

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

**RESPOSTA DO MILHO AO MODO DE APLICAÇÃO E DOSES DE  
NITROGÊNIO, EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA**

**NILDA BRAGA DE LACERDA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Agricultura.

**BOTUCATU - SP  
Março – 2004**

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

**RESPOSTA DO MILHO AO MODO DE APLICAÇÃO E DOSES DE  
NITROGÊNIO, EM SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA**

**NILDA BRAGA DE LACERDA**

**Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia  
– Área de Concentração em Agricultura.

**BOTUCATU - SP  
Março – 2004**

À meu pai Antônio Gonçalves de Lacerda e meu avô José Henrique de Lacerda (In memoriam).

“A mesma vida da qual originalmente nos é ligada uma fração, um certo dia se esvai, foge de nosso convívio, por um processo do qual a ciência não conhece sequer os rudimentos. De suas existências resta comigo o exemplo, a saudade imensa, o eterno agradecimento, além do pesar de não poder abraçá-los agora e compartilharmos juntos da alegria da tarefa cumprida”.

À minha mãe biológica Francisca Mendes Braga de Lacerda e minhas mães adotivas Maria Gonçalves de Lacerda, Ana Gonçalves de Lacerda e Nilza Gonçalves de Lacerda.

“Seria injusto neste momento dizer-lhes apenas “muito obrigado”, pois não há palavras sinônimas à imensidão de minha gratidão; porém vos digo que o criador haverá de recompensá-las à altura de seus atos de amor para comigo. A vocês, que me concederam este momento de glória, dedico minha conquista com a mais profunda gratidão”.

À DEUS

“...que, incomparável e inconfundível na sua infinita bondade, compreendeu os meus anseios e me deu a necessária coragem para atingir o meu objetivo, ofereço o meu porvir e peço forças para sempre agir com eficiência em meu trabalho e acerto em minhas decisões”.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Dirceu Maximino Fernandes, pela oportunidade concedida, ensinamentos e orientações técnico – científicas e principalmente pela amizade e força que me transmitiu nos momentos em que pensei não ser capaz de conseguir atingir meus objetivos;

Aos Conselheiros, Professores Roberto Lira Villas Bôas, Silvio José Bicudo, Jacob Silva Souto e a Professora Rosemary Marques de A. Bertani, pela colaboração e críticas construtivas para a melhor apresentação deste trabalho;

À Faculdade de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu pelo aperfeiçoamento recebido;

Aos funcionários do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo pela colaboração oferecida durante o curso em especial ao Sr. José Garcia, aos funcionários do laboratório de nutrição de plantas e fertilidade do solo, ao Sr José Carlos de Pieri pela colaboração durante as análises de planta e aos Srs. Jair, Noel e Dorival, pelo apoio no campo;

A sede da Fazenda Experimental Lageado nas pessoas do Prof. Silvio Bicudo, Mário e Marcos pelo atendimento imediato quando na requisição de serviços;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo;

À coordenação de Pós-Graduação nas pessoas de Jaqueline, Kátia, Marlene e Marilena;

Aos Funcionários da Biblioteca em especial a Cida, Denise, Ermete e Nilson;

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez, por ter cedido a área para a condução do experimento e aos seus orientados Renan e Elcio pela ajuda durante o preparo inicial da área.

Aos meus familiares, em especial, a meus irmãos consangüíneos e adotivos, meu sobrinho e minha sobrinhas, aos meus tios em especial Matilde e Aurélio e aos meus primos e primas queridos pelo carinho e principalmente por acreditarem em mim;

A minha companheira de apartamento Melania pelas muitas vezes em que me conduziu ao experimentou e principalmente por ter sido minha amiga durante esses três anos de curso;

Aos meus amigos Claudemir, Lauter e Rodrigo pelo auxílio inestimável durante a condução do experimento sem os quais com certeza não teria conseguido obter os resultados alcançados;

Àos meus amigos especiais: Rita e Claudemir (que tanto me ouviram nos momentos que fraquejei e precisei de alguém para desabafar), “Bel” e “Frumela” (vizinhas queridas), Rosa (companheira de jornada), Ângela, Vânia Zero, Juliana Barilli, Mendonça, Mônica, Pelá e Gláucia (companheiros de diversão), Alexandre, Gustavo, Paulo, Regina e Carol a todos vocês meu muito obrigada;

A Marileia e Maritane que me acolheram com tanto carinho no meu último mês em Botucatu.

As minhas eternas amigas Giorggia, Herdjânia e Fátima que mesmo a distância souberam me apoiar nos momentos difíceis dando forças para seguir em frente;

Enfim a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho o meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. RESUMO-----                                                                                  | 01 |
| 2. SUMMARY-----                                                                                 | 03 |
| 3. INTRODUÇÃO-----                                                                              | 05 |
| 4. REVISÃO DE LITERATURA-----                                                                   | 07 |
| 4.1. Nitrogênio no Solo-----                                                                    | 08 |
| 4.2. Nitrogênio na Planta-----                                                                  | 09 |
| 4.3. Comportamento da Uréia no Solo-----                                                        | 10 |
| 4.3.1. Lixiviação da Uréia-----                                                                 | 11 |
| 4.3.2. Volatilização de amônia-----                                                             | 11 |
| 4.3.3. Imobilização microbiana-----                                                             | 12 |
| 4.4. Localização e Modo de Aplicação da Uréia-----                                              | 12 |
| 4.5. Nitrogênio no Sistema de Semeadura Direta-----                                             | 15 |
| 4.6. Rotação de Culturas-----                                                                   | 16 |
| 4.7. Fatores que Afetam a Resposta do Milho à Adubação Nitrogenada, em<br>Semeadura Direta----- | 18 |
| 4.8. Resposta da Cultura do Milho a N na Semeadura Direta-----                                  | 20 |
| 5. MATERIAL E MÉTODOS-----                                                                      | 22 |
| 5.1. Local-----                                                                                 | 22 |
| 5.2. Clima-----                                                                                 | 22 |
| 5.3. Solo-----                                                                                  | 24 |
| 5.4. Insumos Agrícolas-----                                                                     | 25 |
| 5.4.1. Sementes-----                                                                            | 25 |
| 5.4.2. Fertilizantes-----                                                                       | 25 |
| 5.4.3. Herbicidas-----                                                                          | 25 |
| 5.4.4. Inseticidas-----                                                                         | 25 |
| 5.4.5. Equipamentos agrícolas-----                                                              | 26 |
| 5.5. Descrição dos Tratamentos-----                                                             | 26 |
| 5.6. Delineamento Experimental-----                                                             | 29 |
| 5.7. Instalação e Condução do Experimento-----                                                  | 29 |
| 5.8. Características Avaliadas na Cultura do Milho-----                                         | 30 |
| 5.8.1. Estande-----                                                                             | 30 |
| 5.8.2. Altura de plantas-----                                                                   | 30 |
| 5.8.3. Altura da inserção da primeira espiga-----                                               | 30 |
| 5.8.4. Diâmetro do colmo-----                                                                   | 30 |
| 5.8.5. Diagnose foliar-----                                                                     | 30 |
| 5.8.6. Análise de nitrato (NO <sub>3</sub> ) no colmo-----                                      | 31 |
| 5.8.7. Proteína no grão-----                                                                    | 31 |
| 5.8.8. Massa de 100 grãos-----                                                                  | 31 |
| 5.8.9. Parâmetros de produção-----                                                              | 31 |
| 5.8.10. Produtividade da cultura-----                                                           | 31 |
| 5.9. Análise Estatística-----                                                                   | 32 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----                                                                  | 33 |

