quarta folha de cima para baixo). Tal índice serviu para monitorar a necessidade de se efetuar a aplicação de adubação em cobertura com a obtenção de uma média usada para o cálculo do Índice de Suficiência em Nitrogênio (ISN). A adubação fez-se necessária quando o ISN foi menor que 0,95 (PETERSON et al.,1993). O tratamento onde todo o N foi aplicado na semeadura foi usado como padrão de adubação para o cálculo do ISN.

Os tratamentos com N no milho após a aveia são descritos em: T1: 0 – 120 – 0; T2: 0 – 0 – 120; T3: 0 – 40 – 80; T4: 24 – 90 – 30; T5: 120 – 0 – 0 e T6: 0 – 0 – 0, respectivamente, adubação na semeadura da aveia (SE), na semeadura do milho (SM) e em cobertura do milho (CO).

No milho após aveia, no tratamento 4, a aveia foi adubada com 24 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura e também em pré-semeadura (90 kg ha<sup>-1</sup>), um mês antes da semeadura do milho e após a dessecação da aveia, quando 80% das plantas atingiram o estágio de grão leitoso e 30 kg de N ha na semeadura do milho.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, constituído de seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Utilizou-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2000) para a análise estatística.

Na área útil da parcela (32 m<sup>2</sup>), formada de quatro linhas centrais, foram realizadas as avaliações de produção e componentes de produção: massa de espiga inteira sem palha (grãos + sabugo+ palha), comprimento da espiga e número de espigas por hectare.

Quadro 1: Análise química do solo antes da aplicação dos tratamentos em Latossolo Vermelho distrófico

Prof.	pH (CaCl <sub>2</sub> )	pH (H <sub>2</sub> O)	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca <sup>2+</sup> +Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>
(cm)	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						
0 - 10	5,1	5,7	0,00	4,28	6,04	4,38	0,33
10 - 20	4,9	5,5	0,10	4,61	5,67	4,06	0,26
Prof.	C	P	Fe	Zn	Cu	Mn	V
(cm)	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>				%
0 - 10	22,47	18	66,00	22,62	8,39	53,72	59,81
10 - 20	20,53	11	79,43	16,31	9,33	53,52	56,26

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### a) avaliação da produtividade e componentes de produção

Através da análise de variância (Tabela 1) ficou evidenciada diferença entre as médias dos tratamentos nos dois anos de estudo. A adubação nitrogenada (120 kg ha<sup>-1</sup>) melhorou o rendimento de grãos, comprimento de espiga, massa da espiga (grãos + sabugo) e o número de espigas por hectare, os quais foram mais altos comparativamente à testemunha, sem adubação.

Em 2003/2004, os rendimentos mais altos (54 e 57% a mais do que a testemunha) ocorreram quando todo o N foi aplicado na semeadura ou todo na cobertura (T1 e T2), provavelmente em função do maior número de espigas por hectare, pois o acréscimo no número de espigas é um dos fatores que contribuem para o aumento na produtividade de milho, concordando com Duriex et al., 1993; Silva et al. (2002); Sá, (1996); Ceretta et al. (2002); Amado et al. (2002) e

contrariando os resultados de estudos realizados em Mossoró (RN) por Silva e Silva (2002), que alcançaram rendimentos mais baixos na aplicação total ou da maior parte do N por ocasião da semeadura. De forma semelhante, Silva et al. (2005) e Silva & Silva (2005) encontraram um alto rendimento de milho quando toda a adubação foi na semeadura, na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>, ou de forma parcelada, aos 25 e 45 DAS. Fica evidente que o parcelamento da adubação, nesse primeiro ano, foi bastante importante, o que pode ser atribuído à distribuição de maneira regular das chuvas no período (Figura 1), o que fez percolar o N aplicado na semeadura e responder ao N em cobertura.

