

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)
EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

ANDRÉ MORAES COSTA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP–Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP
Novembro – 2000

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)
EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

ANDRÉ MORAES COSTA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: **Prof. Dr. Hélio Grassi Filho**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP– Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU – SP
Novembro - 2000

Para que ao nome de Jesus se dobre todo o joelho dos que estão nos
céus, e na terra, e debaixo da terra,
E toda língua confesse que Jesus Cristo é o Senhor, para glória de
Deus Pai.
Filp 2:10-11

À minha família pelo constante apoio, dedicação e amor, porque é por meio da
família que nos tornamos homens honrados.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois o seu amor, a cada dia me constrange;

À Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu, pela oportunidade de participar do Curso;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro.

Ao Prof. Dr Hélio Grassi Filho pela orientação, amizade e profissionalismo demonstrados ao longo do Curso;

Ao Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Agronomia na Área de Concentração Energia na Agricultura, Prof. Dr Kléber Pereira Lanças;

Aos docentes do Curso de Pós-Graduação pelos ensinamentos transmitidos;

Ao Supervisor da Fazenda Experimental Lageado, Prof. Affonso Maria de Carvalho, aos Técnicos Agrícolas Marcos José Gonçalves e Mário de Oliveira Munhoz e aos operadores de máquinas agrícolas Manoel Lopes dos Santos, Aparecido Bessa, Carlos Humberto Barbosa, Armando Zuccari, Acássio Tavares e Milton Prudente, bem como a todos os demais funcionários de campo;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, Técnico de Laboratório Maury Torres da Silva e ao Técnico Agrícola Gilberto Winckler e sua equipe pela amizade;

Ao Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP-Botucatu, pela realização das análises químicas das amostras de solo;

Ao Prof.Dr. Silvio José Bicudo pelo convívio e amizade;

Ao Prof Dr. Sérgio Hugo Benez, pela referencia de profissional que é, e por seu entusiasmo em relação à pesquisa;

A Cristina e Cristiane Mendonça, pela amizade e apoio durante todo este tempo;

A todos os colegas de Curso, especialmente a João Paulo Marques, pelos ensinamentos e gostoso convívio na república;

Aos colegas da ABU (Aliança Bíblica Universitária), e em especial aos amigos: Fanley, Cléber, Rodrigo, Marcelo, André, Carla, Ana Carolina, Renata e Tatiana, pela amizade sincera e convívio;

A José Roberto Santos pelo grande profissional e excelente pessoa que é;

A Trajano Maciel e família, pelos ensinamentos e amizade durante todo este tempo;

Para todas as pessoas que, por diferentes modos, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1 Cobertura do solo.....	8
4.2 Contribuição de plantas de cobertura para o sistema plantio direto.....	12
4.3 Dinâmica do nitrogênio no solo.....	15
4.3.1. Mineralização e imobilização.....	16
4.3.2. Denitrificação, volatilização e lixiviação.....	18
4.4. Nitrogênio no sistema agrícola.....	21
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
5.1 Material.....	25
5.1.1 Área Experimental.....	25
5.1.2 Caracterização do solo na área experimental.....	26
5.1.2.1 Fertilidade do solo.....	27
5.1.3 Insumos agrícolas.....	28
5.1.3.1 Sementes.....	28
5.1.3.2 Fertilizantes.....	28
5.1.3.3 Herbicidas.....	29

5.1.3.4 Inseticida.....	29
5.1.4 Máquinas e equipamentos agrícolas.....	30
5.1.4.1 Tratores.....	30
5.1.4.2 Equipamentos agrícolas.....	30
5.1.5 Equipamentos e material para demarcar as parcelas e instalar o experimento.....	31
5.1.6 Equipamento e material para coletar amostras e realizar as determinações das variáveis estudadas.....	32
5.1.6.1. Determinação da produção de matéria seca da cobertura.....	32
5.2 Métodos.....	32
5.2.1 Tratamentos e delineamento experimental.....	32
5.2.2. Instalação e condução do experimento	34
5.2.3 Caracterização do solo.....	37
5.2.3.1 Análise granulométrica do solo.....	37
5.2.4 Determinações relacionadas à cobertura vegetal.....	37
5.2.4.1 Massa seca da cobertura morta.....	37
5.2.4.2 Concentração de nutrientes da cobertura.....	37
5.2.5 Determinações relacionadas à cultura do milho.....	38
5.2.5.1 Massa seca da parte aérea do milho e análise de nutrientes.....	38
5.2.5.2 Avaliação do estado nutricional.....	38
5.2.5.3 Altura de plantas.....	38
5.2.5.4 Altura da primeira espiga.....	39
5.2.5.5 Diâmetro de colmo.....	39

5.2.5.6 Produtividade de grãos da cultura.....	39
5.2.5.7 Parâmetros de produção.....	40
5.2.5.8 Estande da cultura.....	40
5.2.6 Determinações relacionadas ao sistema.....	41
5.2.6.1 Análise de nitrogênio total e nitrato no solo.....	41
5.2.7. Análise estatística.....	41
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
6.1 Avaliações da cobertura do solo.....	42
6.1.1 Massa seca da parte aérea da cobertura vegetal antes da instalação dos tratamentos.....	42
6.1.2 Extração de nutrientes da cobertura vegetal.....	44
6.2 Determinações relacionadas à cultura do milho.....	46
6.2.1 Massa seca da parte aérea do milho.....	46
6.2.2 Nutrientes da parte aérea do milho nas três avaliações.....	48
6.2.3 Nutrientes da folha diagnóstico do milho.....	57
6.2.4 Parâmetros de crescimento	60
6.2.4.1 Altura de plantas de milho e altura da inserção da primeira espiga.....	60
6.2.4.2. Diâmetro do colmo.....	61
6.2.5 Componentes da produção e produtividade.....	63
6.2.6. Estande da cultura.....	67
6.3. Determinações relacionadas ao solo.....	68
6.3.1. Nitrogênio total.....	68

6.3.2. Nitrato.....	71
6.4. Palhada de milho e conteúdo de nitrogênio.....	73
7. CONCLUSÕES.....	75
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Resultado da análise granulométrica do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da instalação do experimento.....	27
2 Resultados das análises químicas do solo da área experimental, na camada de 10 a 20 cm de profundidade, antes da implantação dos tratamentos.....	28
3 Doses e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho....	33
4 Sequência de atividades para a instalação e a condução do experimento.....	34
5 Valores médios obtidos na avaliação da matéria seca da aveia preta.....	44
6 Concentrações médias de macronutrientes na parte aérea da aveia preta.....	45
7 Concentrações médias de micronutrientes na parte aérea da aveia preta.....	46
8 Valores médios obtidos para massa matéria seca do milho em três épocas de amostragem.....	48
9 Concentração média de macronutrientes na parte aérea do milho	

	na época da primeira amostragem.....	51
10	Concentração média de micronutrientes na parte aérea do milho na época da primeira amostragem.....	52
11	Concentração média de macronutrientes na parte aérea do milho na época da segunda amostragem.....	53
12	Concentração média de micronutrientes na parte aérea do milho na época da Segunda amostragem.....	54
13	Concentração média de macronutrientes na parte aérea do milho na época da terceira amostragem.....	55
14	Concentração média de micronutrientes na parte aérea do milho na época da terceira amostragem.....	56
15	Desdobramento da interação N em semeadura x N em cobertura referente ao cálcio na época da terceira amostragem.....	56
16	Concentração média de macronutrientes na folha do milho no estádio de florescimento.....	58
17	Concentração média de micronutrientes na folha do milho no estádio de florescimento.....	59
18	Desdobramento da interação N em semeadura x N em cobertura referente ao nutriente cálcio.....	59
19	Resultados médios de altura de plantas, altura da primeira folha bandeira, diâmetro do colmo, altura da inserção da 1 ^a espiga e produtividade do milho	

	produtividade do milho.....	62
20	Desdobramento da interação N em semeadura x N em cobertura referente ao diâmetro do colmo.....	62
21	Valores médios obtidos para parâmetros de produção e produtividade.....	66
22	Desdobramento da interação N em semeadura x N em cobertura referente à produtividade.....	67
23	Valores médios obtidos na avaliação do estande de planta.....	68
24	Teores médios de N total no solo em três camadas, para duas épocas de avaliação.....	70
25	Teores médios de nitrato no solo em três camadas, para duas épocas de avaliação.....	72
26	Valores médios obtidos na avaliação da matéria seca da palha de milho mais restos vegetais.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Precipitação pluviométrica durante o período experimental.....	35
2	Balanço hídrico mensal referente aos anos de 1998 e 1999, obtido no Departamento de Recursos Naturais da FCA - UNESP	36

1.RESUMO

O presente trabalho foi conduzido em condições de campo, na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas - Câmpus de Botucatu - UNESP, no município de Botucatu - SP, em um solo classificado como Nitossolo Vermelho distrófico, cultivado anteriormente com aveia preta (*Avena strigosa* SCHREB.), durante o ano agrícola de 1998/99. O objetivo do trabalho foi o de pesquisar recomendações mais eficientes de aplicação de nitrogênio no solo, possibilitando a otimização no uso do referido fertilizante pela planta de milho, em sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com tratamentos em esquema fatorial 3x3 ou 3² com cinco repetições, constando os tratamentos de três doses de nitrogênio na semeadura (30, 60 e 90 kg de N por ha) e três doses de nitrogênio em cobertura (30, 60 e 90 kg de N por ha), totalizando 45 parcelas.

Os resultados demonstraram que os tratamentos não foram significativos para: diâmetro da espiga, tamanho da espiga, número de fileiras por espiga,

massa de 100 grãos, altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, nitrato, nitrogênio total e matéria seca total e foram significativos para diâmetro do colmo e produtividade.

Para o parâmetro produtividade, observou-se que a aplicação de 30 kg ha⁻¹ na semeadura e 90 kg ha⁻¹ em cobertura, proporcionou maior produtividade, sendo esta a melhor estratégia de parcelamento da adubação nitrogenada. Este resultado está de acordo com o que se tem recomendado em termos de adubação nitrogenada para milho após aveia preta, em sistema plantio direto.

Os valores totais (semeadura + cobertura) superiores a 120 kg ha⁻¹ de N não responderam em termos de aumento de produtividade.

Para este trabalho em relação aos componentes da produção, o diâmetro e comprimento da espiga e massa de 100 grãos não foram fatores responsáveis por diferenças na produtividade.

THE NITROGEN MANURING IN THE CORN CROP (*Zea mays* L.) UNDER NO TILL SYSTEM. Botucatu, 2000. P. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: André Moraes Costa

Adviser: Hélio Grassi Filho

2. SUMMARY

The present work was being carried out in a field in the Lageado Experimental Farm, of the Faculty of Agricultural Sciences - Botucatu Campus –UNESP, in the municipality of Botucatu of SP, in a soil classified as ultisol, with black oat (*Avena strigosa* SCHREB.), as a cover crop with during the agricultural season of 1998/99. The aim of this work was to research and recommend ways more efficient for the application of nitrogen in the soil, with the possibility of optimizing the use of the refered manure by the corn crop in the no till system. The experimental delineation utilized was split plot design with treatments in the factorial pattern of 3x3 or treatments 3^2 with five replications, consisting of the treatments with three doses of the nitrogen during planting (30, 60 and 90 kg of N ha⁻¹) and three doses of the nitrogen in the cover crops (30, 60 and 90 kg of N ha⁻¹), with the total of 45 plots.

The results demonstrated that the following treatments were not

significant: diameter of the spike, spike size, row number for the spike, weight of 100 grains, height of the plant, height of the insertion of the first corn-spike, nitrate, total nitrogen and total dry matter, the following were significant: stem diameter and yield. For the yield parameters, it was observed that the treatment with 30 kg ha⁻¹ during planting and 90 kg ha⁻¹ with cover crop had the best response. This result is in line with recommendations in terms of nitrogen manuring for corn after black oat in the no till system.

The total values (planting and covering) of more than 120 kg ha⁻¹ did not show up in terms of productivity increase.

For this work with regard to yield parameters, could to conclude that the diameter of the spike and weight of 100 grains weren't factors responsible for differences in the yield.

Keywords: No tillage, corn, black oat and nitrogen

3. INTRODUÇÃO

O milho, um dos mais importantes cereais cultivados no mundo, constituiu-se num produto agrícola de largo consumo, que por suas características de fácil manipulação e conservação, é matéria prima imprescindível no complexo industrial voltado para a alimentação humana e animal. É cultivado em quase todos os países do mundo. É uma cultura que oferece maior produção, quando cultivada com técnicas mais eficientes.

Cultura básica da agricultura brasileira, o milho ocupa a maior área cultivada do país com 13 milhões de hectares e emprega um dos maiores contingentes de mão-de-obra rural no seu processo produtivo.

Embora semeado do norte ao sul do Brasil por mais de 60% dos produtores rurais, esta cultura concentra-se basicamente nos Estados do Centro-Sul, responsáveis por cerca de 93% do cereal produzido e por 79% da área total, sendo o Paraná o principal produtor. A produtividade média brasileira é baixa provavelmente sendo consequência da produção achar-se concentrada em pequenas propriedades, sendo que no

Norte-Nordeste, mais de 80% da produção é obtida em propriedades com menos de 10 ha; no Sul-Sudeste, acima de 75% da produção vem de propriedades menores que 50 ha, sendo que apenas no Centro-Oeste, a produção se distribui entre os estratos de área (Fornasiere Filho, 1992).

Segundo Fancelli (1993), o emprego da cultura do milho, dentro de programas de rotação de culturas, tem assegurado a reposição e a manutenção da palhada em quantidade suficiente para diferentes sistemas de produção, fundamentados no mínimo revolvimento do solo. Além de sua contribuição para a manutenção da cobertura morta e da matéria orgânica do solo, seus resíduos apresentam considerável capacidade de controle das invasoras, redução da incidência de pragas e de doenças e efeitos benéficos sobre a capacidade produtiva das outras culturas que compõe o sistema de rotação.

Segundo Diniz (1999), o sistema predominante para a cultura do milho no Brasil é o convencional, só que ao longo do tempo tem provocado danos ao ambiente, contribuindo para o aumento do processo de degradação do solo.

O nitrogênio é o nutriente mais afetado por este processo, com isso provocando sérias limitações na produtividade das culturas, especialmente em solos arenosos, porque sua principal fonte é a matéria orgânica que se encontra na camada superficial do solo (Ros & Aita, 1996).

Em solos degradados, uma das causas do baixo rendimento das culturas, principalmente de gramíneas, é a baixa disponibilidade de N dos solos às plantas (Teixeira et al, 1994).

O nitrogênio é o elemento mais caro em relação ao custo, em termos de energia por tonelada produzida, sendo ainda um contaminador de aquíferos e mananciais,

tornando-se importante os estudos para que haja uma melhoria da eficiência de utilização de adubos nitrogenados (Coelho et al., 2000).

Culturas como milho e trigo apresentam maior deficiência de nitrogênio no sistema plantio direto, evidenciando maior necessidade de adubação nitrogenada para estas culturas sob este sistema (Muzilli, 1983).

Segundo Silva et al. (1997), as recomendações quanto à época e forma de aplicação da adubação nitrogenada, na cultura do milho, devem ser reavaliadas, principalmente quando sob sistema de plantio direto.

Para Cardoso et al. (2000), trabalhos têm mostrado que em geral 70 a 90% dos experimentos com milho a campo no Brasil, responderam a aplicação de nitrogênio.

Portanto, os fertilizantes nitrogenados assumem uma maior importância no aumento da produtividade da cultura do milho, sendo que para se atingir a eficiência, o nitrogênio deve ser aplicado corretamente (dose e modo de aplicação), com o intuito de maximizar os retornos sobre os investimentos pelo seu uso, principalmente em sistema plantio direto.

Face ao exposto, no presente trabalho pretendeu-se estudar o comportamento da cultura do milho à adubação nitrogenada em sistema de plantio direto, estudando-se a combinação de doses e modos de aplicação de nitrogênio no solo, buscando com isto otimizar o uso do referido fertilizante.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cobertura do solo

A boa cobertura do solo se dá através do manejo de plantas visando à melhoria ou manutenção da produtividade do solo.