|                                                                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1. Resposta da variedade de milho AL-34, a doses de N aplicadas na superfície da palha e incorporadas a 5 cm do solo, em sucessão às culturas da soja e do milho (Experimentos I e II)-----                | 33 |
| 6.1.1. Estande e altura da inserção da primeira espiga-----                                                                                                                                                  | 33 |
| 6.1.2. Altura de planta e diâmetro do colmo-----                                                                                                                                                             | 35 |
| 6.1.3. Índice de espigas e massa total de espigas sem palha por parcela-----                                                                                                                                 | 36 |
| 6.1.4. Massa, diâmetro e comprimento de 10 espigas sem palha.....                                                                                                                                            | 37 |
| 6.1.5. Massa de 100 grãos e produtividade do milho-----                                                                                                                                                      | 39 |
| 6.1.6. Nitrato no colmo e proteína no grão-----                                                                                                                                                              | 41 |
| 6.1.7. Diagnose Foliar-----                                                                                                                                                                                  | 42 |
| 6.2. Resposta da variedade de milho AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha <sup>-1</sup> ), em diferentes modos de aplicação (Experimentos I e II)-----  | 51 |
| 6.2.1. Estande, altura da inserção da primeira espiga e de planta-----                                                                                                                                       | 51 |
| 6.2.2. Diâmetro do colmo, índice de espigas e massa de 10 espigas-----                                                                                                                                       | 52 |
| 6.2.3. Massa total de espigas sem palha por parcela, diâmetro e comprimento de espigas-----                                                                                                                  | 53 |
| 6.2.4. Produtividade, massa de 100 grãos e nitrato no colmo-----                                                                                                                                             | 54 |
| 6.2.5. Proteína no grão e teores de nitrogênio e fósforo na folha diagnose da planta de milho-----                                                                                                           | 55 |
| 6.2.6. Teores de potássio, cálcio e magnésio na folha diagnose da planta de milho-----                                                                                                                       | 56 |
| 6.2.7. Teores de enxofre, boro e manganês na folha diagnose da planta de milho-----                                                                                                                          | 57 |
| 6.2.8. Teores de cobre, ferro e zinco na folha diagnose da planta de milho-----                                                                                                                              | 58 |
| 6.3. Resposta do híbrido de milho C-333B, à doses de nitrogênio incorporadas a 5 cm do solo, em sucessão às culturas da soja e do milho (Experimentos III e IV)-----                                         | 61 |
| 6.3.1. Estande e altura da inserção da primeira espiga-----                                                                                                                                                  | 61 |
| 6.3.2. Altura de planta e diâmetro do colmo-----                                                                                                                                                             | 62 |
| 6.3.3. Índice de espigas e massa total de espigas sem palha por parcela-----                                                                                                                                 | 62 |
| 6.3.4. Massa, diâmetro e comprimento de 10 espigas sem palha-----                                                                                                                                            | 63 |
| 6.3.5. Massa de 100 grãos e produtividade da cultura do milho-----                                                                                                                                           | 64 |
| 6.3.6. Nitrato no colmo e proteína no grão-----                                                                                                                                                              | 66 |
| 6.3.7. Diagnose Foliar-----                                                                                                                                                                                  | 67 |
| 6.4. Resposta do híbrido de milho C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha <sup>-1</sup> ), em diferentes modos de aplicação (Experimentos III e IV)----- | 72 |
| 6.4.1. Estande, altura da inserção da primeira espiga e de planta-----                                                                                                                                       | 72 |
| 6.4.2. Diâmetro do colmo, índice de espigas e massa de 10 espigas-----                                                                                                                                       | 73 |
| 6.4.3. Massa total de espigas sem palha por parcela, diâmetro e comprimento de espigas-----                                                                                                                  | 74 |
| 6.4.4. Produtividade, massa de 100 grãos e nitrato no colmo-----                                                                                                                                             | 75 |
| 6.4.5. Proteína no grão, teores de nitrogênio e de fósforo na folha diagnose da planta de milho-----                                                                                                         | 76 |

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.4.6. Teores de potássio, cálcio e magnésio na folha diagnose da planta de milho-----                     | 77 |
| 6.4.7. Teores de enxofre, boro e ferro na folha diagnose da planta de milho----                            | 78 |
| 6.4.8. Teores de cobre, manganês e zinco na folha diagnose da planta de milho-----                         | 80 |
| 6.5. Análise Conjunta dos Experimentos-----                                                                | 81 |
| 6.5.1. Efeito das doses de N incorporada a 5 cm do solo na produtividade do milho-----                     | 81 |
| 6.5.1.1. Análise de variância-----                                                                         | 81 |
| 6.5.1.2. Interação entre experimentos e doses aplicadas-----                                               | 82 |
| 6.5.1.3. Contraste entre a testemunha e os demais tratamentos-----                                         | 83 |
| 6.5.2. Efeito das doses de N aplicadas a superfície da palha na produtividade do milho-----                | 84 |
| 6.5.2.1. Análise de variância-----                                                                         | 84 |
| 6.5.2.2. Interação entre experimentos e doses aplicadas-----                                               | 84 |
| 6.5.2.3. Contraste entre a testemunha e os demais tratamentos-----                                         | 85 |
| 6.5.3. Efeito das diferentes formas de aplicação do nitrogênio em cobertura na produtividade do milho----- | 86 |
| 6.5.3.1. Análise de variância-----                                                                         | 86 |
| 6.5.3.2. Interação entre experimentos e doses aplicadas-----                                               | 87 |
| 6.5.3.3. Contraste entre a testemunha e os demais tratamentos-----                                         | 87 |
| 6.6. Considerações Finais-----                                                                             | 88 |
| 7. CONCLUSÕES-----                                                                                         | 91 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----                                                                         | 93 |

## 1 RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar em sistema de semeadura direta, a resposta do milho a modos de aplicação e doses de nitrogênio na forma de uréia, em cobertura, quando em sucessão às culturas da soja e do milho. Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado - FCA / UNESP – Botucatu / SP, em solo classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distroférico textura argilosa.

Foram conduzidos quatro experimentos sendo um híbrido e uma variedade em sucessão ao milho e um híbrido e uma variedade em sucessão à soja, ambos tendo a aveia preta como resíduo de cultura anterior. Para o híbrido 333-B foram realizados nove tratamentos, sendo eles: N – zero; N – localizado (superfície da palha, superfície do solo e incorporado no solo - 5 cm) com 120 kg ha<sup>-1</sup> N; N – em faixa (10 cm) na superfície da palha e do solo - 120 kg ha<sup>-1</sup> N; e N - localizado (incorporado 5 cm da superfície do solo) com 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> N. Para a variedade AL-34 em função da maior rusticidade foram acrescentados mais três tratamentos: N- localizado na superfície da palha – 30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Avaliou-se estande, altura de inserção da primeira espiga, altura de planta, diâmetro do colmo, índice de espigas, massa total de espigas sem palha por parcela, massa, diâmetro e comprimento de 10 espigas sem palha, produtividade, massa de 100 grãos, nitrato no colmo, proteína no grão e diagnose foliar.