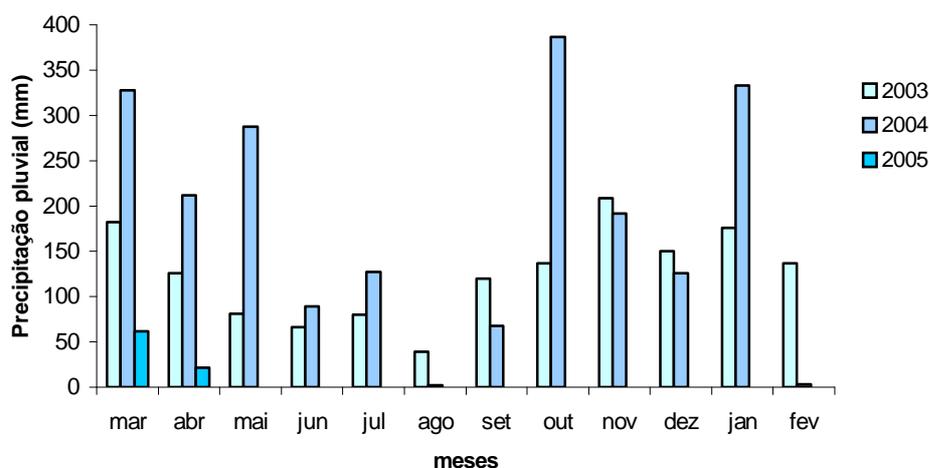
**Tabela 1- Médias da produtividade, comprimento da espiga (cm), número de espigas por hectare e massa da espiga (grãos + sabugo) em milho submetido ao manejo de adubação nitrogenada, após trigo em plantio direto**

2003/2004								
Tratamentos			Produtividade		Comprimento de espiga	Número de espigas	Massa de espiga	
SE	SM	CO	kg ha <sup>-1</sup>	%	cm	ha	gramas	
1	24	120	0	8029.0 a	154,0	16.9 a	86979,0 a	142,1 a
2	24	0	120	8183.0 a	157,0	17.2 a	76041,8 b	134,7 a
3	24	40	80	7535.0 b	144,5	16.4 a	77708,5 b	125,7 a
4 <sup>1</sup>	24	30	90	7491.2 b	143,7	16.5 a	78541,5 b	130,4 a
5	144	0	0	7235.1 b	138,8	16.4 a	69375,0 c	127,7 a
6	0	0	0	5213.5 c	100,0	15,0 b	59270,8 d	102,2 b
Teste F				34.420 **		6.246 **	30.877 **	14.542 **
Média geral				7281,13		16,38	74652,8	131,45
CV (%)				5.02		3.76	4.54	5.58
2004/2005								
Tratamentos			Produtividade		Comprimento de espiga	Número de espigas	Massa de espiga	
SE	SM	CO	kg ha <sup>-1</sup>	%	cm	ha	gramas	
1	24	120	0	4419,9 a	164,2	16,3	46875,0 a	114,2 a
2	24	0	120	4324,3 a	160,6	16,4	50000,0 a	118,7 a
3	24	40	80	4343,9 a	161,4	17,1	53125,0 a	120,9 a
4 <sup>1</sup>	24	30	0	3804,7 a	141,3	15,1	53125,0 a	101,1 b
5	144	0	0	3885,9 a	144,3	15,3	56250,0 a	107,1 b
6	0	0	0	2692,1 b	100,0	15,4	37500,0 b	100,4 b
Teste F				5.662 *		1.749 ns	4.326 *	2,553 *
Média geral				3911,78		15,93	49479,2	110,38
CV (%)				13.97		7.22	12.98	10,03

Médias com letras diferentes são estatisticamente diferentes a 1 % (\*\*) ou 5% (\*) de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.

SE= adubação na semeadura do trigo; SM= adubação na semeadura do milho; CO= adubação em cobertura no milho (28 e 24 DAS); <sup>(1)</sup> T4 = a adubação do milho foi realizada quando necessário, de acordo com o monitoramento através do clorofilômetro SPAD Minolta. Em 2003 foi feita adubação em cobertura (90 kg N ha) e em 2004 não foi realizada adubação nitrogenada em cobertura, em função do ISN calculado pelas leituras do clorofilômetro (ISN>0,95)

Em 2004/2005, os maiores rendimentos, que alcançaram de 60 a 64% a mais do que a testemunha, ocorreram quando todo o N foi aplicado na semeadura e em cobertura (T1 e T2) ou quando foi feito o parcelamento da adubação (T3), possivelmente devido à maior massa das espigas. Tais dados corroboram com os de Escosteguy et al.(1997) e Souza et al.(2001), que também não obtiveram diferenças entre as épocas de aplicação na produção de grãos.