O uso intensivo e inadequado do solo resulta na diminuição gradativa de sua fertilidade natural, agravada durante as duas últimas décadas, comprometendo cada vez mais a capacidade produtiva futura da maioria das áreas agricultáveis.

No Brasil, um dos fatores de desgaste que mais seriamente tem contribuído para a improdutividade do solo é, sem dúvida, a erosão hídrica, facilitada e acelerada pelo homem com suas práticas inadequadas de agricultura (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

A resistência que o solo exerce a ação erosiva da água está determinada por diversas de suas características ou propriedades físicas e químicas, e pela natureza e quantidade do seu revestimento vegetal. A vegetação também tem parte na erosão eólica, reduzindo a velocidade do vento na superfície do solo e absorvendo a maior parte da

força exercida por ele. (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

A proteção da superfície do solo contra o efeito selador provocado pelo impacto de gotas de chuva é decisiva para o impedimento do escoamento superficial e da erosão, por isso o solo deveria permanecer sempre coberto por restos vegetais.

Dentre as várias funções que uma adequada cobertura do solo exerce, Veiga et al., (1994) destacaram algumas:

- Protege a camada superficial do solo contra as chuvas de alta intensidade, sol e vento.
- Promove um grande aporte de massa vegetal ao solo, mantendo e elevando ao longo dos anos o teor de matéria orgânica.
- Reduz a população de ervas daninhas através do efeito supressor ou alelopático ocasionado pelo rápido crescimento inicial e exuberante desenvolvimento da massa vegetal que é deixado na superfície do solo.

Fancelli & Dourado Neto (1996) relatam que na ocasião da semeadura do milho, o solo deverá apresentar-se com temperatura superior a 10°C, aliado ao teor de água próximo a capacidade de campo, para possibilitar o desenvolvimento dos processos de germinação e emergência. Assim, os autores concluíram que nas regiões tropicais, o solo descoberto, submetido à ação direta do sol e da água da chuva, sofre prejuízos graves e rápidos na capacidade produtiva, porém, com uma boa produção de fitomassa na superfície, consegue-se o estabelecimento da proteção sobre o solo, amenizando o efeito prejudicial de fatores climáticos.

O retorno de resíduos vegetais é importante fonte de matéria orgânica que contribui para a formação de uma estrutura de solo estável e, além disso, ajudam a manter

a fertilidade em níveis mais elevados. No entanto, o efeito que pode ser considerado mais importante é o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, pois além do fornecimento de nitrogênio pela decomposição do material orgânico, há aumento de outros nutrientes como P, K e Ca (Kakde, 1965 e Vasconcellos & Pacheco, 1987).

Para Sidiras & Pavan (1985) as propriedades químicas do solo podem ser melhoradas através de um sistema de manejo que envolva a proteção da superfície com o retorno dos resíduos culturais ou presença de plantas.

De maneira geral, a manutenção dos resíduos vegetais na superfície provocam alterações que refletem diretamente na fertilidade do solo (Holtz & Sá, 1995)

- redução do processo erosivo, permitindo maior oferta e disponibilidade de nutrientes as plantas;
- alteração na umidade e na temperatura do solo, influenciando a atividade biológica e consequentemente a solubilização, a liberação dos nutrientes e a eficiência na absorção pelas raízes das plantas;
- elevação da taxa de infiltração e o armazenamento de água por períodos mais prolongados, alterando os mecanismos de movimentação e redistribuição de nutrientes com maior mobilidade no solo, como N, S e o K;
- composição dos resíduos influenciando não somente na taxa de mineralização, mas também nas propriedades químicas dos solos, através de grupos funcionais formados pelas carboxilas e hidroxilas fenólicas.

As características químicas dos resíduos vegetais determinam a sua função como cobertura ou adubo verde.

Tian et al. (1993) classificaram os resíduos vegetais em três tipos:

- a) Alta qualidade: apresenta baixa relação C/N e baixos teores em lignina como leguminosas, que proporcionam um efeito mais direto na produtividade das culturas ao aumentar a mineralização do nitrogênio. Por outro lado decompõem-se rapidamente, resultando em baixa porcentagem de cobertura do solo, principalmente em regiões de clima tropical;
- b) Qualidade intermediária: a palha dessas espécies promove proteção do solo ao solo por um período mais longo (milho, milheto, aveia);
- c) Baixa qualidade: apresenta alta relação C/N e teores de lignina, como as espécies lenhosas, que permanecem por mais tempo na superfície do solo e indiretamente protegem o solo.

A passagem de material orgânica para compostos de alta solubilidade resulta em alterações no comportamento dos nutrientes devido às interações com algumas variáveis de natureza físicas (Pavan, 1985):

- maior disponibilidade de água por períodos mais prolongados;
- menor variação de temperatura;
- maior efeito de capilaridade;
- maior aeração.

Esses benefícios têm refletido em maior atividade radicular e conseqüentemente maior crescimento e desenvolvimento.

Em geral, nutrientes como o N e o S, que possuem alta mobilidade no solo, são os mais influenciados nos processos de perdas por lixiviação, em função do maior movimento descendente e o K em menor proporção. Mas o P, que possui baixa mobilidade e

alta capacidade de fixação pelos sítios de adsorção, tem sido beneficiados pelo não revolvimento do solo, deixando-o com menor superfície de contato e ligado as formas orgânicas no solo (Hedley et al., 1982 e Selles et al., 1990).

Segundo Almeida (1984), a cobertura vegetal em decomposição, na superfície ou incorporada ao solo, influencia os micro e macroorganismos que nele vivem, incluindo as plantas e as sementes. Dos fatores que afetam a vida microbiana do solo, o mais importante é a disponibilidade de matéria orgânica, pois é dela que a maioria dos microorganismos obtém a energia e os elementos minerais e orgânicos para a realização dos seus processos vitais.

A quantidade de resíduos vegetais que permanece no terreno no plantio direto é o mesmo que no plantio convencional, mas no plantio direto, eles ficam na superfície. Essa diferença provoca alterações na taxa de decomposição do material vegetal, pois é menor o contato com os microorganismos e por isso a taxa de decomposição é menor, e o teor de matéria orgânica é superior concentrando-se na camada superficial, correspondendo assim à uma atividade microbiana duradoura em relação ao plantio convencional.

4.2 Contribuição de plantas de cobertura para o sistema de plantio direto

O preparo do solo voltado para a sua conservação, evitando danos por erosão, é denominado de preparo conservacionista. Pode-se considerar como conservacionistas os métodos de preparo e semeadura nos quais mais de 30 % do solo permanecem cobertos por restos vegetais após a deposição de sementes ou ainda que tenham

1.120 kg ha⁻¹ de resíduos na sua superfície durante o período crítico de erosão (Allmaras & Dowdy, 1985; Magleby & Schertz, 1988).

Segundo Gomes et al. (1997), entre as alternativas que podem ser utilizadas para recuperar, manter ou melhorar a capacidade produtiva dos solos, destacam-se os métodos de manejo denominados “sistemas conservacionistas”. Dentre estes esses métodos, merece destaque o sistema plantio direto, que por mobilizar o solo só na linha de semeadura, não fraciona e nem desarranja os agregados no perfil, e tão pouco estimula a oxidação acelerada da matéria orgânica, contribuindo diretamente para a agregação e melhoria da estrutura do solo (Denardin & Kochhann, 1993).

No Brasil, o plantio direto tem sido difundido mais como medida de controle à erosão do que como um sistema de cultivo (Muzilli, 1983), isto fez com que o plantio direto fosse implantado sem que houvesse informações básicas capazes de orientar os componentes envolvidos no sistema.

Segundo Mondardo & Biscaia (1981), o plantio direto constitui a forma mais eficiente de controle da erosão e conservação do solo principalmente para as culturas de milho, trigo e soja. Os autores comentam ainda que o plantio das culturas pelo método de semeadura direta pode reduzir em mais de 80% as perdas de solo por erosão.

Segundo Sá (1993), acredita-se que o plantio direto como manejo do solo, visando a manutenção da água e a restauração da fertilidade do solo, seja fator preponderante para alcançar altas produtividades, não só ocasionalmente, mas com acréscimo ao longo dos anos.

Seqüências culturais com predominância de gramíneas podem, pelo menos nos primeiros anos de uso de preparos conservacionistas, ocasionar imobilização do

nitrogênio e afetar negativamente a produção da cultura (Rizzardi, 1995). Em contrapartida as leguminosas destacam-se entre as espécies empregadas como cobertura ou adubação verde, podendo aumentar o rendimento das culturas que as sucedem pela redução da erosão, conservação de água, reciclagem de nutrientes e melhoria das características físicas do solo. Entretanto, essa resposta a curto prazo sobre o rendimento se deve à capacidade de fixar simbioticamente o nitrogênio atmosférico e incorporá-lo à sua fitomassa. Com a decomposição de seus resíduos, o nitrogênio poderá ser liberado e, provavelmente, parte dele vir a ser absorvido pelo cultivo em sucessão (Teixeira et al., 1994).

Para Freire (1992), a produção de massa seca, teor e quantidade de N acumulada na parte aérea de plantas de cobertura, variam entre as espécies, pois as mesmas diferem em relação à capacidade de fixação e absorção de N, e na produção total de massa seca.

Entre os diversos parâmetros considerados na seleção das espécies, pode-se destacar a produção de fitomassa e quantidade de N acumulado pelas mesmas. As principais fontes de palha são as gramíneas, como o milho, o sorgo, milheto, aveia-preta, centeio arroz e triticale, sendo que outras espécies podem também ser utilizadas durante o processo de desenvolvimento do sistema de rotação de culturas escolhido, tais como: nabo forrageiro, crotalárias, mucunas, guandu e ervilhaca (Heckler et al., 1998).

Resíduos de gramíneas para cobertura de solo são muito eficientes devido a alta concentração de celulose, lignina e relação C:N, o que proporciona maior resistência a decomposição, prolongando a proteção da superfície do solo (Triplett, 1986). Além disso, as gramíneas possuem sistema radicular abundante, funcionando como uma rede, mantendo os agregados de solo, tornando-os mais resistentes à ação do impacto da gota de

chuva e ao transporte pela enxurrada (Dechen et al, 1981). Ainda segundo o autor, as gramíneas possuem maior eficiência em absorver nitrato devido a extensão, forma e distribuição do sistema radicular, e também devido a uma maior cobertura do solo proporcionada por essa espécie, de alta densidade e de rápido crescimento.

A aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) é uma gramínea anual, rústica, com grande capacidade de perfilhamento, com resistência à seca e menos exigente em fertilidade. Tem desenvolvimento inicial rápido e devido ao seu sistema radicular bastante desenvolvido, é muito eficiente na reciclagem de nutrientes, adaptando-se bem em grande variedade de solos. A produção de massa verde varia de 30 a 60 t ha⁻¹ e entre 2 e 6 t ha⁻¹ de matéria seca (Derpsch & Calegari, 1992).

Segundo Roman & Didonet (1990), no campo, a aveia preta tem demonstrado uma grande potencialidade no controle de plantas daninhas sob sistema plantio direto, sendo a cultura que apresenta maior versatilidade, pois além de grande produtora de massa seca, proporciona excelente cobertura de solo, também sendo utilizada para a produção de sementes e para pastoreio pelo gado.

4.3 Dinâmica do nitrogênio no solo

O nitrogênio está entre os elementos mais abundantes na natureza, sendo encontrado na litosfera, hidrosfera e na atmosfera, sendo esta o maior reservatório de N. No solo apenas uma pequena fração de N da litosfera está disponível às plantas. A fonte de N para os vegetais é a atmosfera, onde aproximadamente 78% do gás atmosférico é constituído de gás N₂ mas apesar dessa imensa quantidade de N₂ atmosférico, a principal fonte de N às

plantas não simbióticas é o solo. Embora seja pequena a quantidade de nitrogênio encontrada na massa seca das plantas (2-4%) comparadas ao carbono (40%), o N é um elemento indispensável, fazendo parte de numerosos compostos orgânicos de vital importância as plantas, tais como aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (Mengel & Kirkby, 1987).

Na maioria dos solos, apenas em torno de 5% do N-total, está na forma mineral como nitrato e amônio, que são as formas absorvidas pelas plantas. A reserva de N no solo é principalmente orgânica, estando sujeita às transformações que determinarão as relações de equilíbrio entre N-orgânico e mineral, em função do comportamento do NO_3^- e NH_4^+ como íons no solo e das necessidades de plantas e microorganismos (Ceretta & Fries, 1998).

Para Ceretta (1997), os níveis de N no solo são determinados basicamente pelo balanço entre a quantidade mineralizada, a partir da matéria orgânica e da decomposição de resíduos vegetais, da adição por fertilizantes e pelas perdas por lixiviação, volatilização e denitrificação.

Entre os indicadores de qualidade do solo, destaca-se o nitrogênio total por sua relação com a capacidade produtiva do solo, uma vez que o incremento no rendimento de culturas econômicas, quando cultivadas em sucessão a culturas de cobertura, tem sido principalmente atribuído ao aumento da disponibilidade de nitrogênio (Teixeira et al., 1994).

4.3.1 Mineralização e imobilização

A decomposição dos resíduos orgânicos é um processo essencialmente biológico, sujeito à interferência de diversos fatores. Entre estes, a relação C:N, assume importante papel na mineralização e imobilização do N-mineral da solução do solo. O cultivo

de milho na sequência de espécies com elevada e ou baixa relação C:N, apresenta respostas diferenciadas quanto à utilização de nitrogênio e o fluxo de liberação de N ao sistema será sensivelmente influenciado por esta relação (Sá, 1997).

No processo de mineralização, o N orgânico é liberado na forma inorgânica, primeiro ocorrendo à liberação dos grupos N-amino da matéria orgânica através da proteólise, seguindo-se a amonificação, que consiste na redução do N-amino para N-NH₃ (Mengel & Kirkby, 1987).

Quando resíduos orgânicos, ou palhada são deixados na superfície do solo, passam a ser fonte de energia e carbono para a população microbiana. Se estes resíduos orgânicos são ricos em nitrogênio (resíduo de leguminosas), o nitrogênio em excesso para a biossíntese microbiana, durante o processo de decomposição, será liberado como amônia, resultando em sobras de nitrogênio para o solo (processo de mineralização de nitrogênio), (Fries, 1997).

Segundo Tisdale et al., (1993), as condições de acidez do solo podem diminuir sensivelmente a população de microorganismos que atuam nas reações de mineralização, nitrificação e desnitrificação.

A relação C:N da palha presente na superfície ou incorporada no sistema tem importância na liberação de nitrogênio para as culturas posteriores. Culturas como a aveia, centeio e milho, apresentam relações maiores que 30:1, o que proporciona maior imobilização inicial de nitrogênio, que a mineralização (Pauletti, 2000).

Na constituição das células microbianas há uma incorporação de um átomo de N para cada dez de carbono. Este processo dá-se durante a transformação da matéria orgânica pelos microorganismos que liberam carbono na forma de CO₂ e 1/3 restante é

metabolizado para constituição celular dos microrganismos. A influência dos resíduos na atividade biológica é diretamente proporcional a sua relação C/N. Na adição ao solo de resíduos orgânicos com alto teor de carbono e baixo teor de N, os microrganismos, imobilizam o N mineral presente no meio para que a transformação seja efetivada (Mary et al., 1993).

Para Aita (1997), um parâmetro pouco estudado e que interfere na velocidade de decomposição dos resíduos de culturas é a disponibilidade de N do solo. Em solos com baixos teores de nitrogênio mineral, poderá haver limitação no crescimento microbiano e, portanto, na decomposição da palha.

Thomas et al. (1981) relacionam a dinâmica do nitrogênio do solo, em plantio direto, à relação C:N do material que é depositado na superfície. Assim, plantas cuja relação C:N é superior a 50, proporciona imobilização do nitrogênio por longos períodos. Por outro lado, deve ser considerado que com o passar do tempo pode haver um equilíbrio entre mineralização - imobilização - disponibilidade - perdas, uma vez que a produção microbiana pode adaptar-se e se estabilizar. Em condições tropicais as perdas de nitrato tendem a ser mais intensas, e nesse caso, a combinação de culturas com diferentes exigências em nitrogênio e diferentes sistemas radiculares torna-se fundamental no manejo da adubação nitrogenada.