A variedade AI-34 apresentou melhor eficiência no aproveitamento do N aplicado em cobertura quando comparado ao híbrido. O híbrido C-333B, de um modo geral, não foi eficiente significativamente aos tratamentos aplicados. A cultura do milho em sucessão à cultura da soja + aveia foi a responsável pela maior produtividade tanto na variedade como no híbrido. O melhor aproveitamento dos tratamentos aplicados ocorreu na sucessão à cultura do milho + aveia. A aplicação do N na superfície da palha foi responsável pelos maiores valores de produtividade na variedade quando comparada as doses incorporadas. Para as formas de aplicação de N as maiores produtividade de milho foram obtidos nos tratamentos N aplicado em faixa de 10 cm na superfície da palha e N aplicado em faixa de 10 cm na superfície do solo no híbrido para a sucessão às culturas da soja e do milho, respectivamente. Na variedade, obteve-se quando da aplicação do N aplicado em faixa de 10 cm na superfície da palha e N localizado na superfície do solo para a sucessão às culturas da soja e do milho, respectivamente. No híbrido a melhor produtividade foi encontrada com a aplicação do N em faixa e na variedade com a aplicação do N localizado. As doses de 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N independente da sucessão de cultura, foram as responsáveis pelos maiores valores de produtividade no híbrido e na variedade, respectivamente.

A análise conjunta entre os experimentos permite afirmar que o milho cultivado em sucessão à cultura da soja superou, inclusive com diferença significativa, o cultivado em sucessão à cultura do milho, e que a maior produtividade de grãos foi encontrada no híbrido em sucessão à cultura da soja e a menor, na variedade em sucessão à cultura do milho.

**Palavras-chave:** nitrogênio, uréia, semeadura direta, milho, sucessão às culturas da soja e do milho.

**RESPONSE OF CORN TO APPLICATION MODES AND DOSES OF NITROGEN, IN A NO-TILLAGE SYSTEM.** Botucatu,, 2004. 102p. Tese (Doutorado em agronomia – Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

**Author:** NILDA BRAGA DE LACERDA

**Adviser:** DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

## 2 SUMMARY

The objective of the present work was to evaluate in a no-tillage system, the response of corn to application modes and nitrogen doses in the form of urea, in covering, in crop successions of soybean and corn. The experiments were conducted at Lageado Experimental Farm - FCA / UNESP – Botucatu / SP, in soil classified as dystroferic red NITOSSOLO of clay texture.

Four experiments were conducted, including one hybrid and one variety in corn succession and one hybrid and one variety in soybean succession, both having black oat as before crop residue. For the hybrid C-333B were realized the following nine treatments: N – zero; N – localized (stem surface, soil surface and incorporated 5cm into the soil) with  $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ; N – in strip (10 cm) on the stem and soil surfaces -  $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ ; and N - localized (incorporated 5 cm from the soil surface) with 30, 60 and  $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ . For the variety AL-34, as a function of its greater rusticity were added three further treatments: N-localized on the stem surface – 30, 60 and  $90 \text{ kg ha}^{-1}$ .

The experimental delineation was randomized blocks with four repetitions. It evaluated the stand, height of insertion of the first spike, plant height, stem diameter, index of spikes, total weight of stalks per parcel, weight, diameter and length of 10 spikes without stalks, productivity, weight of 100 grains, nitrate in the stalk, protein in the grain and foliate diagnosis.

The variety Al-34 presented better efficiency in uptake of N applied via top-dressing when compared to the hybrid. The hybrid C-333B, of the common form was not significantly efficient compared to the applied treatments. The crop corn in the soybean + oat crop succession was responsible for greater productivity in variety as much as in the hybrid. The best exploitation of the applied treatments occurred in the crop succession corn + oat. The application of N on the stem surface was responsible for greater values of productivity in variety when compared to the doses incorporated. For the forms of N application, the greatest corn productivity was obtained by N treatments applied in a 10-cm strip on the stem surface and N treatments applied in a 10-cm strip on the soil surface in the hybrid for the crop successions of soybean and corn, respectively. For variety, it was obtained by the application of N on the stem surface and N localized on the soil surface for the succession of crop soybean and corn, respectively. In the hybrid the best productivity was found with the application of N in strip, and in the variety with N application localized. Doses of 60 and 90 kg ha<sup>-1</sup> of N independent of crop succession was responsible for the greatest productivity values in hybrid and variety, respectively.

Joint analysis of the experiments permits affirmation that corn cultivated in soybean succession surpassed, even at a significant difference, the cultivated after to corn, and that the greatest grain productivity was found in the hybrid in succession after soybean, while the least was subsequent to corn.

**Key words:** nitrogen, urea, no-tillage, corn, succession of corn and soybean crops.

### 3 INTRODUÇÃO

O milho representa um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e natureza das reservas acumuladas nos grãos. Cultura das mais tradicionais, ocupa posições significativas quanto ao valor da produção agropecuária, área cultivada e volume produzido, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro – Oeste do Brasil (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

No Brasil o sistema de cultivo predominante para essa cultura ainda é o convencional, só que ao longo do tempo tem provocado danos ao ambiente e contribuído 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, uma vez, que esse se destaca no papel que desempenha no metabolismo e na síntese de proteínas, sendo considerado o fator mais importante para o aumento da produção e das proteínas do grão, no milho (DA ROS e AITA, 1996; FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). Portanto, é importante investigar os fatores que permitam alcançar a máxima eficiência de utilização do fertilizante nitrogenado pela cultura, com o mínimo de perdas.

Segundo Villas Bôas (1995), práticas de manejo de solo, adubação, épocas e métodos de aplicação e tipo de adubo, podem afetar substancialmente a fração do nitrogênio que atinge a superfície da raiz, pois nem todo N adicionado ao solo para aumentar a

produtividade é utilizado pelas culturas. Parte do N é perdido devido a vários processos como lixiviação, desnitrificação, volatilização de amônia, fixação de amônia e imobilização biológica.

Este panorama tem direcionado a atenção de pesquisadores para várias linhas de pesquisas que têm como objetivo buscar meios de aumentar o aproveitamento do nitrogênio pelas culturas. Uma das alternativas propostas é a incorporação da uréia em sub superfície do solo objetivando menores perdas, uma vez que, esta prática aumenta a chance do N da uréia ser retido no solo. Quando aplicada na superfície da palha ou solo, as perdas de amônia por volatilização são pronunciadas devido a pouca chance que a amônia tem de ser adsorvida ao solo sob a forma de amônio.

Diante do exposto, conduziu-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar em sistema de semeadura direta, a resposta do milho a modos de aplicação e níveis de nitrogênio na forma de uréia, em cobertura, quando em sucessão às culturas da soja e do milho.

#### 4 REVISÃO DE LITERATURA

O nitrogênio é o nutriente mineral exigido em maior quantidade pelas culturas. Esse fato é refletido no consumo mundial do elemento em fertilizantes (RAIJ, 1991).

Em condições naturais, o solo encontra-se em equilíbrio, apresentando uma cobertura vegetal nativa e um balanço entre as taxas de adição e perda de nitrogênio (SANCHEZ, 1976). O uso do solo para fins agrícolas rompe esse equilíbrio dinâmico, podendo comprometer os níveis de N do solo quando há revolvimento, decorrente da diminuição da proteção física da matéria orgânica do solo (BAYER, 1996). Entretanto, com a adoção do sistema plantio direto, após ocorrer o restabelecimento do equilíbrio das transformações no solo, o balanço entre adição e perda de N do solo é mais equilibrado, havendo maior liberação de N às plantas (SÁ, 1995).

Os resíduos culturais de plantas leguminosas podem ser incorporados ao solo aumentando o teor de matéria orgânica e liberando nutrientes para o cultivo subsequente, constituindo, dessa maneira, importante fonte de N para as culturas, principalmente nas regiões onde o preço dos fertilizantes é elevado. A decomposição de diferentes constituintes vegetais no solo é um processo realizado pelos seus microorganismos heterotróficos. O nitrogênio necessário para o crescimento da biomassa microbiana é retirado da reserva de nitrogênio mineral do solo ou do nitrogênio orgânico contido no resíduo vegetal (ALFAIA, 1997).