**Figura 1. Precipitação pluvial durante a fase de condução dos experimentos na Fazenda Coamo, Campo Mourão, Estado do Paraná (2003-2005)**

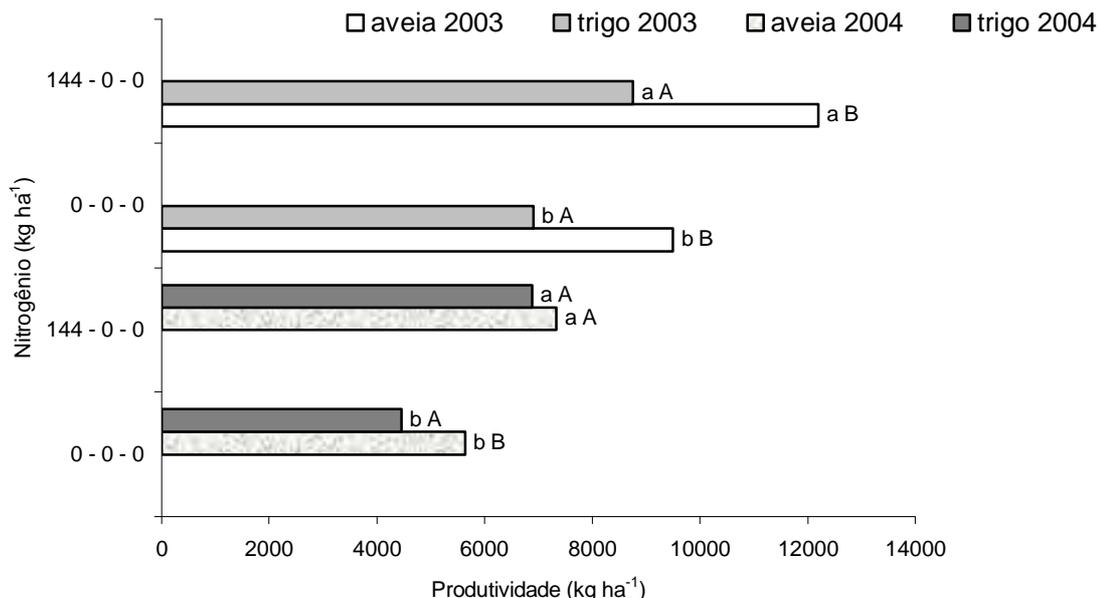
No primeiro ano, o monitoramento com clorofilômetro do tratamento 4 (Tabela 1), confirmou a necessidade da aplicação da adubação nitrogenada em cobertura. Desta forma, o milho produziu de maneira semelhante ao parcelamento, enquanto que, no segundo ano (2004/2005), o milho recebeu o equivalente a 25% da dose aplicada ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ) aos demais tratamentos, e produziu o equivalente à 86% do Tratamento 1 (que recebeu  $120 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) e 41,3 % a mais do que a testemunha, sem N. A suficiência em N pode ter sido devida ao fornecimento de N proveniente da matéria orgânica do solo (ESCOSTEGUY et al., 1997). Porém, o ISN mínimo estabelecido de 0,95 não foi eficiente para prever a necessidade de adubação, com prejuízo na produtividade, evidenciando a necessidade de se usar um índice de suficiência mais rígido, como 0,98 (ROZAS e ECHEVERRIA (1993). Uma adubação de base maior que

30 kg ha<sup>-1</sup> e um índice mais rigoroso poderiam prever, com mais certeza, a não necessidade da adubação nitrogenada em cobertura.

É interessante notar que, mesmo no tratamento sem N (testemunha), ocorreu um alto rendimento no primeiro ano (5213,5 kg ha<sup>-1</sup>), se comparado à média brasileira e paranaense (3500 e 5000 kg ha<sup>-1</sup>), segundo SEAB (2006). O comportamento da testemunha, no primeiro ano, pode ter sido influenciado pela disponibilidade do N orgânico natural do solo, em função de muito tempo com plantio direto nessa área.

### **b) Produção de massa seca da aveia e do trigo**

A resposta à adubação nitrogenada na semeadura (144 kg N ha<sup>-1</sup>) da aveia foi melhor que a do trigo em relação à produção de massa seca nos dois anos de cultivo (Figura 2). A quantidade de massa seca produzida pelas culturas foi maior no primeiro ano e a aveia apresentou mais massa seca, se comparada ao trigo, mesmo no tratamento sem adubação. Segundo Santi et al. (2003), a adubação nitrogenada na aveia aumentou de forma quadrática a produção de matéria seca; a produção máxima de matéria seca foi de 7171 kg ha<sup>-1</sup>, com a dose de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Em outros trabalhos realizados em plantio direto, onde a aveia não foi adubada, a produção de matéria seca (kg ha<sup>-1</sup>) foi bem mais baixa (3900, 4417, 3784), como citado por Gonçalves et al. (2000); Aita et al. (2001) e Da Ros & Aita (1996). A massa seca produzida pelo trigo foi maior que as reportadas por Da Ros et al. (2003) e por Pavinato & Ceretta (2004).