4.3.2 Denitrificação, volatilização e lixiviação.

Uma parte do N liberado dos restos culturais permanece no solo na forma orgânica já que o nutriente foi assimilado pela população microbiana, juntamente com o carbono, durante a decomposição. O excedente de N, resultante dos processos microbianos de mineralização e imobilização aparecerá no solo na forma mineral. Dependendo das condições

predominantes no solo, uma fração expressiva desse N poderá ser perdida por denitrificação, volatilização de amônia e lixiviação de nitrato (Aita, 1997).

Para Coelho et al. (2000), a baixa eficiência de fertilizantes nitrogenados (uréia) em condições tropicais tem sido atribuída ao grande potencial de perdas, sendo a lixiviação, a desnitrificação e a volatilização de amônia os mecanismos mais importantes.

A denitrificação é o processo de redução biológica do N mineral, a produtos finais como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) e N_2 que são facilmente difundidos na atmosfera pela condição de gases. Embora seja um processo freqüente em solos com baixo suprimento de O_2 , ele poderá ocorrer também em solos bem drenados, onde materiais orgânicos tenham sido adicionados ao solo (Aita, 1997).

Herron et al. (1971) trabalhando em um solo Brunizen, de textura franco-argilo-siltosa e cultivado com milho, constataram que o nitrogênio mineral acumulou em nível significativo, quando as taxas de aplicação deste nutriente foram maiores que 100 kg ha^{-1} . A quantidade acumulada de nitrogênio no solo foi maior com o atraso da época de aplicação, quando comparou a aplicação em área total, duas semanas antes do plantio, com aplicação ao lado das linhas de plantas com altura de 30 e 75 cm. Esta prática, juntamente com o aumento da dose de aplicação proporcionaram uma liberação substancial de nitrogênio pelo solo, através da nitrificação, impedindo que houvesse perdas por lixiviação e por desnitrificação no período inicial quando a cultura pouco utilizou o fertilizante.

A volatilização ocorre quando após a aplicação de N no solo na forma de uréia, acontecem reações de hidrólise enzimática formando carbonato de amônio, que resulta na liberação de CO_2 e H_2O e em maior concentração, NH_3 . Parte deste último

composto, em forma de gás, é perdida e outra parte pode ser retida no solo, principalmente após a hidrólise para amônio (Khengre & Savant, 1977). As perdas são potencialmente maiores se a uréia for aplicada em superfície.

Lund et al. (1974) já afirmava que as características do perfil do solo devem ser consideradas quando se deseja aplicar grandes quantidades de nitrogênio. O teor de água no solo, distribuição dos tamanhos das partículas e capacidade de troca cátions têm uma grande correlação com a variabilidade de concentração de nitrato no perfil do solo.

Kinjo et al. (1978) relatam que o nitrato é um dos íons sujeitos a perda por lixiviação, devido a sua baixa energia de adsorção com as partículas do solo, o que tem justificado a prática de se parcelar a aplicação de fertilizantes nitrogenados, para se obter maior aproveitamento pelas plantas.

Para Muzilli, (1983), o potencial de lixiviação é maior em sistemas conservacionistas possivelmente devido a maior infiltração de água, maior manutenção de umidade e presença de poros contínuos.

Em uma Terra Roxa Estruturada, Meirelles et al. (1980) verificaram durante a condução de uma cultura de feijão fertilizada com 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de sulfato de amônio marcado com N¹⁵, notaram que apenas 15 kg ha⁻¹ de nitrogênio foi lixiviado a 120 cm de profundidade durante o ano todo, sendo que apenas 1,35 kg ha⁻¹ de nitrogênio foi proveniente do fertilizante nitrogenado.

Bassoi (1994) verificou que o milho tem uma considerável absorção de nutrientes que se movimentam até cerca de 50 cm de profundidade, desde que esse processo não atinja grande magnitude. No mesmo trabalho, o autor relata que a lixiviação de nitrato até

as profundidades de 50 e 100 cm foi pequena, não representando nenhuma perda considerável para a nutrição mineral da cultura.

Segundo Thomas (1960), nos horizontes B de solos com propriedades de reter eletrólitos, existe uma taxa reduzida no movimento do nitrato, comparado com o da água, enquanto o íon amônio mostra-se menos sujeito às perdas por lixiviação, devido à sua maior retenção pelos colóides do solo.

Francis & Schepers (1994), verificaram que em solos permeáveis as perdas de nitrogênio por lixiviação podem ser minimizadas por meio do parcelamento da adubação.

Em condições de campo, Leal & Alvahydo (1971), estudaram a transformação e deslocamento do íon amônio em um solo arenoso, verificando que as perdas do nitrogênio adicionado ao solo começaram a ocorrer mais intensamente no final de, aproximadamente, dois meses, quando o nitrogênio amoniacal foi nitrificado. Scarsbrook (1965) relata que plantas jovens podem armazenar o excesso de nitrogênio, translocando-o para os tecidos e aproveitá-lo posteriormente, pois com aplicações tardias de nitrogênio ocorreria uma redução na eficiência de absorção e utilização do nutriente pela planta.

4.4 Nitrogênio no sistema agrícola

Segundo Dobereiner (1996), citado por Marriel (2000), o nitrogênio constitui um dos principais nutrientes que limitam a produtividade agrícola nos trópicos. Na ausência de outros fatores limitantes, a produtividade das plantas reflete a sua composição

genética para eficiência no uso de N, e ou capacidade de fixar N₂ em associação com bactérias diazotróficas, especialmente sob condições de estresse de N.

De acordo com Muzilli (1983), culturas como milho e trigo, apresentam maior deficiência de nitrogênio no sistema de plantio direto, evidenciando maior necessidade de adubação nitrogenada para culturas sob este sistema. Phillips & Young (1973) comentam haver um aumento na ordem de 20 a 25% na necessidade de nitrogênio para culturas como milho e trigo cultivados em sistema de plantio direto.

As exigências de nitrogênio no milho variam consideravelmente com os diferentes estádios de desenvolvimento da planta, sendo mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos (Arnon, 1975).

Para Cantarella (1993), a planta de milho absorve cerca de 50% do nitrogênio que necessita após o início do florescimento.

Thomas et al. (1981) atribuem, menor concentração de nitrogênio no solo no cultivo sob plantio direto, principalmente, pela menor evaporação de água devido ao efeito da cobertura e o movimento descendente da água através de macroporos, possibilitando perdas de nitrato para as camadas mais profundas.

A dinâmica do nitrogênio em Latossolo Roxo do norte do Paraná foi estudada por Heinzmann (1985), em função de plantas de cobertura do solo como a aveia preta (*Avena strigosa* SCHREB.), nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), ervilhaca peluda (*Vicia villosa* ROTH.), tremoço (*Lupinus* spp.) e trigo (*Triticum* spp.). Os menores teores de nitrato encontrados no solo, foram aqueles das parcelas com aveia preta (30 kg ha⁻¹), e os maiores teores foram encontrados nas parcelas em pousio (90 kg ha⁻¹). Aos 20 dias após o corte, os

teores de nitrato elevaram-se, atingindo valores de 60, 90 e 110 kg ha⁻¹, nas parcelas com aveia preta, tremoço branco e nabo forrageiro, respectivamente. Entretanto, as parcelas com nabo atingiram 240 kg ha⁻¹ de nitrato aos 56 dias após o corte, enquanto as parcelas com aveia tinham 110 kg ha⁻¹ de nitrato. As parcelas com aveia atingiram a máxima quantidade de nitrato entre os 120 e 160 dias após o corte. A quantidade de nitrato esteve associada com a relação C:N dos materiais. O autor observou ainda que a aveia preta proporcionou menor quantidade de nitrogênio no solo na fase inicial da cultura do milho, e maior oferta nos estádios de floração e enchimento de grãos.

Sá (1989), avaliando as respostas de milho a nitrogênio, após a cultura de aveia preta em sistema plantio direto, observou que doses mais elevadas de nitrogênio na semeadura compensaram a carência inicial do milho. Segundo Derpsch (1983), a aveia preta possui alta capacidade de extração e de acúmulo de nitrogênio na matéria seca (147 kg ha⁻¹) e neste caso, a adição de 30 kg de nitrogênio no momento da semeadura, teria reduzido o efeito da alta relação C/N, aumentando a decomposição dos resíduos com maior liberação de nitrogênio, no período de maior demanda pela planta de milho.

A calagem afeta a nitrificação, sendo notado nos solos que receberam calagem, maior disponibilidade de nitrato (Silva & Vale, 1999). Segundo Piccolo et al. (1999), a presença de nitrato no solo está relacionado com o pH do solo, e o tempo de adoção do sistema de plantio direto aumentou os teores de N total e nitrato nos solos.

Blevins et al. (1983), argumentou que a mineralização da matéria orgânica e conseqüente liberação de nitrato e sulfato, proporcionou a formação de par iônico com o cálcio, deslocando-o em profundidade e elevando a concentração deste elemento, favorecendo o desenvolvimento radicular.

Sá (1996), visando avaliar a amplitude de resposta a nitrogênio (uréia) pela cultura de milho em plantio direto, em quatro localidades na região dos Campos Gerais do Paraná, durante os anos de 1988 a 1992, não encontrou resposta em termos de aumento de produção, para valores superiores a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio. O autor sugere a aplicação de 90 kg ha^{-1} de nitrogênio, antes do manejo químico da cobertura de inverno e no plantio (30 kg ha^{-1} de N). Uma comparação entre o método acima citado e a aplicação tradicional de 30 kg ha^{-1} de N na semeadura e 90 kg ha^{-1} na cobertura, as produções médias obtidas, foram respectivamente de 7429 e 7959 kg ha^{-1} , gerando uma economia na mão de obra, pois a aplicação antecipada do insumo substituiu aquela que seria feita quando a planta apresentasse aproximadamente seis folhas.

Vitti & Favarin (1997) sugerem que o novo procedimento quanto a época de fornecimento do nitrogênio seja avaliado em diferentes regiões para melhor estimar sua eficiência, uma vez que a mesma apresenta mudança radical em termos de comportamento do nitrogênio no solo e de épocas de sua maior demanda pela cultura. Para Silva et al. (1997), as recomendações quanto a época e forma de aplicação da adubação nitrogenada, na cultura do milho, devem ser reavaliadas, principalmente quando sob sistema de plantio direto.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

5.1.1 Área Experimental

O experimento foi instalado e conduzido a campo na área experimental da Faculdade de Ciências Agronômicas - Campus de Botucatu - UNESP, no município de Botucatu - SP, na região centro-oeste do Estado situado a 22° 51' de latitude sul, 48° 26' de longitude oeste e apresentando altitude aproximada de 770 metros acima do nível do mar e com 4,5% de declividade média.

A área vinha sendo cultivada com a cultura do milho no verão, e no inverno, ora era plantada aveia preta, ora deixada em pousio.

5.1.2 Caracterização do solo na área experimental

O solo foi classificado como Nitossolo Vermelho distrófico, Unidade Lageado, textura muito argilosa, apresentando relevo ondulado e boa drenagem (Embrapa, 1999).

Os dados morfológicos dos horizontes do perfil desse solo são apresentados a seguir (Carvalho et al., 1983):

- | | |
|-----------------|--|
| Ap | 0-12 cm; vermelho ferrugem (10R 3/6 úmido), argila, granular, grande, forte, ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso, transição plana e clara. |
| B ₂₁ | 12-40 cm; vermelho (10R 4/6 úmido), argila pesada, composta por blocos subangulares médios a grandes, forte e prismática, média, moderadamente desenvolvida, cerosidade moderada, comum, duro, firme, muito plástico e muito pegajoso, transição plana e gradual. |
| B ₂₂ | 40-85 cm; vermelho (10R 4/6 úmido), argila pesada, composta por blocos subangulares e angulares, grandes e prismática, média, fortemente desenvolvida, cerosidade forte, abundante, muito duro, friável, muito plástico e muito pegajoso, transição plana e gradual. |
| B ₂₃ | 85-135 cm; vermelho (10R 4/6 úmido), argila pesada, blocos subangulares, médios, moderadamente desenvolvidos, cerosidade moderada, comum, duro, friável, muito plástico e muito pegajoso, transição plana e gradual. |

B₃ 135-200 cm; vermelho (10R 4/6 úmido), argila pesada, blocos subangulares, médios, fracamente desenvolvidos, cerosidade fraca, pouca e descontínua, ligeiramente duro, muito friável, muito plástico e muito pegajoso.

Os resultados da análise granulométrica não apresentaram variação dos teores de areia, silte e argila, sendo classificado como muito argiloso, como mostra os valores médios apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Resultado da análise granulométrica do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da instalação do experimento.

Partícula	Diâmetro (mm)	g kg ⁻¹
Areia	2,0 a 0,05	190
Silte	0,05 a 0,002	150
Argila	<0,002	660

5.1.2.1 Fertilidade do solo

Houve necessidade da aplicação de 2,3 ton de calcário dolomítico (PRNT = 95%) em superfície na área experimental, para elevar a saturação por bases (V%) para 70%, de acordo com os resultados da análise química do solo mostrados no Quadro 2 (Raij et al., 1996).

Quadro 2: Resultados das análises químicas do solo da área experimental, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, antes da implantação dos tratamentos.

Cam.	pH em	M.O.	P resina	H ⁺ +Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V
(cm)	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						(%)
0-20	4,7	24	6	42	1,74	18	10	29	72	41

Metodologia descrita por Raij & Quaggio (1983)

5.1.3 Insumos agrícolas

5.1.3.1 Sementes

Para a instalação do experimento, foram utilizadas sementes de aveia preta, para cobertura de inverno, e milho da marca comercial Cargill 333B, sendo suas características:

- Híbrido Simples modificado
- Semiprecoce;
- Endosperma semiduro;
- Cor amarelo - laranja

5.1.3.2 Fertilizantes

De acordo com os resultado da análise do solo, e também das doses de nitrogênio para cada tratamento, foi feita a mistura dos adubos para que se chegasse a fórmula correta para cada tratamento (Raij et al., 1996). Foram utilizados os seguintes tipos de fertilizantes:

- Uréia como fonte de nitrogênio.

- Superfosfato simples como fonte de fósforo (90 kg ha^{-1} de P_2O_5 na semeadura);
- Cloreto de potássio como fonte de potássio (50 kg ha^{-1} de K_2O na semeadura).

5.1.3.3 Herbicidas

O herbicida aplicado em pré-plantio foi o Glyphosate (Agrisato – p.a. = 480 g L^{-1}), na dose de 2,4 litros do princípio ativo por hectare e o 2,4 – D, sal Dimetilamina (DMA 806 BR – p. a. = 670 g L^{-1}), na dose de 1,35 litros do ingrediente ativo por hectare. Foram utilizados 30 ml/100 l de calda de Extravon (classificado como espalhante adesivo do grupo químico dos alquilfenoletoxilados), aplicado com o Agrisato mais DMA 806 BR.

Em pós-emergência, para controlar as plantas invasoras na cultura do milho, foi efetuada a aplicação de simazine e atrazine (Triamex) nas doses de 1,5 litros dos princípios ativos por hectare, aos 10 dias depois da semeadura (D.D.S).

5.1.3.4 Inseticida

Houve a necessidade de duas aplicações de Chlorpyrifós (Lorsban - p.a. = 480 g L^{-1}), na dose de 0,48 litros do princípio ativo por hectare, para o controle da lagarta do cartucho (*Agrotis ipsylon*).

Foi usado também, durante o desenvolvimento da cultura, isca formicida Mirex-S (sulfluramida) para o controle de formigas cortadeiras (Saúvas).

5.1.4 Máquinas e equipamentos agrícolas

5.1.4.1 Tratores

- Trator marca Massey Ferguson modelo 265, com tração 4x2, potência de 51 cv (37 kW) no motor e massa em ordem de marcha de 1990 kg.
- Trator marca Massey Ferguson, modelo MF 275 com tração 4 x 2, potência máxima de 55,2 kW (75 cv) no motor a 2000 rpm e massa em ordem de marcha com lastro de 3.600 kg.