A dinâmica do nitrogênio nos sistemas agrícolas é complexa e é influenciada por diversos fatores, os quais interferem na disponibilidade deste nutriente para as culturas (VILLAS BÔAS, 1995).

A quantidade de N disponível é variável em função da cultura antecessora, dos processos de imobilização, mineralização, das perdas, da cultura sucessora, das condições edafoclimáticas, do sistema de cultivo e outros fatores, que acabam por dificultar sobremaneira a utilização do solo como indicativo da necessidade ou não de aplicar N (COELHO et al., 1992).

#### **4.1 Nitrogênio no Solo**

O nitrogênio está entre os elementos mais abundantes na natureza, sendo encontrado na litosfera e na atmosfera (maior reservatório de N). No solo apenas uma pequena fração de N da litosfera está disponível às plantas. Embora seja pequena a quantidade de nitrogênio encontrada na massa seca das plantas (2 – 4 %) comparada 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 e KIRKBY, 1987).

No solo, 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 ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NH}_4^+$ ), sendo o  $\text{NO}_3^-$  a forma predominante utilizada pelos vegetais. Com a predominância da forma orgânica de N, solos com alto teor de matéria orgânica apresentam alto potencial de suprimento de N para as culturas.

O teor total de N na camada de 0 a 20 cm varia em geral de 0,05 a 0,5 % (SÁ, 1996). Do nitrogênio total da camada superficial dos solos agrícolas, mais de 85 % encontram-se na forma orgânica (FASSBENDER, 1975), sujeito a mineralização por processos microbióticos, sendo convertido em amônio e posteriormente, pela nitrificação, transformado em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e finalmente em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

A quantidade de N recuperada pelas plantas depende, entre outros fatores, das características dos resíduos vegetais, do tipo de cultura, das condições ambientais

e do tipo de manejo adotado. Das quantidades de N adicionados ao solo, muito pouco é recuperado pelas plantas, evidenciando a grande perda de N no solo, em virtude de processos de volatilização, lixiviação, desnitrificação, erosão e imobilização microbiana (STEVENSON, 1982). Por sua vez, a utilização do N-fertilizante pelas plantas pode ser maximizada, localizando-se o adubo na região mais ativa do sistema radicular, aplicando-se o fertilizante no estágio fisiológico da cultura de maior demanda pelo nutriente, aliando condições adequadas de regime hídrico a práticas de manejo (OLSON e KURTZ, 1982).

Em função das condições de aeração que predominam nos solos cultivados com milho, a principal forma de nitrogênio existente no solo e absorvido pelas raízes é a nítrica (BÜLL, 1993).

No Brasil, a uréia e o nitrato de amônio constituem as principais fontes de N. A uréia, representando cerca de 50 % do mercado, quando aplicada ao solo, sofre, inicialmente, hidrólise, produzindo amônia e gás carbônico, numa reação mediada pela urease. Essa reação inicial da uréia apresenta importantes aspectos, entre os quais a elevação do pH do solo, para a faixa de 8 a 9, nas imediações do grânulo desse fertilizante. Por sua vez, o sulfato de amônio, que representa cerca de 25 % do mercado, quando aplicado ao solo, por dissolução, produz diretamente íons amônio. Uma vez presente no solo, o amônio pode ser oxidado a nitrato, numa reação mediada por bactérias autotróficas e denominada nitrificação (SILVA e VALE, 2000).

Coelho et al. (1992) trabalhando com milho irrigado em um Latossolo Vermelho escuro textura argilosa que havia recebido doses de 60 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia, verificaram que houve a predominância de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> até 61 dias após a adubação de cobertura (fase de enchimento de grãos) até a profundidade de 60 cm, onde a partir desta o nitrato passou a predominar.

## **4.2 Nitrogênio na Planta**

O N é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pelas plantas. Apesar de existir em grande quantidade na forma de N<sub>2</sub>-atmosférico, a fonte de N para as plantas não-simbióticas é o solo.

Embora parte do N contido na forma orgânica do solo seja mineralizada pela atividade microbiana, esta quantidade, na maioria dos solos, não é isoladamente suficiente para atender a demanda de culturas exigentes nesse nutriente. Além disto, o N orgânico do solo é lentamente liberado durante o ano, enquanto a taxa de demanda das culturas requer maior quantidade deste nutriente disponível no início da estação de crescimento (STANFORD, 1973).

O nitrogênio é constituinte de vários compostos como proteínas, enzimas, bases nitrogenadas, vitaminas além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila, sendo o nutriente mais extraído e exportado pela cultura do milho, proporcionando importantes efeitos como o aumento da produtividade (BÜLL, 1993; ERNANI et al., 1996; FAGERIA et al., 1997; FERNANDES et al., 1999) e aumento no teor de proteína (melhor qualidade) dos grãos (NEPTUNE, 1977).

As exigências de nitrogênio variam de acordo com os estádios de desenvolvimento da planta de milho, sendo mínimas nos estados iniciais e aumentando até em torno de 80 dias após a emergência (quantidade média de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N), que coincide com o período compreendido entre o início do florescimento e início da formação de grãos (ARNON, 1975).

### **4.3 Comportamento da Uréia no Solo**

Dentre as principais causas que levam a diminuição do aproveitamento do N pelas plantas quando se emprega uréia na adubação, destacam-se cinco processos que atuam simultaneamente de forma direta, sendo eles: as perdas por volatilização de amônia, desnitrificação, o escoamento superficial, a lixiviação e a imobilização microbiana (LARA CABEZAS, 2000).

#### 4.3.1 Lixiviação da uréia e escoamento superficial

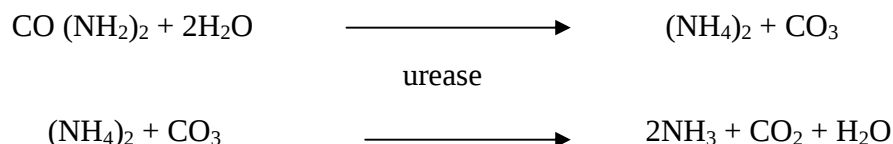
A uréia ao ser aplicada no solo, está sujeita a várias reações e processos. O primeiro processo que ocorre, é a lixiviação, considerada até pouco tempo como a principal perda do N disponível às plantas. No entanto, trabalhos recentes mostram que as perdas por lixiviação são desprezíveis nas doses de N comumente empregadas na agricultura.

Em Coelho (1987) a perda por lixiviação foi de 4% do N aplicado em cobertura ( $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na forma de uréia), sendo 56% absorvidos pela cultura do milho, 23% retidos no solo, imobilizados na MO, e 15% perdidos no sistema.

Nas propriedades agrícolas bem tecnificadas, a conservação do solo já está incorporada na rotina, e pode-se dizer, então, que as perdas por erosão são muito pequenas. Assim, por exclusão, restam duas hipóteses para a menor eficiência da adubação nitrogenada no plantio: perdas gasosas e/ou imobilização biológica.