**Figura 2. Produção de massa seca do trigo e da aveia, em função do manejo da adubação nitrogenada (na semeadura do trigo/aveia, na semeadura e na cobertura do milho. No mesmo ano, médias com letras minúsculas, para a mesma cultura e letras maiúsculas, entre as culturas, foram estatisticamente diferentes a 5,0 % de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott**

### c) produtividade do milho após as culturas de inverno

A adubação nitrogenada no milho, após trigo e à aveia, durante dois anos agrícolas, trouxe um aumento na produtividade do milho, comparativamente à testemunha sem N (Tabela 2). Foi observado um efeito mais significativo na produtividade do milho após aveia (teste F) no segundo ano, comparativamente à produção do milho após trigo. Tais resultados ocorreram, independentemente da cultura em sucessão, diferente do encontrado por Basso et al. (1998) e Da Ros et al. (2003), os quais obtiveram um milho mais produtivo quando a adubação nitrogenada foi feita de forma parcelada na semeadura e em cobertura, ou toda na semeadura. Segundo Coelho (1992); França et al. (1994) e Souza et al. (2001) no parcelamento, uma menor quantidade do nutriente é aplicada por volume de solo, vindo a ser um fator que pode tornar o parcelamento desaconselhável.

**Tabela 2 - Médias da produtividade de grãos do milho (13% de umidade) submetido ao manejo de adubação nitrogenada, após trigo e após aveia em plantio direto**

Tratamentos	2003/2004		2004/2005	
	milho após trigo (kg ha <sup>-1</sup> )	milho após aveia (kg ha <sup>-1</sup> )	milho após trigo (kg ha <sup>-1</sup> )	milho após aveia (kg ha <sup>-1</sup> )
Teste F	37,42 *	26,48 *	8,29 *	70,94 *
CV (%)	5,39	5,32	12,80	5,05
Média geral	7239,13	8512,98	3933,20	4451,10

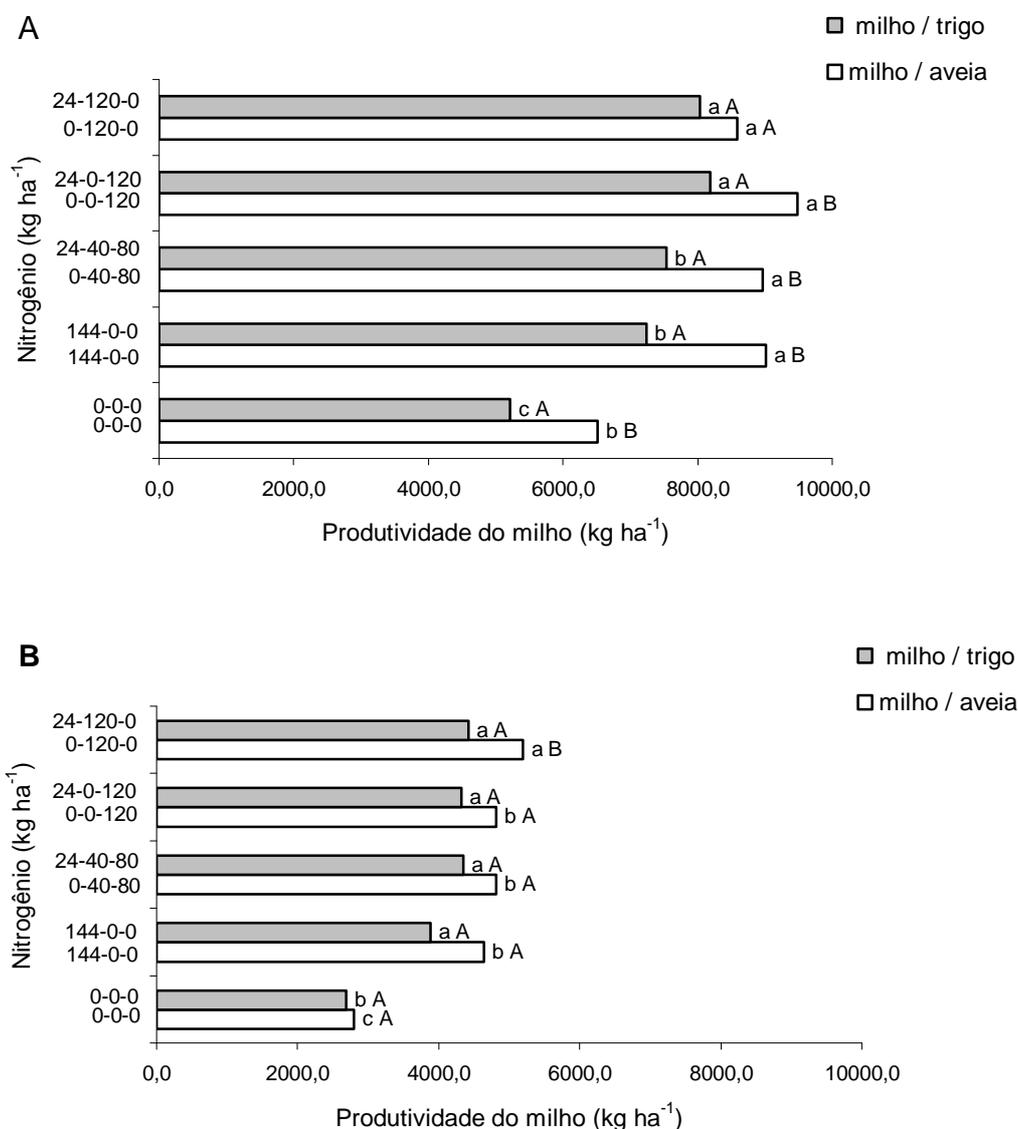
Médias com letras minúsculas, no mesmo ano, para a mesma cultura e letras maiúsculas no mesmo ano, entre as culturas, foram estatisticamente diferentes a 5,0 % de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott

Em 2003/04, a maior produção do milho após trigo ocorreu quando a adubação nitrogenada foi aplicada toda na semeadura ou toda na cobertura (Figura 3A); porém, no milho após a aveia não ocorreram diferenças na produtividade das plantas que receberam N nos diferentes manejos, exceto na testemunha (sem N), a qual produziu menos. Os resultados foram semelhantes, mesmo quando toda a adubação nitrogenada do milho foi aplicada na semeadura da cultura de inverno (144-0-0). Provavelmente, a textura argilosa do solo e sua alta quantidade de matéria orgânica (22,5g dm<sup>-3</sup>) propiciaram maior retenção do N amoniacal, o qual foi melhor aproveitado pelas culturas (GUTH et al., 2002).

Em 2004/05 (Figura 3B), porém, somente nos tratamentos adubados com N, onde o milho veio após a aveia, foram observadas diferenças na produtividade de grãos, sendo que, a melhor resposta ao nitrogênio se deu quando toda a adubação foi feita na semeadura do milho.

Nos dois anos agrícolas, o milho após aveia produziu mais em relação ao milho após o trigo, provavelmente, devido ao crescimento da aveia, expresso pela sua alta produção de massa seca (Figura 3A e 3B). De forma semelhante, a produtividade do milho após aveia preta foi maior que 8000 kg ha<sup>-1</sup> nos trabalhos de Bortolini et al. (2001); Bortolini et al. (2002); Caíres et al.(2006), os quais avaliaram o crescimento da aveia como cultura antecessora ao milho, em plantio direto. Por outro lado, vários trabalhos evidenciam uma produtividade do milho mais baixa, como os de Ceretta et al. (2002); Mai et al. (2003); Bortolini et al.

(2000); Aita et al. (2001); Giacomini et al. (2004); Lara Cabezas et al. (2005), nos quais, da mesma forma, a aveia preta antecedeu o milho.



**Figura 3. Produtividade do milho após trigo e após aveia, em função do manejo da adubação nitrogenada, respectivamente na semeadura do trigo e aveia, na semeadura e cobertura do milho. (A) 2003/2004 e (B) 2004/2005. Médias com letras minúsculas, para a mesma cultura e letras maiúsculas, entre as culturas, foram estatisticamente diferentes a 5,0 % de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott**

Os efeitos das culturas de inverno na produtividade do milho foram mais evidentes no primeiro ano (Figura 3A e 3B), o que pode ter ocorrido em função de menos chuva, que se mostrou mais limitante ao crescimento do trigo. No segundo

ano, o milho, após o trigo ou a aveia, apresentou um bom desempenho de produtividade. Há que se considerar também o fato de terem sido utilizados híbridos diferentes nos dois anos de pesquisa e que, cada qual tem potencial produtivo distinto.