5.1.4.2 Equipamentos agrícolas

- Rolo-faca de arrasto, fabricante Dobruski e Cia. Ltda., modelo LS 2000, constituído por dois rolos, sendo que cada um apresenta diâmetro de 60 cm, largura de 2 m, facas com altura de 10 cm e ângulo de inclinação de 45°. O rolo anterior apresenta 10 facas e o posterior 7 facas. A massa de cada rolo cheio de água é em torno de 650 kg.
- Semeadora-adubadora hidráulica, marca Tatu-Marchesan, modelo T2SI, sistema de transmissão por correntes e engrenagens intercambiáveis, sistema hidráulico constituído de um atuador hidráulico com regulagem de curso mecânico, distribuição de sementes tipo pratos perfurados horizontais e intercambiáveis, compactadores com banda de rodagem de borracha flexível, distribuição de adubo tipo rosca sem-fim, os quais giram na posição horizontal, peso da máquina de 656 kg, capacidade em quilos de adubo de 50 kg/linha e de semente de 34 L/linha respectivamente, e disco de corte corrugado como acessório.

- Roçadora de marca Kamaq, modelo NCR 170 LC, centralizada em relação à linha de deslocamento, acoplada ao trator pelo engate de três pontos, e acionada pela tomada de potência. Esta apresenta as seguintes características: largura de corte de 1520 mm; raio de giro das lâminas de 760 mm; comprimento das lâminas de 570 mm; rotação do rotor a 540 rpm de 1022 mm; tipo de transmissão direta por caixa de engrenagem multiplicadora; sistema de proteção de disco duplo de embreagem; altura de corte de 200 mm; largura total de 1800 mm; comprimento de 2000 mm; regulagem da altura de corte por patins deslizantes ou rodas traseiras; peso aproximado de 350 kg.

- Pulverizador marca Jacto, modelo Condor M12, com barra de 12 m de comprimento, provida com 24 bicos espaçados de 50 cm entre si, acoplado pelo engate de três pontos e acionado pela tomada de potência do trator marca Massey Ferguson modelo 275, utilizado nas operações de aplicação de herbicida e inseticida.

5.1.5 Equipamentos e material para demarcar as parcelas e instalar o experimento

Para demarcar as parcelas e instalar o experimento, foram utilizados: trena de 50 m de comprimento, 240 estacas de madeira com 1,5 m de comprimento, e marreta.

5.1.6 Equipamento e material para coletar amostras e realizar as determinações das variáveis estudadas

5.1.6.1 Determinação da produção de matéria seca da cobertura

Para determinar esta variável, empregou-se um quadrado de madeira com abertura de 0,36 m², tesoura de poda, sacos de papel, estufa e balança elétrica.

5.2 Métodos

5.2.1 Tratamentos e delineamento experimental

Foram utilizados nove tratamentos resultantes da combinação de três doses de nitrogênio no plantio e três em cobertura, como apresentado no Quadro 3. Foram ainda incluídos dois tratamentos controle. O primeiro só com a adubação normal de fósforo e potássio, sem nitrogênio, calculados através da análise de fertilidade da área (Quadro 2), e o segundo, seguindo a recomendação de nitrogênio para o Estado de São Paulo, para se obter alta produtividade (Raij et al., 1996).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com tratamentos em esquema fatorial 3x3 ou 3² com cinco repetições (Banzato & Kronka, 1992), totalizando 45 parcelas, mais dois tratamentos controle, também com cinco repetições, totalizando 55 parcelas.

Cada parcela possuía uma área de 80 m² (8 m de largura por 10 de comprimento), além de carregadores de 10 m entre parcelas e 5 m entre blocos para o trânsito

de máquinas.

Quadro 3 : Doses e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho

TRATAMENTO	N no plantio (kg ha ⁻¹)	N em cobertura (kg ha ⁻¹)	Total de N aplicado (kg ha ⁻¹)
1	30	30	60
2	30	60	90
3	30	90	120
4	60	30	90
5	60	60	120
6	60	90	150
7	90	30	120
8	90	60	150
9	90	90	180

CONTROLE	N no plantio (kg ha ⁻¹)	N em cobertura (kg ha ⁻¹)	Total de N aplicado (kg ha ⁻¹)
T1	0	0	0
T2	30	120	150

A sequência de atividades para a instalação e condução do experimento encontra-se resumida no Quadro 4.

5.2.2. Instalação e condução do experimento

Quadro 4: Sequência de atividades para a instalação e a condução do experimento.

Datas	Dias em relação à semeadura do milho do milho	Atividades
15/04/98	237 DAS ¹	- semeada a aveia
13/08/98	118 DAS	- manejo da aveia com rolo-faca
20/08/98	110 DAS	- massa seca da cobertura morta
02/09/98	94 DAS	- realizada a calagem em superfície
04/09/98	96 DAS	- estaqueamento da área
01/10/98	69 DAS	- massa seca da cobertura por parcela
15/10/98	55 DAS	- coleta de solo para análise de nitrato - 1ª avaliação
09/12/98	0	- adubação e semeadura
18/12/98	9 DDS ²	- aplicação de pós emergente
20/01/99	42 DDS	- adubação de cobertura
23/01/99	45 DDS	- estaqueada área para medição de altura das plantas
24/01/99	46 DAS	- medição da altura de plantas - 1ª avaliação*
25/01/99	47 DAS	- avaliação com o clorofilômetro - 1ª avaliação
		- coleta de plantas para matéria seca e análise de nutrientes
26/01/99	48 DDS	- aplicação de inseticida
05/02/99	58 DDS	- aplicação de inseticida
12-18/02/99	65 -71 DDS	- trabalho de laboratório
02-04/03/99	83 - 85 DDS	- medição da altura de plantas - 2ª avaliação***
		- medição de diâmetro do colmo
		- medição da altura da 1ª espiga
04-05/03/99	85 - 86 DDS	- coleta de solo para análise de nitrato - 2ª avaliação
		- resistência do solo à penetração
		- amostragem da densidade do solo
05-06/03/99	86 - 87 DDS	- avaliação com o clorofilômetro - 2ª avaliação
		- coleta de folhas para avaliação do estado nutricional
07-08/03/97	88 - 89 DDS	- coleta de plantas para matéria seca e análise de nutrientes
20/05/99	162 DDS	- colheita de milho para determinação do rendimento de grãos
24/05/99	166 DDS	- estande final
08-09/07/99	210 - 211 DDS	- coleta de solo para análise de nitrato - 3ª avaliação
12/08/99	245 DDS	- trilhado o milho

¹ Dias Antes da Semeadura ² Dias Depois da Semeadura * Altura da inserção da última folha completamente estendida (2ª folha); ** Altura da inserção da última folha completamente estendida (5ª folha); *** Altura da inserção da folha “bandeira”

Em abril de 98 a área experimental foi semeada com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) para a formação da cobertura morta, sendo a mesma rolada com rolo faca em agosto. A calagem foi realizada em superfície em toda a área, para se elevar a saturação de bases à 70%.

O milho foi semeado no dia 09 de dezembro de 1998 e o espaçamento adotado foi o de 0,90 m entre linhas, em média 6 sementes por metro de linha, a uma profundidade de 3,5 cm aproximadamente. A semeadura foi feita mecanicamente através de uma semeadora-adubadora modelo T2SI da marca Tatu (Marchesan).

A adubação de cobertura (uréia) foi realizada aos 42 DDS (dias depois da semeadura), sendo feita manualmente em cada parcela.

A precipitação pluviométrica foi obtida pela leitura do pluviômetro instalado aproximadamente a 50 m da área experimental. A Figura 1 apresenta a precipitação pluviométrica, e a Figura 2 apresenta o balanço hídrico.

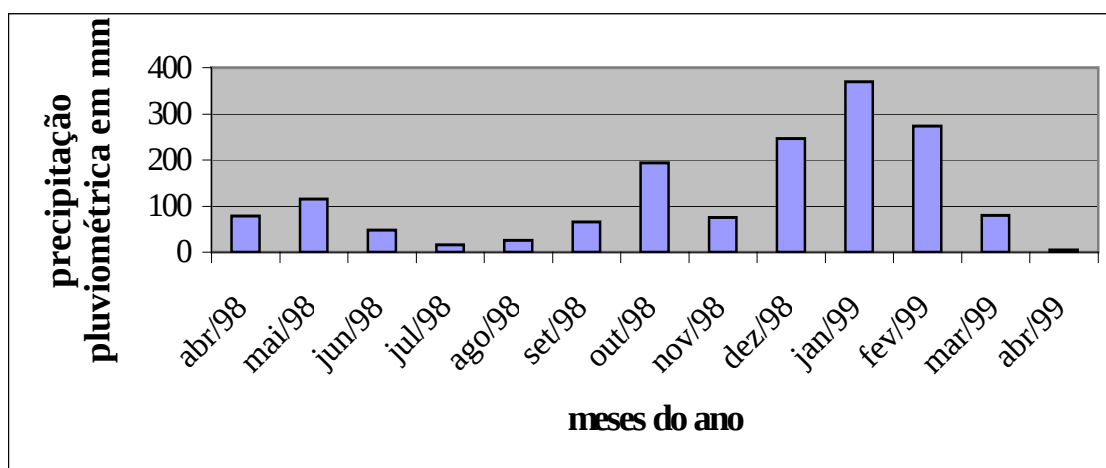


Figura 1: Precipitação pluviométrica durante o período experimental.

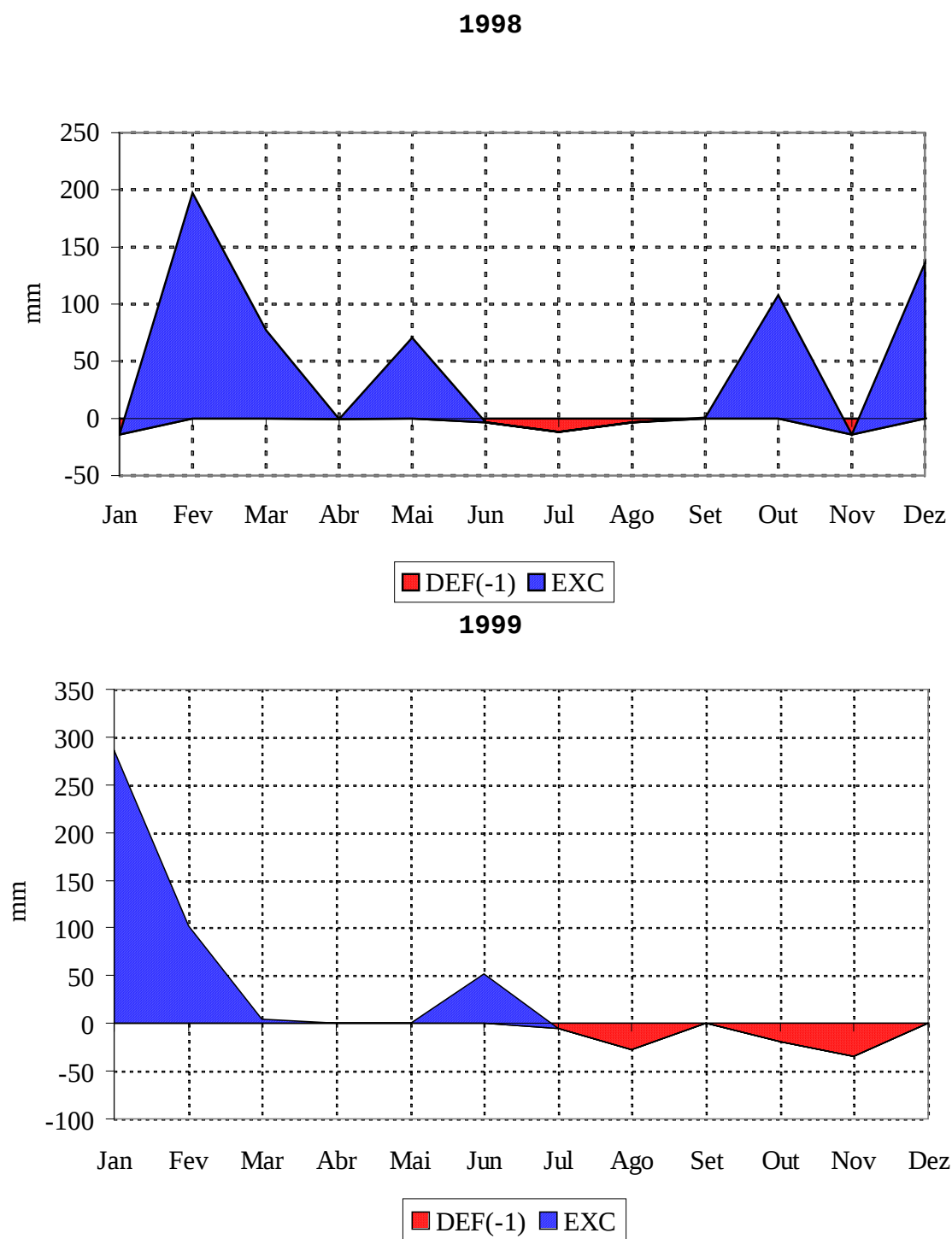


Figura 2. Balanço hídrico mensal referente aos anos de 1998 e 1999, obtido no Departamento de Recursos Naturais da FCA - UNESP.

5.2.3 Caracterização do solo

5.2.3.1 Análise granulométrica do solo

Na camada de 0 a 20 cm de profundidade, foram coletadas 40 sub-amostras na área, resultando em uma amostra composta.

A análise granulométrica foi realizada pelo laboratório de Física de Solo, do Departamento de Recursos Naturais, área de Ciência do Solo, FCA/UNESP.

5.2.4 Determinações relacionadas à cobertura vegetal

5.2.4.1 Massa seca da cobertura morta

Foram coletadas duas sub-amostras por parcela, utilizando-se o quadrado de 0,6 m x 0,6 m (0,36 m²), totalizando 0,72 m².

As amostras, devidamente identificadas, foram levadas à estufa, com circulação de ar forçada, permanecendo por 72 horas a 60°C até obtenção de peso constante, para posterior pesagem.

5.2.4.2 Concentração de nutrientes da cobertura

O mesmo material coletado no item anterior foi moído em moinho de faca tipo Willey, e posteriormente foram determinados os teores de nutrientes, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

5.2.5 Determinações relacionadas à cultura do milho

5.2.5.1 Massa seca da parte aérea do milho e análise de nutrientes.

Para a determinação da massa seca da parte aérea do milho, foram coletadas 5 plantas aleatórias por parcela no estágio de 6 folhas. No florescimento, foram coletadas 3 plantas por parcela, e no período de 110 dias, foram também coletadas 3 plantas por parcela.

Os materiais coletados foram levados à estufa, com circulação de ar forçada, permanecendo por 72 horas a 60°C, sendo pesados, moídos e realizadas as análises químicas segundo Malavolta et al. (1997).

5.2.5.2 Avaliação do estado nutricional

No florescimento, foram coletadas 10 folhas de milho aleatórias por parcela, sendo posteriormente levadas à estufa, com circulação de ar forçada, permanecendo por 72 horas a 60°C. Estas posteriormente foram moídas e analisadas segundo Malavolta et al (1997).

5.2.5.3 Altura de plantas

A altura de plantas foi medida em cada parcela, constituindo-se de 2 sub-amostras de 2 metros lineares, e estas foram marcadas com piquetes para as avaliações, durante o ciclo da cultura, sendo avaliado a altura da inserção da última folha completamente estendida. Foram realizadas duas avaliações durante o ciclo da cultura:

1ª avaliação: seis folhas completamente estendidas (47 DAS – dias antes da semeadura);

2ª avaliação: altura da inserção da folha “bandeira” no florescimento (83 DDS). Utilizou-se um cano de PVC graduado (Bicudo¹, 1997).

5.2.5.4 Altura da primeira espiga

A amostragem corresponde à mesma da determinação da altura de plantas, sub-item 3.2.6.3.

Fez-se a medição da altura da primeira espiga com o auxílio de uma régua graduada.

5.2.5.5 Diâmetro de colmo

A amostragem corresponde à mesma da determinação da altura de plantas, sub-item 3.2.6.3.

Com um paquímetro determinou-se o diâmetro de colmo a 15 cm de altura do solo, aos 83 DDS (florescimento).

5.2.5.6 Produtividade de grãos da cultura

A produtividade da cultura, em quilogramas por hectare, foi obtida a partir das espigas coletadas de quatro sub-amostras de 3 metros, das quatro linhas centrais da parcela, totalizando 10,8 m² de área útil.