#### 4.3.2 Volatilização de amônia

As perdas de amônia decorrem do fato de a uréia sofrer hidrólise rapidamente através da urease, que é uma enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo ou pode ter origem de resíduos vegetais, produzindo carbonato de amônia, que, por sua vez, desdobra-se facilmente em gás  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  e água, conforme as reações:



Um fator agravante no mecanismo de perdas é o acentuado aumento do pH causado pela amônia em torno do grânulo de aplicação, o que dificulta sua conversão para o íon mais estável  $\text{NH}_4^+$  e, conseqüentemente, favorece a volatilização (RODRIGUES e KIEHL, 1986). Estes autores, trabalhando com volatilização de amônia após o emprego de

uréia, observaram que a volatilização teve início logo no primeiro dia quando o adubo foi aplicado na superfície ou a 0 – 2 cm, confirmando observações no sentido que a hidrólise da uréia no solo se dá com relativa rapidez; nas aplicações mais profundas o início da volatilização atrasou em até cinco dias.

Bouwmeester et al. (1985), verificaram que uma precipitação de 24 mm foi suficiente para proteger o N-uréia das perdas por volatilização de amônia. A precipitação necessária para lixiviar uréia a uma dada profundidade do solo, suficiente para eliminar as perdas por volatilização de amônia, é dependente de diversos fatores, podendo-se citar, entre eles, o conteúdo inicial de umidade do solo, capacidade tampão e capacidade de troca de cátions (FERGUSON e KISSEL 1986).

#### **4.3.3 Imobilização microbiana**

Quando resíduos de gramíneas são adicionados à superfície do solo, verifica-se uma decomposição muito mais lenta que aquela das leguminosas e crucíferas. Dentre os fatores que concorrem para isto, destacam-se a elevada relação C/N e, em muitas situações, a reduzida disponibilidade de N mineral do solo. Assim, ao invés de um fornecimento do N pelos resíduos das gramíneas para a cultura em sucessão, geralmente verifica-se um decréscimo na disponibilidade deste nutriente, resultando em menor absorção de N pelo milho, especialmente em situação de ausência ou limitada fertilização nitrogenada mineral (AITA et al., 1994).

#### **4.4 Localização e Modo de Aplicação da Uréia**

Dentre as alternativas estudadas, visando reduzir as perdas de N-uréia por lixiviação e volatilização, está a incorporação da uréia no solo. O modo com que a uréia é aplicada ao solo pode influir substancialmente nas perdas de amônia por volatilização. A aplicação a certa profundidade ou a incorporação da uréia à camada superficial do terreno, são

práticas que conduzem a menores perdas que a aplicação à superfície, porque aumentam a chance de o gás ser convertido no solo (RODRIGUES e KIEHL, 1986).

Segundo Hargrove (1988), a profundidade de incorporação necessária para redução ou eliminação das perdas depende de fatores ambientais como o teor de água do solo e das características do solo como textura, densidade, CTC, conteúdo de matéria orgânica, porém para a maioria dos solos está entre 5 a 10 cm.

Quando a uréia é aplicada na superfície do solo, as perdas de  $\text{NH}_3$  por volatilização ocorrem devido a pouca chance que o  $\text{NH}_3$  tem de encontrar íons  $\text{H}^+$  e passar a  $\text{NH}_4^+$  (COELHO et al., 1992).

No Brasil, vários trabalhos foram realizados em condições de laboratório e de campo envolvendo avaliação de perdas de amônia devido a aplicação de uréia. Em muitos deles obteve-se diminuição de perdas pela incorporação de uréia (ANJOS e TEDESCO, 1976; CAMPOS e TEDESCO, 1979; RODRIGUES e KIEHL, 1986); em outros porém, como os de Coutinho et al. (1987), Mello et al. (1988), Coelho et al. (1992), não observaram o efeito benéfico da incorporação da uréia ao solo sobre a produção na cultura do milho. De acordo com Mello et al., (1988), é possível que em condições de campo, as perdas de amônia não sejam tão elevadas quanto as que se tem medido em laboratório e casa de vegetação (RODRIGUES e KIEHL, 1986), e, dessa forma, não tenham sido suficientes para provocar decréscimos significativos de produção.

Coutinho et al. (1987) atribuíram os resultados à precipitação pluvial. Entretanto, para essa hipótese ser verdadeira, deveria ocorrer uma interação significativa entre modo de aplicação e estratégia de parcelamento, em virtude da ocorrência de precipitações imediatamente após as aplicações da uréia aos 30 e aos 50 dias, ao passo que na cobertura efetuada aos 40 dias somente uma semana após é que ocorreram chuvas. O autor ainda conclui que se ocorreram perdas de amônia por volatilização, foram em pequenas quantidades, e não afetaram a produção de grãos e o teor foliar de N.

Ernani et al., 2002 trabalho com lixiviação e imobilização de nitrogênio observaram que a lixiviação do N aplicado variou com a forma de aplicação do fertilizante nitrogenado. Ela foi maior quando a uréia foi incorporada ao solo do que quando aplicada sobre a superfície, provavelmente em virtude da maior volatilização de amônia, e, ou, do retardamento da nitrificação nos tratamentos com uréia na superfície, em decorrência

do menor contato do fertilizante com o solo. O retardamento da lixiviação, após a adição de fertilizantes ao solo, é extremamente desejável, pois permite um maior período de absorção pelas plantas, aumentando, com isso, a utilização do nutriente.

Rodrigues e Kiehl (1986), trabalhando com dois tipos de solo, observaram que a aplicação de uréia na superfície resultou na volatilização de quase todo o N e que as aplicações a 0 – 5 e a 5 cm de profundidade permitiram melhor controle da volatilização, principalmente no solo Podzólico Vermelho-Amarelo onde as perdas puderam ser eliminadas com a localização do fertilizante a 5 cm da superfície. No Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, a volatilização não pode ser totalmente controlada mesmo com localização da uréia a 5 cm de profundidade, provavelmente devido a menor CTC desse solo em relação ao anterior.

Lara Cabezas et al. (2000), trabalhando com balanço de adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura do milho, em sistema plantio direto, observaram que houve perdas significativas de  $\text{N-NH}_3$ , quando as fontes foram aplicadas na superfície do solo. A volatilização nos tratamentos com as fontes incorporadas ao solo foi insignificante e excluídas da comparação. A incorporação das fontes (5 – 7 cm de profundidade), mostrou ser a forma mais eficiente de controlar as perdas (5,0 e 3,5 % do N aplicado, para as fontes uréia e uran, respectivamente). Anjos e Tedesco (1976), observaram que a incorporação da uréia diminuiu efetivamente as perdas de amônia. O solo úmido associado a altas temperaturas, de ocorrência comum na época da aplicação da cobertura nitrogenada, favorece, notadamente, as perdas por volatilização, quando a uréia é aplicada na superfície do solo (LARA CABEZAS et al., 1997 a,b).

Lara Cabezas et al. (1997b), trabalhando com volatilização de amônia na cultura do milho, observaram que as perdas mais significativas foram das fontes aplicadas na superfície dos resíduos de aveia preta. A ordem decrescente de volatilização foram de 78,0; 37,2; 26,9; 10,2 e 7,9 % do N aplicado das fontes de uréia, uran, sulfuran, sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente.

Segundo Varsa et al. citados por Lara Cabezas et al. (1997b), a uréia e o uran podem sofrer grandes perdas por volatilização quando colocadas na superfície do solo em contato com resíduos. Na hidrólise enzimática dessas fontes, se o  $\text{NH}_4^+$  não é absorvido pelo solo será perdido para a atmosfera.