#### **d) Concentração de N e S nas folhas e grãos de milho**

As concentrações de N e S nos grãos e nas folhas do milho, no florescimento, mostraram-se maiores em todos os tratamentos com adubação nitrogenada, em comparação à testemunha, o que demonstrou que os teores dos nutrientes no solo não foram suficientes para atender a demanda das plantas, contrariando os resultados encontrados por Oliveira e Caíres (2003), que observaram que a adição de N e S, como sulfato de amônio, não influenciou na concentração de S no tecido foliar.

Os teores de N e S na folha, na época do florescimento (Tabela 3), foram semelhantes, e nos grãos, foram maiores que os descritos por Porto et al. (2005), quando aplicaram sulfato de amônio na semeadura e cobertura do milho, em sucessão à aveia. No florescimento, por dois anos, os teores foliares de N e de S assemelharam-se e foram menores aos de Arnon (1975) e de Heinrichs et al. (2002), quando as folhas estavam no estágio de emissão dos estilos-estigmas.

Na colheita, percebeu-se que o S foi menos absorvido pela parte aérea do milho, quando não foi feita a adubação com sulfato de amônio, comparativamente aos tratamentos com adubação (Tabela 3); os teores de N na planta e nos grãos foram menores que os encontrados por Wolschick et al. (2003). Por outro lado os teores de N nos grãos foram muito semelhantes aos de Zotarelli et al. (2003), os quais avaliaram os teores de N em grãos e palha de milho, após tremoço e aveia preta, em plantio direto e solo argiloso do PR. A concentração de S nos grãos de milho foi menor que aquelas reportadas por Ferreira et al. (2001), Heinrichs et al. (2002) e Rheinheimer et al. (2005).

**Tabela 3 - Médias da concentração de N e S nos grãos, na folha durante o florescimento, na parte aérea (folha, sabugo, palha e colmo), na época da colheita, em milho após trigo submetido ao manejo de adubação nitrogenada**

2003/2004											
Tratamentos		S grãos	N grãos	S folha	N folha	S Parte aérea	N Parte aérea				
SE	SM	CO	florescimento				colheita				
<sup>1</sup> 1	24	120	0	0,71 a	14,3 a	1,16 a	25,0 a	1,89 a	5,3		
2	24	0	120	0,73 a	14,8 a	1,56 a	23,3 a	1,39 a	4,3		
3	24	40	80	1,63 b	13,8 a	1,28 a	21,3 a	1,46 a	4,3		
<sup>2</sup> 4	24	30	90	0,69 a	13,5 a	1,46 a	23,3 a	1,31 a	4,8		
5	144	0	0	1,91 c	13,3 a	0,98 b	17,5 b	1,42 a	4,5		
6	0	0	0	0,62 a	12,3 b	0,73 b	14,8 c	0,30 b	4,0		
Teste F		159,33 **		3,631*		2,934 *		34,800**		10,769 **	
Média geral		1,05		13,63		1,17		20,83		1,29	
CV (%)		8,60		6,64		20,31		6,40		24,78	
2004/2005											
Tratamentos		S grãos	N grãos	S folha	N folha	S Parte aérea	N Parte aérea				
SE	SM	CO	florescimento				colheita				
<sup>1</sup> 1	24	120	0	0,77 a*	16,5 a	1,22 a	31,0 a	0,61 a	14,3 a		
2	24	0	120	0,80 a	15,8 a	1,37 a	27,0 b	0,82 a	12,5 a		
3	24	40	80	0,78 a	14,3 a	1,38 a	24,5 c	0,31 b	8,3 b		
<sup>2</sup> 4	24	30	0	0,86 a	12,3 b	1,16 a	17,3 e	0,23 b	6,3 b		
5	144	0	0	0,78 a	14,3 a	0,99 b	24,5 c	0,19 b	6,3 b		
6	0	0	0	0,58 b	11,3 b	0,88 b	20,3 d	0,14 b	5,5 b		
Teste F		2,553 ns		6,176**		2,934 *		125,956**		19,844**	
Média geral		0,76		14,04		1,17		24,08		0,38	
CV (%)		15,58		11,48		20,31		3,60		31,85	

Médias com letras diferentes são estatisticamente diferentes a 1 % (\*\*) ou 5%(\*) de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.