BICUDO, S. J. (Departamento de Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP – Campus de Botucatu). Comunicação pessoal, 1997.

Após a trilha dos grãos de cada sub-amostra, pesaram-se estes. O teor de água dos grãos foi determinado pelo método gravimétrico, pesando-se uma quantidade de grãos de cada sub-amostra após a trilha e após a secagem em estufa elétrica.

A produtividade (kg ha^{-1}) da cultura foi ajustada para o peso de grãos correspondente a 13% de umidade.

5.2.5.7 Parâmetros de produção

Para determinação dos parâmetros de produção, utilizou-se um paquímetro eletrônico para medir o diâmetro do terço médio de 10 espigas por parcela, uma régua graduada em centímetros para determinação do comprimento de 10 espigas por parcela, e foi contado o número de fileiras de grãos de milho.

5.2.5.8 Estande da cultura

Determinou-se a estimativa de estande inicial, através da mesma amostragem feita para altura de plantas. Para o estande final, determinou-se a estimativa através da mesma amostragem feita para a produtividade, calculando-se a população por hectare.

5.2.6 Determinações relacionadas ao sistema

5.2.6.1 Análise de nitrogênio total e nitrato no solo

Foram feitas duas subamostragens na entrelinha da cultura para determinação de nitrato nas profundidades de 0-20cm; 20-40cm; 40-60 cm por parcela, utilizando-se um trado de rosca.

- No florescimento (86 DDS);
- Após a colheita do milho (211 DDS).

As amostras devidamente identificadas foram guardadas no freezer, e posteriormente encaminhadas para serem feitas as análises.

Os teores de N total e nitrato, foram determinados por meio de um destilador de arraste de vapor semimicro Kjeldahl (Destilador de Nitrogênio, MA036, MARCONI[®]) segundo metodologia de Keeney & Nelson (1982).

5.2.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, no nível 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa computacional Estat (Sistema para análises estatísticas, v. 2.0), desenvolvido pelo Pólo Computacional/Departamento de Ciências Exatas/FCAV/UNESP – Jaboticabal.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estatísticos da análise de variância obtidos estão apresentados na forma de Quadros, assim como o desdobramento das interações dentro de cada fator estudado.

6.1 Avaliações da cobertura do solo

6.1.1 Massa seca da parte aérea da cobertura vegetal antes da instalação dos tratamentos

A aveia-preta foi implantada com o intuito de se produzir fitomassa para o início do plantio direto. A aveia não foi adubada, para que não houvesse interferência em nenhuma parcela dos tratamentos. Observando-se o quadro 5, verifica-se que a massa de matéria seca da cobertura vegetal não apresentou diferenças significativas, mostrando que a distribuição da palha na área experimental apresentava-se homogênea, antes da instalação dos tratamentos. A aveia acumulou 2.468 kg ha^{-1} de massa seca na parte aérea, valor este abaixo

do obtido por Silva (2000) em área próxima ao experimento, que obteve 4.800 kg ha⁻¹ em condições de plantio direto.

A relação C:N média de 43,7 apresentada pela aveia no Quadro 5, mostrou-se próxima às obtidas por Monegat (1991), que trabalhando com diversas plantas para adubação verde, encontrou valor 42,37 para a relação C:N da aveia.

A relação C:N apresentada pela aveia no Quadro 6, aliado ao baixo pH do solo (Quadro 2), pode ter ocasionado uma menor disponibilidade de nitrogênio nos estádios iniciais da cultura do milho, devido a menor taxa de mineralização da matéria orgânica. Segundo Bortolini et al., (1998), pelo fato da palha de aveia apresentar alta relação C:N, os microorganismos retiram nitrogênio do solo, provocando imobilização temporária. Isto diminui a disponibilidade de nitrogênio para as culturas cultivadas em sucessão, ocasionando deficiência deste nutriente, fato este também comprovado por Pauletti (2000) e Heinzmann (1985).

Tisdale et al., (1993), relatam que as condições de acidez do solo podem diminuir sensivelmente a população de microorganismos que atuam nas reações de mineralização, nitrificação e desnitrificação.

Quadro 5. Valores médios obtidos na avaliação da matéria seca da aveia preta.

Tratamentos	Cobertura aveia	Quantidade de nitrogênio	Relação C:N⁽¹⁾
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	
N semeadura			
30	2429,5	22,2	43,8
60	2544,3	23,1	44,1
90	2431,8	22,5	43,2
N cobertura			
30	2503,2	23,2	43,2
60	2443,3	22,5	43,5
90	2459,1	22,3	44,1
Controle			
Controle (T1)	2053,0	18,5	44,4
Média	2468,5	22,6	43,7
Valor de F			
N semeadura (S)	0,08ns		
N cobertura (C)	0,02ns		
S X C	0,35ns		
Controle	3,02ns		
C.V (%)	36,70		

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

⁽¹⁾ Considerando que 40% da massa seca é carbono (Basso 1999).

6.1.2 Extração de nutrientes da cobertura vegetal

Os resultados da análise química da cobertura vegetal (Aveia-preta) presentes nos Quadros 6 e 7 mostraram haver uma homogeneidade nos teores de nutrientes obtidos, caracterizando uma cobertura vegetal homogênea em todas as parcelas dos tratamentos.

Quadro 6. Concentrações médias de macronutrientes na parte aérea da aveia preta.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹					
N semeadura						
30	9,13	1,03	2,87	3,67	1,33	1,28
60	9,07	1,01	3,07	3,80	1,37	1,24
90	9,33	1,04	3,33	3,47	1,25	1,23
N cobertura						
30	9,27	0,98	3,20	3,60	1,33	1,23
60	9,20	1,05	2,93	3,60	1,25	1,28
90	9,07	1,05	3,13	3,73	1,37	1,23
Controle						
T1	9,00	1,08	3,40	3,80	1,24	1,38
T2	8,80	0,98	3,00	3,60	1,24	1,08
Valor de F						
N semeadura (S)	0,16ns	0,06ns	1,20ns	0,56ns	1,77ns	0,09ns
N cobertura (C)	0,09ns	0,53ns	0,42ns	0,12ns	1,64ns	0,08ns
S X C	1,01ns	0,54ns	1,97ns	2,16ns	0,15ns	0,57ns
Controle	0,06ns	0,54ns	0,58ns	0,13ns	0,01	1,73ns
C.V (%)	14,74	21,04	26,66	23,70	13,52	28,95

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro7. Concentrações médias de micronutrientes na parte aérea da aveia preta.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹				
N semeadura					
30	10,20	16,33	6033,3	298,20	38,93
60	8,87	17,00	6226,7	279,60	39,20
90	9,93	15,47	5486,7	267,40	37,00
N cobertura					
30	10,13	16,20	5673,3	280,60	37,47
60	9,27	16,60	6446,7	282,93	37,20
90	9,60	16,00	5626,7	281,70	40,47
Controle					
T1	10,20	16,60	6460,0	316,00	40,80
T2	9,20	18,20	6340,0	260,40	35,00
Valor de F					
N semeadura (S)	3,21ns	0,17ns	0,18ns	1,25ns	0,33ns
N cobertura (C)	1,23ns	0,03ns	0,27ns	0,01ns	0,74ns
S X C	1,86ns	0,92ns	0,78ns	0,39ns	0,63ns
Controle	1,08ns	0,12ns	0	2,67ns	1,27ns
C.V (%)	15,76	43,96	57,70	19,02	21,27

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

6.2 Determinações relacionadas à cultura do milho

6.2.1 Massa seca da parte aérea do milho

De acordo com os dados para massa da matéria seca (Quadro 8), observou-se efeito significativo somente para o fator semeadura, na primeira avaliação aos 47 dias depois da semeadura (DDS) e na terceira avaliação aos 110 DDS.

A menor massa de matéria seca apresentada na terceira avaliação deve-se ao fato de que em geral, nesta fase da cultura (110 DDS), já se começou a diminuir a massa

de matéria seca da planta devido à senescência de algumas folhas (Büll, 1993). Segundo Villela (1999), plantas supridas com nitrogênio tiveram senescência mais precoce, devido provavelmente ao tamanho dos órgãos-dreno (espiga) nestas plantas, que utilizaram mais intensamente as folhas como fonte de nutrientes e assimilados, resultando também em maior produção.

O controle T1 (0 kg ha^{-1} de nitrogênio na semeadura e 0 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura) apresentou massa inferior aos demais tratamentos em todas as avaliações, mostrando a importância da adubação nitrogenada em relação a um maior aporte de matéria seca da planta de milho.

Villela (1999), trabalhando com duas doses de nitrogênio e quatro fontes, também encontrou menor massa da matéria seca para o tratamento testemunha, evidenciando o efeito positivo da adubação nitrogenada em relação à matéria seca. Ainda segundo o autor, não foi observado efeitos significativos para as diferentes doses de uréia aplicada.

Quadro 8. Valores médios obtidos para massa de matéria seca do milho em três épocas de amostragem.

Tratamentos	PRIMEIRA AVALIAÇÃO	SEGUNDA AVALIAÇÃO	TERCEIRA AVALIAÇÃO
kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	
N semeadura			
30	1100,93 b	11146,53	7926,73 ab
60	1474,07 ab	11242,27	6914,07 b
90	1667,13 a	12405,73	8560,27 a
N cobertura			
30	1363,53	11180,93	7809,13
60	1456,33	11628,07	7432,80
90	1422,27	11985,53	8159,13
Controle			
T1	909,60	9506,20	6724,00
T2	1169,20	10249,80	8135,00
Valor de F			
N semeadura (S)	5,88**	1,77ns	5,21**
N cobertura (C)	0,16ns	0,59ns	1,00ns
S X C	1,32ns	0,59ns	2,43ns
Controle	0,80ns	0,33ns	2,51ns
C.V (%)	34,17	18,06	18,23

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

6.2.2 Nutrientes da parte aérea do milho nas três avaliações

Os teores de nutrientes na parte aérea do milho nas três avaliações (47, 88, 110 DDS) encontram-se nos Quadros 9, 10, 11, 12, 13 e 14, e não houve diferenças significativas para nenhum dos tratamentos. Observou-se efeito significativo somente para a interação semeadura x cobertura, para o nutriente cálcio na terceira avaliação.

O Quadro 15 apresenta o desdobramento da interação semeadura x cobertura para o cálcio. Houve resposta para o cálcio na semeadura, quando se aplicou 30 kg

ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, não se verificando resposta significativa para os demais tratamentos. O cálcio desempenha um papel preponderante na assimilação dos nitratos segundo Büll (1993), possivelmente isto possa explicar o elevado teor de cálcio na parte aérea do milho nas três avaliações, e o fato deste elemento não ter decrescido na planta, pois ainda segundo Büll (1993), as plantas apresentam no final do ciclo praticamente a metade da quantidade acumulada desse nutriente.

No entanto o controle T1 (0 kg ha⁻¹ de nitrogênio na semeadura e 0 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura), também apresentou alto teor de cálcio na parte aérea, não apresentando diferença estatística em relação ao controle T2 (30 kg ha⁻¹ de nitrogênio na semeadura e 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura), (Quadros 9, 11 e 13). Isto pode ter ocorrido devido ao fato de que foram aplicados 2,3 t ha⁻¹ de calcário em superfície em setembro de 98 conforme item 5.1.2.1, fazendo com que o pH na camada de 0 a 5 cm fosse aumentado disponibilizando uma maior quantidade do nutriente para a planta.

Os teores de nutrientes em geral são maiores na época da primeira avaliação (47 DDS), provavelmente devido ao fato de que a planta neste estágio apresentava menor altura (Quadro 9) e conseqüentemente menor massa, estando os nutrientes mais concentrados, sendo que nas avaliações posteriores, os mesmos estavam mais diluídos na planta. Segundo Büll (1993), o conteúdo porcentual de nitrogênio nos tecidos de plantas jovens de milho é maior que nas outras fases do ciclo de crescimento, embora seja baixa a necessidade do nutriente, em razão do pequeno porte das plantas. Entretanto segundo Karlen et al. (1988), a redução na quantidade de nitrogênio acumulada nos estádios finais da cultura, pode ter como causa perdas do nutriente por volatilização. De acordo com Farquahar et al.

(1979), ocorrem perdas gasosas de NH_3 através das folhas pelo aumento da proteólise durante a senescência.

O elevado teor de potássio na primeira avaliação aos 47 DDS (Quadro 9) está de acordo com Gamboa (1980), citado por Büll (1993), que observou uma maior taxa de acúmulo de potássio nos primeiros 30-40 dias, sugerindo uma maior necessidade de potássio em relação ao nitrogênio e ao fósforo, como um elemento de arranque. Já para Vasconcellos et al. (1983), no final do ciclo de desenvolvimento, as plantas de milho apresentaram-se com apenas metade da quantidade máxima de potássio extraído, indicando perda do nutriente devido, provavelmente, à lavagem do íon e à degenerescência de células e tecidos.

Um fator que pode ser considerado importante, exercendo influência em relação à absorção dos nutrientes pelas plantas de milho é o baixo pH do solo, conforme observado no Quadro 2.

Em solos de baixo pH, ocorre uma diminuição da nitrificação e da mineralização, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio para as plantas. Em contrapartida, segundo Tisdale et al., 1993, a quantidade de absorção de nitrato é usualmente alta e é favorecida por condições de baixo pH. Quando as plantas absorvem alta quantidade de nitrato, há um aumento na síntese de ânions orgânicos dentro da planta, acompanhado de um aumento correspondente no acúmulo de cátions inorgânicos (Ca, Mg, K), já a adição de cálcio solúvel juntamente com amônio melhorou ligeiramente a eficiência de absorção de N pela planta em um solo ácido, enquanto diminuiu a eficiência em um solo alcalino, (Hons & Aljoe., 1985).

Quadro 9. Concentração média de macronutrientes na parte aérea do milho na época da primeira amostragem

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹					
N semeadura						
30	22,33	2,33	38,80	3,67	2,93	1,68
60	21,07	2,14	35,80	3,60	2,97	1,54
90	21,70	2,10	37,27	3,93	3,17	1,42
N cobertura						
30	21,87	2,31	38,13	3,73	3,00	1,67
60	22,13	2,19	35,80	3,73	3,07	1,49
90	21,07	2,10	37,93	3,73	3,00	1,48
Controle						
T1	21,40	2,18	35,80	3,60	2,86	1,44
T2	20,60	2,18	36,60	3,80	2,88	1,32
Valor de F						
N semeadura (S)	1,23ns	1,08ns	0,76ns	0,74ns	0,70ns	2,16ns
N cobertura (C)	0,95ns	1,00ns	0,57ns	0,01	0,09ns	1,54ns
S X C	0,88ns	0,38ns	1,25ns	0,58ns	1,05ns	0,75ns
Controle	0,33ns	0,01	0,04ns	0,16ns	0,01	0,31ns
C.V (%)	10,24	20,66	17,95	21,34	19,55	22,61

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 10. Concentração média de micronutrientes na parte aérea do milho na época da primeira amostragem

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹				
N semeadura					
30	16,07	9,47	767,2 a	80,73	31,80
60	13,80	9,80	511,33 ab	80,07	30,53
90	13,67	9,20	432,27 b	90,33	34,33
N cobertura					
30	15,13	9,60	575,53	82,87	30,40
60	14,07	9,53	514,67	85,07	31,67
90	14,33	9,33	620,60	83,20	34,60
Controle					
T1	16,20	9,80	696,9	83,60	31,00
T2	15,20	10,40	720,20	77,20	33,00
Valor de F					
N semeadura (S)	2,98ns	0,50ns	3,63*	1,40ns	1,24ns
N cobertura (C)	0,50ns	0,11ns	0,33ns	0,06ns	1,54ns
S X C	1,46ns	0,70ns	0,66ns	0,27ns	0,77ns
Controle	0,27ns	0,33ns	0,01ns	0,29ns	0,22ns
C.V (%)	20,55	17,12	59,80	22,60	20,87

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 11. Concentração média de macronutrientes na parte aérea do milho na época da segunda amostragem

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
kg ha ⁻¹		g kg ⁻¹				
N semeadura						
30	16,60	1,30	15,53	5,00	2,75	1,35 b
60	16,47	1,23	15,93	5,33	2,93	1,41 ab
90	16,73	1,31	15,80	5,33	3,03	1,55 a
N cobertura						
30	16,47	1,29	15,60	5,40	2,89	1,44
60	16,40	1,31	15,13	5,00	2,81	1,39
90	16,93	1,25	16,53	5,27	3,01	1,49
Controle						
T1	14,80	1,06	14,40	5,20	2,36	1,12
T2	15,80	1,06	15,80	5,00	2,58	1,26
Valor de F						
N semeadura (S)	0,07ns	0,36ns	0,21ns	1,72ns	1,89ns	3,22*
N cobertura (C)	0,33ns	0,14ns	2,51ns	1,92ns	0,91ns	0,67ns
S X C	0,99ns	1,05ns	0,45ns	0,79ns	1,42ns	0,26ns
Controle	0,66ns	0,05ns	1,62ns	0,31ns	0,73ns	1,00ns
C.V (%)	11,89	22,32	11,14	10,94	14,45	15,87

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 12. Concentração média de micronutrientes na parte aérea do milho na época da segunda amostragem.