Apesar da elevada probabilidade de ocorrerem perdas de amônia por volatilização após a aplicação da uréia à superfície, e da localização do adubo a alguns centímetros de profundidade reduzir significativamente essas perdas como citado nos trabalhos anteriores, Mello et al. (1988) não observaram efeito da incorporação da uréia ao solo sobre a produção de milho em nenhum dos seis experimentos estudados. Lara Cabezas et al. (1997b), observaram que, independente da fonte utilizada no sistema de semeadura direta, houve menor produção de massa seca e absorção de N pela parte aérea, quando as fontes foram incorporadas. A palhada da aveia-preta apresenta alta relação C/N, isso poderia Ter criado condições de falta de N no solo, favorecendo o processo de imobilização e, conseqüentemente, menor absorção do N pelas culturas.

A velocidade da hidrólise da uréia pode ser influenciada também pelo modo de aplicação do fertilizante que modifique a concentração de uréia por volume de solo Hargrover (1988), o que pode ser conseguido alterando a largura de faixa de aplicação. A maior concentração da uréia iria proporcionar um tempo maior para que toda a uréia fosse hidrolisada, o que aumentaria nesse período de tempo a probabilidade de ocorrência de chuva, e conseqüentemente, possibilitaria mover parte da uréia não hidrolisada para o interior do solo.

Villas Bôas (1995), trabalhando com parcelamento e largura de faixa de aplicação de uréia, não observou diferença significativa entre os modos de aplicação de N na cobertura para as variáveis analisadas, diferenciando apenas em relação a testemunha.

#### **4.5 Nitrogênio no Sistema de Semeadura Direta**

Quando o sistema de semeadura direta é adotado, uma das primeiras alterações que ocorrem em relação ao sistema de preparo convencional é a manutenção dos restos culturais sobre a superfície do solo. Com isso, toda a dinâmica dos nutrientes é alterada, inclusive a do N, especialmente pelo aumento da matéria orgânica do solo e manutenção da cobertura morta como conseqüente aumento da atividade biológica (PAULETTI e COSTA, 2000).

A liberação de N de resíduos culturais depende dos processos microbianos de imobilização e mineralização, que são influenciados por vários fatores ambientais, como temperatura do solo, regime de água/aeração (AULAKH et al., 1991), pH e teor de nitrogênio no solo (AITA, 1997), e também pelo tipo e manejo das coberturas de solo. Portanto, a resposta do milho à aplicação de N na semeadura deve variar em função do ambiente.

O sistema de semeadura direta tem-se mostrado benéfico para o aumento no teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, de nitrogênio no solo, especialmente com a introdução de leguminosas (GONÇALVES et al., 2000).

#### **4.6 Rotação de Culturas**

Após ter estudado o comportamento do N na cultura do milho em sistema de semeadura direta na região Sul do Brasil, Sá (1996) definiu que a cultura antecedente ao milho exerce forte influência na quantidade de N a ser aplicada, podendo a dose de N ser reduzida após o cultivo com leguminosas.

As leguminosas são as principais culturas que proporcionam incrementos de N no solo, tanto pela fixação biológica, quanto pela reciclagem de N, através da absorção em maiores profundidades e deposição na superfície dos solos. Para o milho, isto é relevante, uma vez que a fertilização nitrogenada é um componente importante do custo de produção da cultura (PAULETTI, 2000).

A relação C:N da palha presente na superfície ou incorporada no sistema, tem importância na liberação de N para as culturas posteriores. Culturas como a aveia, centeio e milho, apresentam relações maiores que 30:1, o que proporciona maior imobilização inicial de N, que a mineralização. Culturas como ervilhaca, soja e nabo apresentam relações menores que 30:1 proporcionando sobreposição da mineralização sobre a imobilização (DERPSCH e CALEGARI, 1992).

O comportamento diferenciado entre leguminosas e gramíneas no fornecimento de N ao milho pode ser explicado pela capacidade das primeiras em fixar o N<sub>2</sub> atmosférico e pelas diferenças na relação C/N e na composição bioquímica dessas espécies,

que são as principais características inerentes ao tecido vegetal com reflexos diretos sobre a sua velocidade de decomposição e, conseqüentemente, sobre a disponibilidade de N no solo (RECOUS et al., 1995). A relação C/N média das leguminosas é de 12,8, enquanto na aveia ela é de 34,9, valor superior aquele considerado como sendo de equilíbrio entre os processos microbianos de imobilização e mineralização de N que é de aproximadamente 25 (PAUL e CLARK, 1989).

Geralmente, as plantas de milho cultivadas em sucessão a gramíneas absorvem menos N em relação às que se desenvolvem em sucessão a leguminosas, refletindo-se em menor rendimento de grãos (AITA et al., 1994; TEIXEIRA et al., 1994; DA ROS e AITA, 1996; ARGENTA, 1998). Isso pode ser atribuído, principalmente, à alta relação C/N dos restos culturais das gramíneas. Nestas condições, os microorganismos que os decompõem, utilizam grande parte do N mineral presente no sistema, diminuindo a sua disponibilidade para a cultura (VICTORIA et al., 1992).

Rotações que utilizam leguminosas, diminuem a necessidade de aplicação de fontes externas de N, como a uréia e o sulfato de amônio. Resultados obtidos por Sá (1995), mostram a menor necessidade de adubação nitrogenada no milho cultivado sobre leguminosas do que sobre gramíneas. Reduções de até 50 % das doses de N são sugeridas em áreas sobre leguminosas. A disponibilização imediata e o incremento de N no solo aumentando a capacidade de fornecimento para a cultura subsequente, são as principais justificativas para este comportamento.

Mascarenhas et al. (1978), observaram que a cultura do milho após soja, além do aumento de rendimento em grãos, teve diminuída substancialmente a necessidade de aplicação de nitrogênio em cobertura, devido ao fornecimento desse nutriente pelos restos culturais da planta da soja.

Muzilli (1983) verificou que o cultivo do milho após o tremoço apresentou pouca resposta ao nitrogênio aplicado em cobertura, enquanto que na ausência de tremoço, a resposta foi linear, havendo resposta até a dose de 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, em um Latossolo Roxo distrófico.

Teixeira et al. (1994), observaram que os sistemas de cultura determinaram diferenças significativas no rendimento de milho nas parcelas sem N nos dois anos de estudos, onde o rendimento da testemunha (pousio/milho) foi superado em 154 % pelo

sistema milho + lablabe, 165 % pelo milho + guandu, 178 % pelo trevo + gorga e 251 % pelo siratro. Os sistemas de cultura supriram N ao milho em quantidade que, mesmo sem adubação nitrogenada, foi suficiente para produzir 25 a 106 % do rendimento máximo obtido com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, no solo descoberto e no siratro respectivamente.

Pöttker e Roman (1994), ao analisarem as produções de milho no tratamento sem N na cobertura, verificaram que nos dois anos o milho cultivado após leguminosas apresentaram maiores rendimentos do que os cultivados após pousio de inverno e aveia-preta. Isso indica que as leguminosas contribuíram com N para a nutrição do milho.

Aita et al. (2001), verificaram que, na ausência de adubação nitrogenada, o rendimento médio de grão de milho em sucessão às leguminosas foi superior em 89 e 43 % nos tratamentos com aveia preta e pousio invernal, respectivamente. Tais resultados mostram que a utilização de leguminosas no inverno constitui uma fonte alternativa de N para o milho cultivado em sucessão.

Porém o comportamento das leguminosas pode ser diferenciado, segundo Scivittaro et al. citados por Pöttker (2000), avaliando o efeito da mucuna preta observaram que a contribuição imediata desta leguminosa no fornecimento de N para a cultura do milho foi baixa e inferior ao N da uréia. Já Kanthack et al. (1991), não observaram resposta à adubação nitrogenada em milho cultivado após tremoço.