SE= adubação na semeadura do trigo; SM= adubação na semeadura do milho; CO= adubação em cobertura no milho (28 e 24 DAS); <sup>1</sup> T1 = tratamento usado como padrão de adubação para o cálculo do ISN, onde ISN = 0,95; <sup>2</sup> T4 = a adubação do milho foi realizada quando necessário, de acordo com o monitoramento através do clorofilômetro SPAD Minolta

O N absorvido e acumulado nos grãos e folhas, no florescimento, apresentou uma melhor correlação com a produção de grãos de milho (Tabela 4); o S, por outro lado, teve melhor correlação com a produtividade quanto às quantidades do nutriente acumuladas na parte aérea na época da colheita do milho nos dois anos estudados. No primeiro ano, os valores de correlação foram melhores, o que pode ter ocorrido em função dos resultados de acúmulo de N e S nas partes do milho. O N apresentou maior quantidade acumulada nos grãos, principalmente no primeiro ano, quando o milho produziu mais.

**Tabela 4 - Correlação entre produtividade do milho após trigo, com teor e acúmulo de N e S nos componentes da planta, durante dois anos agrícolas**

Parâmetros avaliados	Folhas (1)		Parte aérea vegetativa (2)		Grãos (2)	
	S	N	S	N	S	N
Correlação teor	0,6799**	0,8055**	0,7317**	0,5396*	0,1228 ns	0,7033**
Correlação teor	0,5892**	0,5562**	0,6231**	0,6051**	0,4869*	0,6284**
Correlação acúmulo	0,4243 *	0,7083**	0,7601**	0,6676**	0,5351**	0,9615**
Correlação acúmulo	0,6223**	0,8172**	0,6888**	0,5667**	0,8951**	0,9017**
Média no teor dos nutrientes (g kg <sup>-1</sup> )	2,01	21,96	1,49	4,78	1,84	14,22
Média no teor dos nutrientes (g kg <sup>-1</sup> )	1,14	25,00	0,50	8,61	0,75	14,96
Média no acúmulo dos nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )	8,22	58,67	20,90	65,68	12,76	100,06
Média no acúmulo dos nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )	3,65	79,85	5,04	73,70	3,06	57,44

<sup>(1)</sup> folhas coletadas na época do florescimento; <sup>(2)</sup> parte aérea (caule, folha, palha e sabugo) e grãos, ao final do cultivo

## CONCLUSÕES

1. O manejo da adubação nitrogenada com o sulfato de amônio e em solo com textura argilosa aumentou a produtividade e os componentes de produção do milho, quando comparado à não aplicação do N.
2. O índice de suficiência em nitrogênio (ISN) = 0,95 não foi eficiente para avaliar a necessidade da adubação nitrogenada de cobertura do milho, e por isso, comprometeu a sua produtividade.
3. A adubação nitrogenada na semeadura da aveia, aliada a chuvas regulares, propiciou uma maior produção de massa seca, em se comparando ao trigo, o que resultou em produtividades mais altas do milho.

## 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, sob sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 241-248, 2002.
- ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern, International Potash Institute, 1975. 452p.
- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; MARCOLAN, A. L.; DURIGON, R. Manejo do nitrogênio do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo no inverno, no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, Caxambú, 1998. **Resumos...** Lavras: UFLA, SBCS, SBM, p.145. 1998.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Potafós, p. 63-145. 1993.
- CAIRES, E.F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.30, p.87-98, 2006.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; DIEKOW, J.; AITA, C.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B. & VENDRUSCLO, E.R.O. Nitrogen fertilizer split-application for corn in no-tillage succession to black oats. **Sci. Agric.**, v. 59, p. 549-554, 2002.
- COELHO, A.M.; CRUZ, J.C. & PEREIRA FILHO, I.A. **Rendimento de milho no Brasil**: Chegamos ao Máximo. Simpósio de Rotação Soja/Milho no Plantio Direto, 3. Piracicaba, SP. 2002. 32p.
- DA ROS, C. O.; SALET, R.L.; PORN, R.L. & MACHADO, J. N.C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema plantio direto. **Ci. Rural**, v. 33, p. 799-804, 2003.
- DURIEX, R.P.; KAMPRATH, E.J. & MOOL, R.H. Yield contribution of apical and subapical ears in prolific and nonprolific corn. **Agron. J.**, v. 85, p. 606-610, 1993.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 1.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.
- ESCOSTEGUY, P.A.V.; RIZZARDI, M.A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 21, p. 71-77, 1997.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria, 45. UFSCar, São Carlos, SP, **Anais...** 2000. p.255-258.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R.G. & CARDOSO, A. A. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Sci. Agricola**, v. 58, p.131-138, 2001.