Tratamentos	B	Cu	Mn	Zn
kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹			
N semeadura				
30	16,60	9,40	92,87 b	31,47
60	16,47	9,53	105,07 ab	31,13
90	17,07	9,60	107,93 a	30,73
N cobertura				
30	16,47	9,13	99,13	29,87
60	16,00	9,33	102,9	31,87
90	17,67	10,07	103,80	31,60
Controle				
T1	16,60	8,20	88,40	29,20
T2	16,40	8,40	100,80	31,80
Valor de F				
N semeadura (S)	0,30ns	0,11ns	4,93*	0,12ns
N cobertura (C)	2,27ns	2,57ns	0,47ns	1,09ns
S X C	1,07ns	1,29ns	0,96ns	0,60ns
Controle	0,02ns	0,07ns	1,97ns	1,04ns
C.V (%)	13,26	12,77	13,87	12,99

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 13. Concentração média de macronutrientes na parte aérea do milho na época da terceira amostragem

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹			g kg ⁻¹		
N semeadura						
30	8,07	0,71	13,87	5,13	2,93 b	1,00
60	7,80	0,61	13,67	5,13	3,21 ab	1,07
90	8,60	0,68	13,40	5,26	3,39 a	1,05
N cobertura						
30	7,67	0,63	13,40	5,20	3,15	1,01
60	8,40	0,67	13,40	5,13	3,25	1,01
90	8,40	0,69	14,13	5,20	3,12	1,09
Controle						
T1	5,80 b	0,64	12,00b	5,20	2,80	0,94 b
T2	9,00 a	0,72	14,20a	5,20	2,80	1,18 a
Valor de F						
N semeadura (S)	1,16ns	1,30ns	0,28ns	0,29ns	4,58*	0,65ns
N cobertura (C)	1,25ns	0,37ns	0,93ns	0,07ns	0,42ns	0,99ns
S X C	1,16ns	1,62ns	0,90ns	2,61*	1,28ns	1,56ns
Controle	11,89**	0,52ns	4,17*	0	0	5,33*
C.V (%)	18,30	26,34	12,58	10,60	13,51	15,78

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 14. Concentração de nutrientes na parte aérea do milho na época da terceira amostragem

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹				
N semeadura					
30	13,73	11,60 b	170,40	101,13	27,27
60	13,13	11,67 ab	222,33	144,87	23,87
90	13,53	13,27 a	207,67	105,60	27,93
N cobertura					
30	13,27	11,67	219,87	142,80	26,07
60	13,53	11,87	178,13	104,80	25,47
90	13,60	13,00	202,40	104,00	27,53
Controle					
T1	13,40	9,80 b	246,00	106,60	27,80
T2	13,80	12,60 a	199,80	109,20	29,00
Valor de F					
N semeadura (S)	0,46ns	4,06*	0,83ns	0,92ns	2,29ns
N cobertura (C)	0,15ns	2,36ns	0,51ns	0,78ns	0,54ns
S X C	1,71ns	1,39ns	3,11*	0,87ns	1,61ns
Controle	0,13ns	5,96*	0,41ns	0,01	0,12ns
C.V (%)	12,87	15,12	55,87	84,08	20,88

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 15. Desdobramento da interação N em semeadura x N em Cobertura referente ao nutriente cálcio na época da terceira amostragem

N na semeadura	N em cobertura			Média
	30	60	90	
kg ha ⁻¹				
30	5,00 abA	5,20 aA	5,20 aA	5,13 a
60	4,80 bA	5,20 aA	5,40 aA	5,13 a
90	5,80 aA	5,00 aA	5,00 aA	5,26 a
Média	5,20 A	5,13 A	5,20 A	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6.2.3 Nutrientes na folha diagnóstico do milho

Os teores de nutrientes nas folhas do milho no estágio de florescimento, encontram-se nos quadros 16 e 17. As plantas de milho, tomando-se por base a folha diagnóstico, de uma maneira geral estava bem nutridas, sendo que os valores dos nutrientes, exceto para o nitrogênio, estão de acordo com Malavolta et al. (1997) e Raij et al. (1996). Entre os tratamentos, verificou-se que as doses de 60 e 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio na semeadura diferiram da dose de 30 kg ha⁻¹ para o magnésio (Quadro 16). Para o enxofre, a elevação da dose de nitrogênio tanto na semeadura como em cobertura proporcionaram uma maior absorção do enxofre, provavelmente devido a uma maior mineralização da matéria orgânica, levando a uma maior liberação do SO₄²⁻, colocando-o à disposição da planta.

O teor médio de N nas folhas do milho obtido no presente trabalho (25 g kg⁻¹), foi inferior aos valores apresentados por Büll (1993) e Malavolta et al. (1997), como valores adequados para a cultura do milho.

Para o boro (Quadro 17), a dose de 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura diferiu estatisticamente das demais doses, podendo estar ligado a uma maior decomposição da palhada, disponibilizando maior quantidade de boro à planta de milho.

O Quadro 18 apresenta o desdobramento da interação semeadura x cobertura para o cálcio. Houve resposta para o cálcio na dose de 60 kg ha⁻¹ na semeadura, quando se elevou a dose em cobertura de 60 para 90 kg ha⁻¹, e mantendo-se a dose de 90 kg ha⁻¹ em cobertura, houve resposta para o cálcio, quando se elevou a dose na semeadura de 30 para 60 kg ha⁻¹.

O cálcio desempenha um papel preponderante na assimilação dos nitratos segundo Büll (1993), talvez isto possa explicar o elevado teor de cálcio na folha do milho, como observado no item 6.2.2.

Um fator que pode ser considerado importante, exercendo influência em relação à absorção dos nutrientes pelas plantas de milho é o baixo pH do solo, conforme observado no Quadro 2. Em solos de baixo pH, ocorre uma diminuição da nitrificação e da mineralização, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio para as plantas.

Quadro 16. Concentração média de macronutrientes na folha de milho no estágio de florescimento

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹					
N semeadura						
30	25,53	2,49	19,60	6,07 b	2,57 b	2,17 b
60	24,67	2,48	18,80	6,53 a	3,01 a	2,22 ab
90	25,00	2,55	19,07	6,33 ab	3,09 a	2,36 a
N cobertura						
30	24,60	2,47	19,20	6,33	2,80	2,13 b
60	25,13	2,49	19,07	6,33	2,96	2,27 ab
90	25,47	2,55	19,20	6,27	2,91	2,35 a
Controle						
T1	21,80 b	2,18 b	17,80b	6,40	2,36	1,76 b
T2	25,80 a	2,64 a	20,00a	5,80	2,52	2,32 a
Valor de F						
N semeadura (S)	0,72ns	0,38ns	1,47ns	3,59*	14,27**	3,21*
N cobertura (C)	0,72ns	0,40ns	0,05ns	0,10ns	1,19ns	4,21*
S X C	0,84ns	1,57ns	1,47ns	3,44*	2,22ns	1,03ns
Controle	10,11**	8,07**	7,15**	3,95ns	0,76ns	16,81**
C.V (%)	8,01	10,29	6,81	7,63	10,31	9,77

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 17. Concentração média de micronutrientes na folha de milho no estágio de florescimento

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
kg.ha ⁻¹	mg kg ⁻¹				
N semeadura					
30	16,00	15,60	135,8	48,00	22,80
60	16,93	14,73	126,47	48,33	21,60
90	14,53	14,87	130,00	51,60	22,27
N cobertura					
30	14,27 b	14,60	129,13	46,80	21,00
60	14,80 b	14,87	132,60	50,07	22,67
90	18,40 a	15,73	130,53	51,07	23,00
Controle					
T1	13,80 b	13,80	131,60	43,80 b	21,20
T2	18,60 a	15,80	143,00	52,00 a	22,00
Valor de F					
N semeadura (S)	1,59ns	0,97ns	0,49ns	2,13ns	0,80ns
N cobertura (C)	5,48**	1,57ns	0,07ns	2,69ns	2,53ns
S X C	0,48ns	0,49ns	2,22ns	1,04ns	1,46ns
Controle	4,17*	2,98ns	0,48ns	6,04*	0,23ns
C.V (%)	23,40	12,20	19,74	10,75	11,80

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 18. Desdobramento da interação N em semeadura x N em Cobertura referente ao nutriente cálcio

		N em cobertura			Média
N na semeadura		kg ha ⁻¹			
kg ha ⁻¹	30	60	90		
30	6,20 aA	6,20 aA	5,80 bA	6,07 b	
60	6,40 aAB	6,20 aB	7,00 aA	6,53 a	
90	6,40 aA	6,60 aA	6,00 bA	6,33 ab	
Média	6,33 A	6,33 A	6,27 A		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6.2.4. Parâmetros de crescimento

6.2.4.1. Altura de plantas de milho e altura de inserção da primeira espiga

Os valores para altura de plantas de milho e altura de inserção da primeira espiga são apresentados no Quadro 19. Verificou-se que a altura da planta aos 47 DDS, foi influenciada pelo fator nitrogênio na semeadura, sendo que com o aumento da dose de nitrogênio na semeadura, maior foi a altura de plantas. A altura da folha bandeira (84 DDS) também foi influenciada pelo fator nitrogênio em semeadura, e seguiu a mesma tendência da primeira avaliação (47DDS).

Apesar de não se ter observado diferença significativa em relação ao controle T1 e o tratamento padrão para a altura de plantas aos 47 DDS, ocorreu diferença para a altura aos 84 DDS, sendo que o controle T1 apresentou uma altura inferior em relação aos tratamentos, resultado este que concorda com Pauletti & Costa (2000) e com Escosteguy et al. (1997). Entretanto Sangoi & Almeida (1994), somente observaram efeito de doses de nitrogênio sobre a altura de plantas em ano onde houve estresse hídrico.

De acordo com o quadro 19, a altura da inserção da primeira espiga, foi influenciada pelo fator nitrogênio na semeadura, sendo que a medida que se aumentou a dose de nitrogênio na semeadura, se aumentou a altura da inserção da primeira espiga. Também houve efeito significativo para a testemunha e a adubação padrão.

Pauletti & Costa (2000), também observaram em Ponta Grossa (PR), maior altura de inserção da espiga quando aplicaram nitrogênio em relação a quando não foi aplicado, porém, Escosteguy et al.(1997), trabalhando com doses e épocas de aplicação de

nitrogênio em cobertura no milho em duas épocas de semeadura, não encontraram aumentos significativos dos tratamentos utilizados em relação à testemunha (0 kg ha^{-1} de nitrogênio).

6.2.4.2. Diâmetro do colmo

Os valores para diâmetro do colmo se encontram no Quadro 19. Os resultados demonstram que não houve efeito significativo para os tratamentos adotados. Houve, porém interação significativa entre as épocas de aplicação (semeadura e cobertura) e doses de nitrogênio. Através do Quadro 20 observa-se que mantendo a dose de 30 kg ha^{-1} de nitrogênio na semeadura houve efeito significativo e crescente para as doses em cobertura, o mesmo não ocorrendo para as demais doses em semeadura. Para a dose de 60 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura, houve diferenças significativas, quando se variou o nitrogênio na semeadura, de tal modo que a elevação da dose de nitrogênio na semeadura, promoveu diminuição no diâmetro do colmo. O colmo fino é uma característica indesejável, que associada a uma maior altura de plantas, facilita o quebramento e o acamamento (Vilella, 1999).

Quadro 19. Resultados médios de altura de plantas, altura de folha bandeira, diâmetro de colmo, altura de inserção da 1ª espiga e produtividade do milho.

Tratamentos kg ha ⁻¹	Altura da planta(47DDS) cm	Altura folha bandeira m	Diâmetro colmo mm	Altura da 1ª espiga m
N semeadura				
30	32,2 c	1,81 b	19,45	0,87 b
60	39,9 b	1,85 ab	18,83	0,92 ab
90	45,5 a	1,91 a	19,23	0,97 a
N cobertura				
30	40,8	1,87	19,01	0,92
60	38,5	1,85	19,21	0,92
90	38,4	1,86	19,30	0,92
Controle				
T1	28,4	1,69 b	17,70	0,79b
T2	33,8	1,89 a	19,18	0,92 a
Valor de F				
N semeadura (S)	17,50**	3,31*	0,85ns	5,48**
N cobertura (C)	0,71ns	0,19ns	0,16ns	0
S X C	0,53ns	1,42ns	3,67*	1,20ns
Controle	1,97ns	8,70**	3,16ns	5,70*
C.V (%)	16,37	5,75	6,92	9,48

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 20. Desdobramento da interação N em semeadura x N em Cobertura referente ao diâmetro de colmo

N na semeadura (kg ha ⁻¹)	N em cobertura (kg ha ⁻¹)			Média semeadura
	30	60	90	
30	18,12 aB	20,60 aA	19,62 aAB	19,45
60	19,76 aA	18,40 bA	18,32 aA	18,83
90	19,16 aA	18,64 abA	19,88 aA	19,23
Média cobertura	19,01	19,21	19,30	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6.2.5 Componentes da produção e produtividade

Os valores médios para componentes da produção são apresentados no Quadro 21. Os componentes da produção do milho mensurados foram: diâmetro da espiga, comprimento da espiga, número de fileiras de grãos por espiga e massa de 100 grãos.

Os valores médios para diâmetro de espiga só apresentaram diferenças significativas entre a testemunha e a adubação padrão.

Observa-se no quadro 21 que os tratamentos não foram significativos para diâmetro e comprimento da espiga e massa de 100 grãos. O número de fileiras de grãos por espiga foi influenciado somente pelo fator N em cobertura.

Pauletti & Costa (2000), trabalhando com época de aplicação de nitrogênio em milho cultivado em sucessão à aveia preta no sistema plantio direto, não encontraram resposta para a aplicação de nitrogênio na semeadura em relação a massa de mil grãos.

Não houve diferença significativa entre o controle T1 e o adubação padrão (controle T2) para a massa de 100 grãos, concordando com Escosteguy et al. (1997), e discordando de Pauletti & Costa (2000), que encontraram diferença significativa entre a testemunha (0 kg ha^{-1} de nitrogênio), e os outros tratamentos em Ponta Grossa.

Sangoi & Almeida (1994), observaram correlação linear entre dose de nitrogênio e massa de mil grãos, atribuindo tal efeito à manutenção da atividade fotossintética por um maior período, com conseqüente maior aporte de nitrogênio para a cultura.

Segundo Arnon (1975), embora haja pouca absorção de nitrogênio na fase inicial do milho, sua deficiência em plantas jovens de milho causa a redução do número de fileiras de grãos por espiga, conseqüentemente diminuindo o rendimento da cultura. Isto

ficou bem evidenciado no Quadro 21, onde o controle T1 apresentou menor número de fileiras em relação ao tratamento padrão e aos tratamentos.