#### **4.7 Fatores que Afetam a Resposta do Milho à Adubação Nitrogenada, em Semeadura Direta**

A recomendação de adubação nitrogenada na cultura do milho é baseada na classe de resposta esperada a nitrogênio (histórico de utilização da área) e produtividade esperada (RAIJ et al., 1985). No entanto, existem vários outros fatores que poderão interferir na resposta do milho à aplicação de N em semeadura direta, que deveriam ser levados em consideração na recomendação de adubação deste nutriente.

Dentre estes fatores, destaca-se a disponibilidade inicial de N no solo, o tipo de seqüência de culturas em sucessão, o sistema de rotação de culturas e o tempo de adoção do sistema de semeadura direta (PAULETTI, 2000).

A disponibilidade de N no solo e, portanto, a resposta à adubação nitrogenada pela cultura do milho, depende dos processos microbianos de imobilização e mineralização ocorrentes durante a decomposição dos resíduos culturais. A diferença de intensidade entre estes dois processos simultâneos e opostos, poderá resultar em aumento na disponibilidade de N no solo-mineralização ou na diminuição-imobilização.

A mineralização do N de resíduos culturais também é influenciada pelo regime nutricional de N, sendo tanto maior quanto maior for o teor de N nos tecidos (JANSEN e KUCEY, 1988) e maior a quantidade de resíduos da cobertura do solo (TOLLENAAR et al., 1993).

Resíduos que permanecem na superfície do solo demoram mais para se decompor do que os incorporados, pois a incorporação favorece o ataque microbiano da palha, acelerando a taxa de decomposição (SCHOMBERG et al., 1994). Materiais com maior teor de N nos tecidos, menor razão C/N, maior relação N/lignina e com maior teor de compostos são decompostos mais rapidamente (STOTT et al., 1986; JANSEN e KUCEY, 1988).

Um parâmetro ainda pouco estudado, e que interfere na velocidade de decomposição de resíduos de culturas, é a disponibilidade de N no solo. Em solos com baixos teores de N mineral, poderá haver limitações ao crescimento microbiano e, portanto, à decomposição da palha (AITA, 1997). Este é o caso, por exemplo, de restevras de milho e de aveia que poderão se acumular no solo, já que seus teores de N são normalmente baixos para atingir a demanda deste nutriente pela população microbiana no processo de decomposição. O efeito inibidor da palha no rendimento de grãos de milho será tanto mais pronunciado quanto menores forem os teores de matéria orgânica e de N mineral do solo (AITA, 1997).

Outro fator que afeta a disponibilidade N no solo e, portanto, a resposta do milho à adubação nitrogenada, é a seqüência de culturas em sucessão, gramíneas ou leguminosas, que têm efeitos diferenciados sobre o rendimento de grãos. A resposta do milho à adubação nitrogenada em sucessão a leguminosas é reduzida, devido às mesmas incorporarem mais N ao solo e a sua menor razão C/N proporcionar maior liberação de N nos estádios iniciais (SANTOS e PÖTTKER, 1990; CERETTA et al., 1994; ARGENTA, 1998). A rotação de culturas também afeta a resposta do milho à aplicação de N, sendo menor quanto maior for o número de anos de cultivo de leguminosas na área (MUZILLI e OLIVEIRA, 1992).

O milho cultivado em sucessão a gramíneas apresenta menor rendimento de massa seca, menor absorção de N (TEIXEIRA et al., 1994; AITA et al., 1994; DA ROS e AITA, 1996; ARGENTA, 1998) e menor rendimento de grãos em relação ao semeado em sucessão a leguminosas (PÖTTKER e ROMAN, 1994; SÁ, 1996; DA ROS e AITA, 1996; ARGENTA, 1998). Estas reduções são atribuídas ao fato de que a adição de quantidades elevadas de resíduos culturais com alta razão C/N faz com que os microorganismos quimiorganotróficos, que atuam na decomposição do material orgânico, multipliquem-se rapidamente, assimilando carbono e produzindo CO<sub>2</sub> em grandes quantidades. Paralelamente à decomposição do carbono, os microorganismos necessitam assimilar N. Como consequência, o nitrato e o amônio presentes no solo praticamente desaparecem (VICTORIA et al., 1992).

O tempo de adoção do sistema de semeadura direta influencia a resposta do milho à adubação nitrogenada. Na fase inicial de adoção do sistema, observa-se maior necessidade de utilização de N. Isto se deve ao processo de imobilização em função da maior oferta de carbono ao sistema e, conseqüentemente, da maior atividade da biomassa microbiana (SÁ, 1996). De acordo com esse autor, após quatro anos de implantação, inicia-se o restabelecimento do equilíbrio das transformações que ocorrem no solo, à medida que a reposição dos resíduos culturais proporciona acúmulo de N orgânico na camada superficial. Após 9 a 12 anos de semeadura direta, observa-se maior liberação de N para o sistema, havendo menor resposta à adubação nitrogenada.

#### **4.8 Resposta da Cultura do Milho a N na Semeadura Direta**

Na fase inicial de adoção do sistema de semeadura direta existe uma maior necessidade de utilização de N no cultivo do milho. Isto ocorre porque os teores de matéria orgânica do solo ainda encontram-se baixos e, geralmente, temos resíduos de alta relação C/N sobre o solo. Estes fatores aumentam o processo de imobilização de N pela biomassa microbiana do solo, podendo haver deficiência de N logo após a semeadura. Com a finalidade de diminuir a deficiência inicial de N para o milho, recomenda-se, para qualquer

situação, a aplicação de maior dose deste nutriente na semeadura, em relação ao sistema convencional (SÁ, 1989, 1993, COMISSÃO DE FERTILIDADE..., 1995).

Resultados obtidos por Sá (1995) em trabalhos desenvolvidos durante 7 anos sob plantio direto, na Região dos Campos Gerais Paraná - Brasil, indicam a aplicação de 90 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em milho cultivado sobre aveia e 45 a 75 kg ha<sup>-1</sup> de N em milho cultivado sobre leguminosa, como suficientes para a obtenção dos maiores retornos econômicos, mantendo-se uma aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura, e o restante em uma única aplicação quando na expansão da 6ª e 8ª folha, utilizando como fonte a uréia

De maneira geral, quando o plantio direto é adotado, vários conceitos e conhecimentos científicos na área de fertilidade de solos sofrem modificações profundas exigindo uma nova linha de pesquisa, visando a adaptação ou alteração dos dados até então obtidos (PAULETTI, 2000).

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Local**

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu, situada no município de Botucatu, Estado de São Paulo. A localização geográfica está definida entre as coordenadas 22°49' de latitude Sul; 48°25' de longitude Oeste; com altitude média de 770 metros, declividade média de 4,5 % e exposição face oeste.

### **5.2 Clima**

O município de Botucatu apresenta clima característico do tipo Cwa (segundo classificação de Koeppen) tropical úmido, com inverno seco (junho – julho – agosto) e verão chuvoso (dezembro, janeiro e fevereiro). A umidade relativa do ar apresenta média anual de 74 %, tendo insolação real e potencial médias mensais de 201,9 e 365,1 horas, respectivamente. A temperatura média do ar durante o verão é de 24,0°C e no inverno é de 17,2°C, apresentando uma média anual de 21,1°C. As Figuras 1 e 2 contém os dados de precipitação pluviométrica (mm), horas de insolação e temperaturas máxima, mínima e média semanais (°C), dos meses de julho de 2002 a maio de 2003.