FRANÇA, G.E., COELHO, A.M., RESENDE, M., BAHIA FILHO, A.F.C. Parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho irrigado. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**. 1994. p.28-9.

GUTH, O. L.; LORENZONI, J.; MELLO, J.S. Efeito de diferentes sistemas de adubação no rendimento da soja, milho e trigo no sistema de plantio direto. In CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2, Foz do Iguaçu, 2002. **Resumos...** p. 251.

HEINRICH, R.; VITTI, G.C.; MOREIRA, A; FANCELLI, A.L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p.225-230, 2002.

IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná, 1978. 38p.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDORFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 24, p. 363-376, 2000.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ARRUDA M.R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; W.A.R.; TRIVELIN; BENDASSOLI, J.A. Imobilização do nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura do milho no sistema plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, p. 215-226, 2005.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22 p.

NASCIMENTO, V. M.; SILVA, M. R. R.; MARTINS, D. C.; NASCIMENTO, M. S.; NASCIMENTO, R. S. Efeitos de fontes e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 29, Ribeirão Preto-SP, 2003. CD-ROM

OLIVEIRA, J.M.S. & CAIRES, E.F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Sci.**, v. 25, p. 351-357 n 2, 2003.

PETERSON, T.A.; BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S. **Using a chlorophyll meter to improve N management**. Lincoln, University of Nebraska, Cooperative Extension, Institute of Agricultural and Natural Resources, 1993, 5p.

PORTO, S.M.A.; SILVA, M.A.G. da; MUNIZ, A.S.; MATTA, J.D.V. da. Avaliação da adubação nitrogenada de cobertura no crescimento da aveia preta antecedendo o milho em plantio direto. **R. Científica**, Jaboticabal, 2007 (no prelo).

ROZAS, H.S. & ECHEVERRÍA, H. E. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano, **R. Fac. Agron.**,v. 103, p. 37-44, 1998

RHEINHEIMER, D.S.; ALVAREZ, J.W.R.; OSORIO FILHO, B.D.; SILVA, L.S.da; BORTOLUZZI, E.C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ci. Rural**, v. 35, p. 562-569, 2005.

SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Fundação Abc, Castro, Paraná, 1993. 96 p.

SÁ, J.C.M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, 1996b. 24 p.

SÁ, J.C.M. Nitrogênio: Influência da rotação de culturas e resposta da cultura do milho em solos sob plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO. Ed. SÁ, J.M.C., Fundação ABC, 1995, **Anais...** 1996a. 213-228. 334 p.

SEAB- SECRETARIA ESTADUAL DE ABASTECIMENTO, (Curitiba, PR). GRÃOS, ALGODÃO E OUTRAS CULTURAS - PARANÁ - EVOLUÇÃO DA ÁREA COLHIDA E DA PRODUÇÃO OBTIDA - 1997/98 a 2004/05. Disponível em : <<http://www.pr.gov.br/seab> > Acesso em: 27/01/2007

SCHULTEN,H.R.& SCHNITZER,M. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. **Biol Fertil Soils**, v. 26, p. 1–15, 1998.

SILVA, E.C.; FERREIRA, S.M.; SILVA, G.P.; ASSIS, R.L. & GUIMARÃES, G.L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de Cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, p. 725-733, 2005.

SILVA, P. S. L. & SILVA, P. I. B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**,v. 37, p. 1057-1064, 2002.

SOUZA, A.C., CARVALHO, J.G., PINHO, R.G., CARVALHO, M.L.M. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agrônômicas do milho. **Ciê. Agrotec.**, v. 25, p. 321-9, 2001.

WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; JADOSKI, S.O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com “el nino”. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27,p. 461-468, 2003.

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E.G.; PICCININ, J.L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M.; TORRES, E. & ALVES, B.J.R. **Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para uso na cultura do milho**. EMBRAPA, 2002. 4p. (Comunicado técnico 55)

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)