Os resultados de produtividade presentes no Quadro 21 mostram que não houve diferenças significativas para os tratamentos de nitrogênio na semeadura e em cobertura, porém, houve efeito significativo para a interação entre as épocas de aplicação (semeadura e cobertura) e doses de nitrogênio. O Quadro 22 apresenta o desdobramento da interação semeadura x cobertura para a produtividade. Verificou-se que a produtividade de grãos foi significativamente afetada pelas doses de N na semeadura, talvez devido aos baixos teores de matéria orgânica do solo no local do experimento e também devido a alta relação C:N apresentada pela cultura da aveia (Quadro 5) fazendo com que a decomposição do material fosse mais lenta, indisponibilizando o nitrogênio na fase inicial do milho (Pauletti, 2000). Outro fator que pode ter contribuído para esta baixa disponibilidade de nitrogênio na fase inicial e conseqüente resposta à adubação nitrogenada na semeadura foi o baixo pH do solo (Quadro 2), devido à uma possível redução na taxa de mineralização da matéria orgânica (Tisdale et al., 1993). Ainda em relação ao Quadro 22 observou-se que para dose de 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, houve um incremento na produção quando se aplicou 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, resultando na maior produtividade de grãos, sendo esta, nas condições do experimento, a melhor estratégia de parcelamento da adubação nitrogenada. Os valores superiores a 120 kg ha⁻¹ de N não responderam em termos de aumento de produtividade, concordando com Sá (1996).

A aplicação de nitrogênio no milho (Quadro 21) proporcionou aumento significativo de produtividade em relação ao controle T1, concordando com Escosteguy et al. (1997) e Sangoi & Almeida (1994).

Argenta (1998), comparando duas regiões (Eldorado do Sul e Passo Fundo) encontraram respostas à adubação nitrogenada em semeadura em relação ao aumento do rendimento de grãos em Eldorado do Sul, não se observando a mesma resposta para Passo Fundo. Os autores concluíram que esta resposta se deveu principalmente ao menor teor de matéria orgânica do solo encontrado em Eldorado do Sul em relação à Passo Fundo. Por outro lado, Sangoi & Almeida (1994), não observaram, na região de Santa Catarina, efeito do parcelamento da aplicação do nitrogênio em cobertura, em solo com 55 g kg^{-1} de matéria orgânica, concordando com Melgar et al. (1991).

Sá (1989), avaliando as respostas de milho a nitrogênio, após a cultura de aveia preta em sistema plantio direto, observou que doses mais elevadas de nitrogênio na semeadura compensaram a carência inicial do milho. Ainda segundo Sá (1996), a resposta ao nitrogênio aplicado em semeadura, fundamenta-se na maior oferta de nitrogênio mineral para a planta, reduzindo o efeito de competição pela biomassa microbiana do solo, durante a decomposição dos resíduos com elevada relação C/N, imobilizando o nitrogênio que estaria disponível para o milho.

Segundo Derpsch (1983), a aveia preta possui alta capacidade de extração e de acúmulo de nitrogênio na matéria seca (147 kg ha^{-1}) e neste caso, a adição de 30 kg de nitrogênio no momento da semeadura, teria reduzido o efeito da alta relação C/N, aumentando a decomposição dos resíduos com maior liberação de nitrogênio, no período de maior demanda pela planta de milho.

Em plantio direto, na região dos Campos Gerais, a aplicação de 90 a 120 kg ha^{-1} de nitrogênio em milho cultivado sobre os resíduos de aveia preta e 45 a 75 kg ha^{-1} de nitrogênio em milho cultivado após leguminosa, seriam suficientes para a obtenção dos

maiores retornos econômicos, mantendo-se uma aplicação de 30 kg ha⁻¹ na semeadura, e o restante em uma única aplicação entre a 6ª e 8ª folha expandida, utilizando como fonte à uréia (Sá, 1996).

Quadro 21 Valores médios obtidos para parâmetros de produção e produtividade.

Tratamentos	Diâmetro espiga	Tamanho espiga	Número de fileiras	Massa 100 grãos	Produtividade
kg ha ⁻¹	(mm)	(cm)		(g)	kg ha ⁻¹
N semeadura					
30	43,71	17,19	13,60	31,71	4662,3
60	43,85	16,03	13,80	31,23	4725,8
90	44,20	16,41	13,80	32,21	5192,2
N cobertura					
30	43,61	17,07	13,81 ab	30,82	4720,9
60	44,50	16,48	13,96 a	31,95	4861,3
90	43,70	16,08	13,41 b	32,38	4998,1
Controle					
T1	41,90 b	15,34	13,04b	29,84	2924,8 b
T2	44,80 a	15,98	13,86a	31,98	4840,0 a
Valor de F					
N semeadura (S)	0,57ns	1,03ns	0,81ns	0,86ns	1,29ns
N cobertura (C)	2,18ns	0,73ns	5,16*	2,30ns	0,30ns
S X C	1,93ns	1,14ns	1,48ns	1,54ns	3,48*
Controle	12,43**	0,20ns	7,22*	2,71ns	9,43**
C.V (%)	2,97	13,78	13,53	6,51	21,07

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

Quadro 22 Desdobramento da interação N em semeadura x N em Cobertura referente à produtividade

N na semeadura kg ha ⁻¹	N em cobertura kg ha ⁻¹			Média
	30	60	90	
30	3813,60 bB	4308,60 aB	5864,60 aA	4662,27
60	4977,00 abA	5012,80 aA	4187,60 bA	4725,80
90	5372,00 aA	5262,40 aA	4942,20 abA	5192,20
Média	4720,87	4861,27	4998,13	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6.2.6. Estande da cultura

Os valores para estande de plantas se encontram no Quadro 23. Os resultados demonstraram que para estande final de plantas, houve efeito significativo para a adubação nitrogenada na semeadura, onde as doses de 60 e 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio mostraram-se superiores à dose de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Não houve efeito dos tratamentos para o estande inicial, bem como para o nitrogênio em cobertura para o estande final.

Houve uma diminuição do estande final em relação ao estande inicial, e isto pode ter ocorrido principalmente devido aos fortes ventos ocorridos na área do experimento. Levien (1999) relata que a diminuição da população final em relação à população inicial, foi devido as chuvas e fortes ventos que acabaram provocando acamamento e morte das plantas de milho. Segundo Rajj (1991), a adubação nitrogenada em excesso pode causar um desenvolvimento vegetativo excessivo, em detrimento das raízes, e predispor a cultura ao acamamento.

Quadro 23 Valores médios obtidos na avaliação do estande de plantas

Tratamentos	Estande inicial	Estande colheita
kg ha ⁻¹	Plantas ha ⁻¹	
N semeadura		
30	59258,9	39321,1 b
60	59258,9	45802,4 a
90	61481,1	45185,1 a
N cobertura		
30	58888,6	43642,0
60	60370,1	42777,7
90	60740,3	43888,8
Controle		
T1	56666,4	40370,4
T2	57777,6	41296,2
Valor de F		
N semeadura (S)	0,59ns	6,71**
N cobertura (C)	0,35ns	0,18ns
S X C	1,16ns	3,88ns
Controle	0,07ns	0,07ns
C.V (%)	10,85	12,44

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

6.3. Determinações relacionadas ao solo

6.3.1. Nitrogênio Total

Os resultados demonstram que para nitrogênio total (Quadro 24), não houve efeito significativo entre os tratamentos de épocas de aplicação (semeadura e cobertura) e doses de nitrogênio, no florescimento e na colheita.

Os teores de nitrogênio total no solo são influenciados pelos sistemas de cultura utilizados. Dependendo do sistema a ser adotado, irá se determinar um maior ou menor aporte de nitrogênio total no solo. Sistemas de culturas baseados em gramíneas determinam menores incrementos de nitrogênio ao solo, quando comparado aos que utilizam leguminosas.

O nitrogênio total é definido pela relação entre a taxa de adição de nitrogênio ao solo, pelos resíduos culturais e a perda de N orgânico por mineralização e erosão, cujas taxas são afetadas pelos sistemas de cultura e métodos de preparo do solo.

Mesmo sem haver fixação de nitrogênio, grande quantidade desse elemento é incorporada à biomassa da cobertura, evitando sua lixiviação.

Esse efeito não se restringe às leguminosas, o que explica, em parte, a tendência de aumentar os rendimentos de milho em sucessão a gramíneas de inverno (Ebelhar et al., 1984).

Para Gonçalves et al. (2000), a quantidade de nitrogênio recuperado pelas plantas depende, entre outros fatores, das características dos resíduos vegetais, do tipo de cultura, das condições ambientais e do tipo de manejo adotado.

Os efeitos dos sistemas de cultura no teor de nitrogênio total do solo concentram-se inicialmente nas camadas superficiais, atingindo toda a camada arável após cinco anos, com reflexos na capacidade de suprimento de nitrogênio ao milho (Teixeira et al., 1994).

Quadro 24. Teores de N total no solo em três camadas, para duas épocas de avaliação.

Tratamentos	FLORESCIMENTO			COLHEITA		
	0-20	20-40 cm mg kg ⁻¹	40-60	0-20	20-40 cm mg kg ⁻¹	40-60
N semeadura						
30	1624,93	1373,40	1262,80	1586,67	1342,13	1309,47
60	1613,73	1309,00	1113,47	1554,00	1206,80	1128,40
90	1575,93	1355,20	1143,33	1653,87	1349,60	1257,20
N cobertura						
30	1644,07	1380,40	1213,33	1629,60	1348,67	1218,93
60	1569,87	1319,73	1130,73	1582,00	1297,33	1232,00
90	1600,67	1337,47	1175,53	1582,93	1252,53	1244,13
Controle						
T1	1500,80	1227,80	1114,40	1481,20	1142,40	1097,60
T2	1607,20	1383,20	1096,20	1596,00	1296,40	1229,20
Valor de F						
N semeadura (S)	0,17ns	0,31ns	1,37ns	1,05ns	2,01ns	2,43ns
N cobertura (C)	0,36ns	0,27ns	0,37ns	0,30ns	0,72ns	0,04ns
S X C	0,82ns	4,02ns	1,03ns	1,98ns	1,38ns	0,88ns
Controle	0,49ns	1,12ns	0,01ns	0,89ns	1,23ns	0,81ns
C.V (%)	15,00	17,36	22,56	12,15	17,08	19,00

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

6.3.2. Nitrato

Observa-se pelo Quadro 25, que não houve diferenças significativas entre doses de nitrogênio aplicados na semeadura e em cobertura para os teores de nitrato (NO_3^-) nas diferentes camadas.

Segundo Fassbender (1975), o nitrogênio encontra-se, em sua maior parte (85-95%), sob a forma orgânica e, em pequena proporção (5-15%), sob a forma mineral (NO_3^- , NO_2^- e NH_4^+), sendo o NO_3^- a forma predominantemente utilizada pelos vegetais.

Os maiores teores de nitrato foram encontrados na camada de 0-20 cm, tanto na época da avaliação no florescimento, quanto na época da avaliação final (Quadro 25). Provavelmente porque nesta camada os teores de matéria orgânica são maiores. Isto pode também ter evidenciado uma baixa lixiviação de nitrato para as camadas mais profundas. Em geral o nitrato teve distribuição similar ao nitrogênio total no perfil do solo.

No caso de perdas por lixiviação, quando o nitrato é lixiviado a profundidades de solo mais baixas pode retornar a horizontes de solo mais superficiais por movimento capilar da água do solo durante períodos de seca. Em alguns casos o nitrato irá também acumular-se na superfície do solo (Tisdale et al., 1993).

Os teores médios de nitrato para as diferentes camadas foram maiores na avaliação final em relação à avaliação no florescimento (Quadro 25), talvez devido ao fato de que no florescimento tenha ocorrido uma maior absorção de nitrato pela planta de milho, concordando com Basso (1999), Arnon (1975) e Cantarella (1993). Esse incremento de nitrato no solo pode ter sido obtido através da decomposição da palhada de milho e restos vegetais.

A possível explicação para não ter havido resposta entre as doses de nitrogênio na semeadura e em cobertura para nitrato, pode estar ligado ao baixo pH do solo

(Quadro 2), fazendo com que houvesse uma menor taxa de mineralização da matéria orgânica do solo. Segundo Piccolo et al. (1999), a presença de nitrato no solo está relacionado com o pH do solo e que o tempo de adoção do sistema de plantio direto aumentou os teores de N total e nitrato nos solos.

Em solos de baixo pH, ocorre uma diminuição da nitrificação e da mineralização, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio para as plantas.

Segundo Holtz & Sá (1995), a palhada de milho proporcionou aumento de 8,8 % nos teores originais de nitrato no solo após 30-45 dias da colheita.

Quadro 25. Teores médios de nitrato no solo em três camadas, para duas épocas de avaliação

	FLORESCIMENTO			FINAL		
Tratamentos	0-20	20-40 cm	40-60	0-20	20-40 cm	40-60
kg ha ⁻¹		mg kg ⁻¹			mg kg ⁻¹	
N semeadura						
30	9,80	7,20	6,47	13,73	10,60	9,20
60	10,33	6,87	6,47	13,07	9,27	8,00
90	10,00	7,60	7,53	14,93	10,33	10,87
N cobertura						
30	9,53	6,93	6,93	14,40	9,87	10,20
60	10,87	7,07	6,80	13,87	10,53	9,80
90	9,73	7,67	6,73	13,47	9,80	8,07
Controle						
T1	8,20	6,60	7,00	13,80	7,80	8,60
T2	10,80	8,40	6,20	14,80	10,00	11,40
Valor de F						
N semeadura (S)	0,11ns	0,36ns	1,43ns	0,57ns	0,44ns	2,63ns
N cobertura (C)	0,77ns	0,40ns	0,04ns	0,14ns	0,14ns	1,63ns
S X C	2,18ns	0,56ns	0,86ns	1,43ns	2,65ns	2,32ns
Controle	1,68ns	1,42ns	0,40ns	0,11ns	0,71ns	1,66ns
C.V (%)	31,91	32,79	29,41	34,75	41,94	36,26

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

6.4 Palhada de milho e conteúdo de nitrogênio

Os dados para matéria seca de palha de milho + restos vegetais e conteúdo de nitrogênio na palha estão no Quadro 26. Para matéria seca da palha + restos vegetais, e para conteúdo de nitrogênio na palha, não houve efeito significativo entre doses e épocas de aplicação de nitrogênio.

Não houve diferenças também entre a testemunha e o padrão. Observa-se que na média, a palhada de milho conseguirá fornecer ao solo, 48 kg ha⁻¹ de nitrogênio após o cultivo.

Segundo Holtz & Sá (1995), a palhada de milho proporcionou aumento de 8,8 % nos teores originais de nitrato no solo após 30-45 dias da colheita.

Quadro 26. Valores médios obtidos na avaliação da matéria seca da palha de milho mais restos vegetais.

Tratamentos	Palhada de milho + restos vegetais	Conteúdo de Nitrogênio
kg.ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹
N semeadura		
30	7249,00	6,1
60	7923,00	6,2
90	7830,00	6,5
N cobertura		
30	7909,87	6,1
60	7509,93	6,3
90	7582,53	6,4
Média	7667,4	6,3
Controle		
T1	5780,40	5,8
T2	5980,00	6,2
Valor de F		
N semeadura (S)	0,59ns	1,68ns
N cobertura (C)	0,20ns	0,79ns
S X C	1,36ns	4,61ns
Controle	0,03ns	0,9ns
C.V (%)	24,98	10,75

Médias seguidas da mesma letra dentro de cada parâmetro (N semeadura e N cobertura) não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* e ** resultado significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente e ns - não significativo.

7 CONCLUSÕES

Mediante os resultados analisados e as condições em que o ensaio foi conduzido, pode-se concluir que:

- A aplicação de 30 kg ha^{-1} de nitrogênio na semeadura e 90 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura proporcionou maior produtividade, sendo esta a melhor estratégia de parcelamento da adubação nitrogenada;

- Os valores totais (semeadura + cobertura) superiores a 120 kg ha^{-1} de N não responderam em termos de aumento de produtividade;

- Os tratamentos não influenciaram o diâmetro da espiga, tamanho da espiga, número de fileiras por espiga, massa de 100 grãos, altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e matéria seca total; e influenciaram o diâmetro do colmo e a produtividade;

- Os tratamentos não influenciaram o N total e o nitrato nas camadas de solo;

- Para este trabalho em relação aos componentes da produção, o diâmetro e comprimento da espiga e peso de 100 grãos não foram fatores responsáveis por diferenças na produtividade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R. & DALMOLIN, R.S.D. *Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto*. Santa Maria, RS, UFSM/Departamento de Solos, p.76-111, 1997.
- ALLMARAS, R.R. , DOWDY, R.H. Conservation tillage systems and their adoption in the United States. *Soil & Tillage Res.*, v.5, p.197-222, 1985.
- ALMEIDA, F.S. Desempenho da cobertura morta no plantio direto. In: *CURSO INTENSIVO SOBRE PLANTIO DIRETO*, 2., 1984, Ponta Grossa. Associação dos Engenheiros Agrônomos do Paraná - Núcleo Regional de Ponta Grossa, 1984.
- ARGENTA, G. et al. Manejo do nitrogênio em milho em semeadura direta, em dois ambientes. II – efeito sobre rendimento de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife, PE. *Globalização e segurança alimentar: resumos*.

- ARNON, I. *Mineral nutrition of maize*. Bern, International Potash Institute, 1975. 452p.
- BANZATO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal, FUNEP, 1992
- BASSO, C.J. Épocas de aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema de plantio direto. Santa Maria, 1999. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Biodinâmica de Solos) – Universidade Federal de Santa Maria (RS).
- BASSOI, L.H. *Nitrato no solo e acúmulo de nitrogênio pelo milho (Zea mays.) fertirrigado*. (Tese de doutorado). Piracicaba - SP. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1994, 103p.
- BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BLEVINS, R.L., THOMAS, G.W., SMITH, M.S., FRYE, W.W., CORNELIUS, P.L. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil & Tillage Res.*, v.3, p.135-46, 1983.
- BORTOLINI, C.G., SILVA, P. R. F., ARGENTA, G. Contribuição de resíduos de aveia preta manejada com três níveis de N para o crescimento inicial do milho . In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife, PE. *Globalização e segurança alimentar: resumos*.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T., CANTARELLA, H. (Ed.) *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BULL, L.T., CANTARELLA, H. (Ed.) *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 146-96.
- CARDOSO, M. J. et al. Efeitos de níveis de nitrogênio e da densidade de plantas no milho superprecoce cms 47. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia, MG. *A inovação tecnológica e a competitividade no contexto dos mercados globalizados: resumos*. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/ Universidade Federal de Uberlândia, 2000. 392 p.
- CARVALHO, W.A. et al. *Levantamento de solos da fazenda lageado - Estação Experimental "Presidente Médici"*. Botucatu, UNESP/FCA, 1983. 95p.
- CERETTA, C.A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia/milho, no sistema plantio direto. In: FRIES, M.R & DALMOLIN, R.S.D. *Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto*. Santa Maria, RS, UFSM/Departamento de Solos, p.47-75, 1997.
- CERETTA, C.A. & FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J., (Ed). *Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto*. Lages, SC: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, p.111-20,1998.
- COELHO, F. C. et al. Efeito do tamanho de agregados e da microbiota sobre o nitrato, em um latossolo vermelho escuro. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia, MG. *A inovação tecnológica e a competitividade no contexto dos*

- mercados globalizados: resumos*. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/ Universidade Federal de Uberlândia, 2000. 392 p.
- DECHEN, S.C.F., LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em latossolo roxo. *Rev. Bras. Ciênc Solo*, v..5, n.2, p. 133-37, 1981.
- DENARDIN, J.E., KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA TRIGO/EMBRAPA. *Plantio direto no Brasil*. Passo fundo: Aldeia Norte. p. 19-27, 1993.
- DERPSCH, R. Alguns resultados sobre adubação verde no Paraná. In: FUNDAÇÃO CARGILL. *Adubação verde no Brasil*. Campinas, 1983. p. 268-79.
- DERPSCH, R., CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. *Circ. Inst. Agron. Paraná*, n.73, p.1-78, 1992.
- DERPSCH, R., ROTH, C.H., SIDIRAS, N., KOPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: IAPAR, 1991. 267P.
- DINIZ, A.J. *Desempenho de cultivares de milho (Zea mays L.) em áreas de plantio convencional e direto, sob diferentes densidades de semeadura*. Jaboticabal, 1999. 117p. Tese (Doutorado em Agronomia/Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- DOBEREINER, J. Biological nitrogen fixation in the tropics. Social e economic contributions. *Soil Biol Biochem*, 29: 771-79. 1997.

- EBELHAR, S.A., FRYE, W. W., BLEVINS, R. L. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. *Agron. J.*, Madison, .76:51-55, 1984.
- 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. *Rev. Bras. Ciênc Solo*, Campinas, v.21, p. 71-77, 1997.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. Classificação Brasileira de Solos. Brasília: Serviço Nacional de levantamento de Solo/EMBRAPA, 1999. 412p.
- FANCELLI, A.L. A importância da cultura do milho no plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.119-27.
- FANCELLI, A.L., DOURADO NETO, D. Milho: fisiologia da produção. In: *SEMINÁRIO SOBRE FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO E MANEJO DE ÁGUA E DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO DE ALTA PRODUTIVIDADE*. Piracicaba: ESALQ/USP, POTAFOS, 1996. p.1-30.
- FARQUHAR, G.D., WETSELAAR, R., FIRTH, P.M. Ammonia volatilization from senescing leaves of maize. *Science*, washington, 203: 1. 257-8, 1979.
- FASSBENDER, M. Química de suelos com ênfasis em suelos de América Latina. *Turrialba*, IICA, 1975. 398p.
- FORNASIERI FILHO, D. *A cultura do milho*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.
- FRANCIS, D.D. & SCHEPERS, J.S. Nitrogen uptake efficiency in mayze production using irrigation water high in nitrate. *Fertilizer Res.*, 39: 239-44, 1994.

- FREIRE, J.R.J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio/leguminosa. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M., NEVES, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap.9, p.121-140,1992.
- FRIES, M.R. Microbiologia e matéria orgânica: recuperação pelo sistema plantio direto. In: FRIES, M.R & DALMOLIN, R.S.D. *Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto*. Santa Maria, RS, UFSM/Departamento de Solos, p.47-75, 1997.
- GAMBOA, A. La fertilización del maíz. Berna, Instituto Internacional de la Potassa, 1980. 72p. (Boletim IIP, 5).
- GOMES, A.S., JUNIOR, F.V., SILVEIRA, L.D.N. Rendimentos de milho e soja cultivados sob diferentes coberturas mortas, em solos de várzea. *A Granja*, n.588, p. 47-50, 1997.
- 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. *Rev. Bras. Ciênc Solo*, v.24, p. 153-59, 2000.
- HECKLER, J.C., HERNANI, L.C., PITOL, C. Palha. In: SALTON, J.C., HERNANI, L.C., FONTES, C.Z. *Sistema plantio direto: O produtor pergunta, a Embrapa responde*. Dourados: Embrapa – SPI, 1998. p. 38-49.
- HEDLEY, M.J., STEWART, J.W.B., CHAVHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v.46, p.970-76, 1982.
- HEINZMANN, F.R. Resíduos de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.9, p.1021-30, 1985.

- HERRON, G.M. et al. Residual mineral N accumulation in soil and its utilization by irrigated corn (*Zea mays* L.). *Agronomy Journal*, Madison, v.63, p.322-27, 1971.
- HOLTZ, G.P., SÁ, J.C.M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: *CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO*, 04 a 08 de Dezembro de 1995, Castro, Paraná, Anais Fundação ABC.
- HONS, F.M., ALJOE, K.D. Effects of applied calcium on growth and ammonium utilization by corn. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v.4, n.16, p.349-60, 1985.
- KARLEN, D.L., FLANNERY, R.L., SADLER, E.J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agronomy Journal*, Madison, 80(2): 232-42, 1988.
- KAKDE, J.R. Hartening decomposition of incorporated green manure. *Indian J. Agronomy*, v.10, p.443-6, 1965.
- KEENEYN, D.R., NELSON, D.W. Method or determination of organic nitrogen in soil and soil extract. In: *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties*. 2^o edição. Madison: A.L. Page. 1982. p. 711-30.
- KHENGRE, S.T., SAVANT, N.K. Distribution pattern of inorganic nitrogen following anhydrous ammonia injection into a vertisol. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.41, p.1134-41, 1977.
- KINJO, T., KIEHL, E.J., PRATT, P.F. Movimento de nitrato em colunas de terra de um latossolo. *Rev. Bras. Ciênc Solo*, v.2, p.106-09, 1978.

- LEAL, J.R.; ALVAHYDO, R. Transformação e deslocamento do íon amônio em solo da série itaguaí. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.6, p.129-35, 1971.
- LEVIEN, R. *Condições de coberturas e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (Zea mays L.)*. Botucatu, 1999. 191p. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- LUND, L.J.; ADRIANO, D.C.; PRATT, P.F. Nitrate concentration in deep soil cores as related to soil profile characteristics. *Journal Environmental Quality*, Madison, v.3,n.1, p.78-82, 1974.
- MAGLEBY, R.S., SCHERTZ, D.L. Conservation tillage chalks up steady gains. *Agric. Eng.*, v.67, p.14-6, 1988.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- MARY, B., FRESNEAU, C., MOREL, J.L. & MARIOTTI, A. C and N cycling during decomposition of root mucilage, roots and glucose in soil. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v.25, p. 1005-14, 1993.
- MARRIEL, I.E. et al. Eficiência de absorção de nitrogênio e produtividade de grãos em populações de milho cultivadas sob estresse. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia, MG. *A inovação tecnológica e a competitividade no contexto dos mercados globalizados: resumos*. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/ Universidade Federal de Uberlândia, 2000. 392 p.

- MEIRELLES, N.M.F., LIBARDI, P.L., REICHARDT, K. Absorção e lixiviação de nitrogênio em cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Bras. Ciênc Solo*, v.4, n.2, p.83-88, 1980.
- MELGAR, R.J., SMYTH, T.H. CRAVO, M.S., SANCHES, P.A. Doses e épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado para milho em latossolo da Amazônia Central. *Rev. Bras. Ciênc Solo*, Campinas, v. 15, p. 289-96, 1991.
- MENGEL, K. & KIRKBY, A.E. *Principles of plant nutrition*. International potash Institute Bern, Switzerland, cap.7, 1987.
- MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, SC, Ed. do autor, 1991. p.337.
- MONDARDO, A., BISCAIA, R. M. Controle da erosão. In: ALMEIDA, F. S. et al. *Plantio direto no estado do Paraná*. Londrina: IAPAR, p.33-42, 1981. (Circular nº 23).
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Rev. Bras. Ciênc Solo*, v.7, n.1, p.95-102, 1983.
- PAULETTI, V. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. In: *I Simpósio sobre fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto*, 28 a 30 de junho, Ponta Grossa, Paraná, Anais, p. 122-36, 2000.
- PAULETTI, V. & COSTA, L.C. Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia preta no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.4, p.599-603, 2000.

- PAVAN, M.A. Fertilidade do solo em plantio direto. In: *ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO*, 3., 1985, Ponta Grossa. Anais. Castro: Cooperativa Central de Laticínio do Paraná/Fundação ABC, 1985, p. 67-75.
- PHILLIPS, S.H., YOUNG, JR., H.M. *No-tillage farming*. Milwaukee: Reiman, 1973. p.152.
- PICCOLO, M.C., VENZKE FILHO, S.P., FEIGL, B.J., SÁ, J.C.M. Nitrogênio total e mineral em uma cronossequência de sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. *Anais...*Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. (CD-ROM).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Instituto Agrônomo, Campinas, 31p. 1983. (Boletim Técnico, 81)
- RAIJ, B. van., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A. M.C., (eds.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).
- RAIJ, B. van. Nitrogênio. In: RAIJ, B. van. (Ed). *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: POTAFOS, 1991. P. 163-79.
- RIZZARDI, M.A. Manejo do nitrogênio no sistema plantio direto. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1, 1995, Passo Fundo. *Resumos* Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1995. p.95-9.
- ROMAN, E.S., DIDONET, A.D. Controle de plantas daninhas no sistema de plantio direto de trigo e soja. *Circular Técnica Centro Nacional Pesquisa Trigo*, n.2, p.1-32, 1990.

- ROS, C.O., AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. *Rev. Bras. Ciênc Solo*, p.135-40, 1996.
- SÁ, J.C.M. Efeito de doses e época de aplicação de nitrogênio na produção de milho, após resteva de aveia preta (*Avena strigosa*), sob plantio direto. In: *Resultados de pesquisa 88/89, Fundação ABC*. Boletim Técnico n. 4, 1989.
- SÁ, J.C.M. Sistema de produção de milho visando alta produtividade na região dos campos gerais no centro-sul do Paraná. In: BÜLL, L.T.; CANTARELA, H. *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1993, 301p.
- SÁ, J.C.M. *Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto*. Aldeia Norte. 1996. 24p.
- SÁ, J.C.. *Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto*. In: Tecnologia da Produção de Milho. ESALQ, Piracicaba, 1997.
- SANGOI, L., ALMEIDA, M.L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. *Pesq Agropec bras*, Brasília, v.29, n.1, p.13-24, 1994.
- SCARSBROOK, C.E. Nitrogen availability. In: BARTHOLOMEW, W.F. & CLARK, F.E. (Eds). *Soil Nitrogen*, Madison: American Society Agronomy, 1965. p.481-502.
- SELLES, F., ZENTNER, R.P., KOCHHANN, R.A., FAGANELLO, A., DENARDIN, J.E. Effects of tillage on the forms and distribution of Pin Oxisol in south Brazil. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS. Proc.

- Canadian International Development Agency/ Centro Nacional de Pesquisa do trigo - EMBRAPA, 19-21, nov. Passo Fundo, R.S, 1990. P. 86-95.
- SIDIRAS, N., PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.9, p.249-54, 1985.
- SILVA, A R. B. da. *Comportamento de variedades/híbridos de milho (Zea Mays L.) em diferentes tipos de preparo de solo*. Botucatu, 2000. 95p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- SILVA, C.A., VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. *Anais...*Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. (CD-ROM).
- SILVA, E.C. et al. Efeito da época e forma de aplicação da adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema de plantio direto, no cerrado. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 26., 1997, Rio de Janeiro. Resumos expandidos. Rio de Janeiro: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1997.
- TEIXEIRA, L. A. J., TESTA, V. M., MIELNICZUK, J. Nitrogênio no solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, p. 207-14, 1994.
- THOMAS, G.W. Effects of electrolyte imbibition upon cation exchange behavior of soils. *Soil Science Society American Proceeding*, v.24, p.329-32, 1960.

- THOMAS, G.W., WELLS, K.L., MURDOK, L. Fertilization and liming. In: PHILLIPS, R.E., THOMAS, C.W., BLEVINS, L., (Ed.) *No-tillage research reports and reviews*. Univ. Of Kentucky, 1981. p.43-54.
- TIAN, G., KANG, B.T., BRUSSARD, B.L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrients acumulation. *Plant and Soil. The Hague*, v.153, p.179-187, 1993.
- TISDALE, S.L., NELSON, W.L., BEATON, J.D., HAULIN, J.L. *Soil fertility and fertilizers*. 5.ed. New York: Macmillan, 1993. p.120-72.
- TRIPLETT, G.B. Crop management practices for surface tillage systems. In SPRAGUE, M.A.; TRIPLETT, G.B. (Ed.) *No tillage and surface tillage agriculture: the tillage revolution*. New York: John wiley, 1986. p 149-82
- VASCONCELLOS, C. A. et al. Ocorrência de putrescina em folhas de milho, var. "Piranão" deficientes em potássio. *Revista Ceres*, Viçosa, 24(131): 88-93. 1983.
- VASCONCELLOS, C. A. , PACHECO, E. B. Adubação verde e rotação de culturas. Informe agropecuário, Belo Horizonte, n.147, p37-40, 1987.
- VEIGA, M., BASSI, L., ROSSO, A. Degradação do solo e da água. In: *Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água*. Florianópolis: EPAGRI, 1994. p. 73-97.
- VILLELA, F.C. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produtividade de milho (*Zea mays* L.) cultivado em solo de várzea. Botucatu, 1999. 63p. Dissertação (Mestrado em

Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

VITTI, G.C., FAVARIN, J.L. Nutrição e manejo químico do solo para a cultura do milho. In: *Simpósio da cultura do milho*. Piracicaba: ESALQ/ USP, 1997. 24p.

WOLFE, D.W., HENDERSON, D.W., HSIAO, T.C., ALVINO, A. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. I. Leaf area duration, nitrogen distribution, and yield. *Agron. J.*, v.80, p.859-64, 1988.