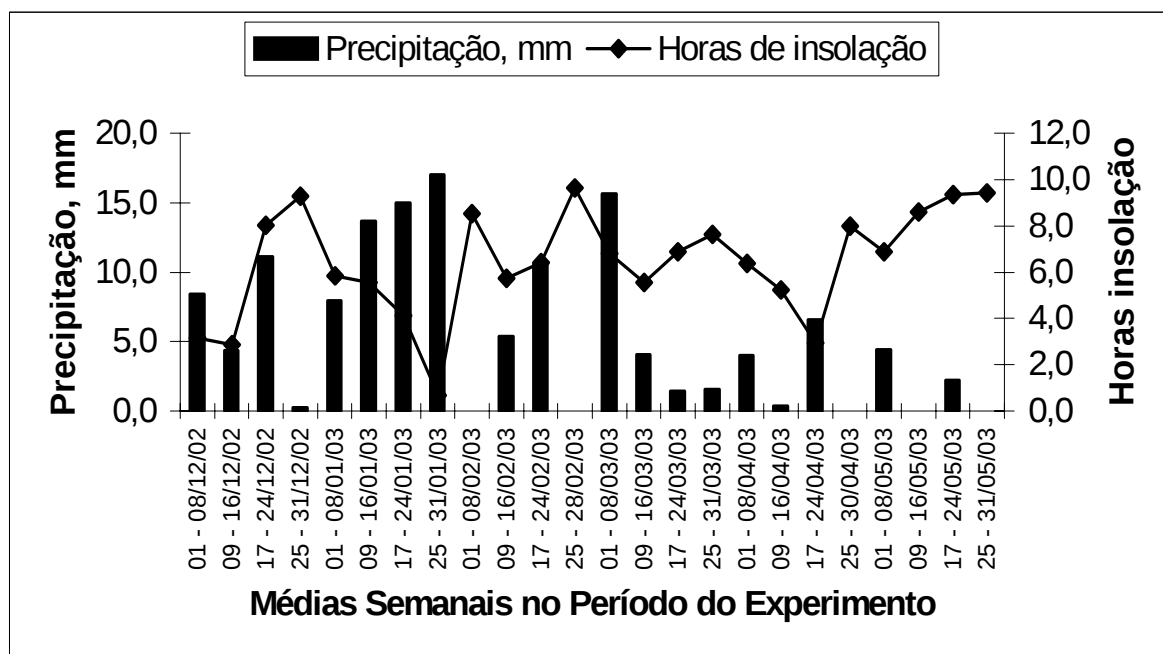


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) e horas de insolação, registradas durante o ciclo da cultura, em Botucatu/SP.

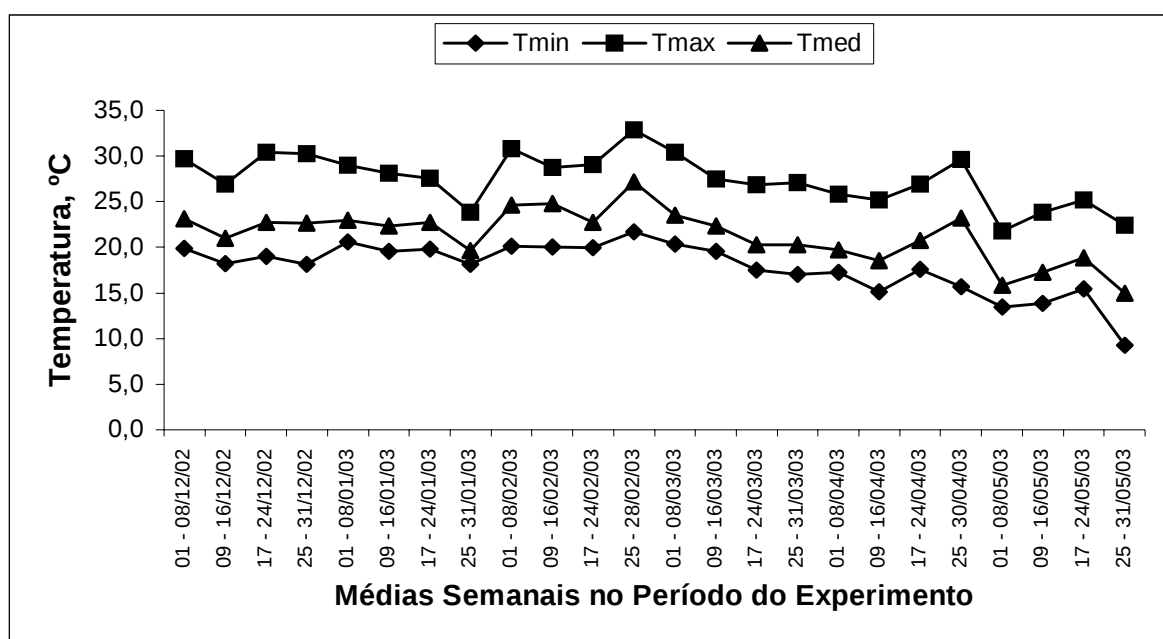


Figura 2. Temperaturas (°C) máximas, mínimas e médias, registradas durante o ciclo da cultura do milho, em Botucatu/SP.

### 5.3 Solo

O solo da área Experimental foi classificado como Terra Roxa Estruturada por Carvalho et al. (1983) sendo na nova nomenclatura classificado como NITOSSOLO VERMELHO Distroférico (EMBRAPA, 1999), textura argilosa. Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0,00 – 0,05; 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m, para caracterização química da área no momento da aplicação dos tratamentos. Após a coleta o solo foi encaminhado ao Laboratório do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, e uma vez seco à sombra e ao ar, foi destorroado e passado em peneira de 2mm (ABNT nº 10), obtendo assim o material denominado terra fina seca ao ar (TFSA). Em seguida foi submetido às análises químicas, realizadas de acordo com as metodologias descritas em Raij et al. (2001), cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo nas camadas de 0,00 – 0,05; 0,05 – 0,10; 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,40 m antes da aplicação dos tratamentos, Botucatu/SP.

| Camadas   | pH                | M.O                | P resina            | H+Al  | K                                  | Ca    | Mg    | SB    | CTC   | V    | S                  |
|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|-------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------|
|           | CaCl <sub>2</sub> | g dm <sup>-3</sup> | mg dm <sup>-3</sup> | ----- | mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | ----- | ----- | ----- | ----- | %    | mg dm <sup>3</sup> |
| 0,00–0,05 | 6,0a              | 34a                | 28ab                | 27b   | 4,5a                               | 43a   | 31a   | 79a   | 106a  | 75a  | 7b                 |
| 0,05–0,10 | 5,5ab             | 29ab               | 46a                 | 39ab  | 3,5a                               | 29ab  | 21ab  | 54ab  | 93ab  | 58ab | 11b                |
| 0,10–0,20 | 4,7b              | 24bc               | 17ab                | 43a   | 2,0b                               | 17b   | 13b   | 32b   | 75bc  | 43b  | 18b                |
| 0,20–0,40 | 5,0ab             | 17c                | 3b                  | 30ab  | 1,3b                               | 14b   | 8b    | 23b   | 53c   | 43b  | 39a                |

| Camadas     | B                   | Cu     | Fe      | Mn     | Zn    |
|-------------|---------------------|--------|---------|--------|-------|
|             | -----               | -----  | -----   | -----  | ----- |
|             | mg dm <sup>-3</sup> | -----  | -----   | -----  | ----- |
| 0,00 – 0,05 | 0,25a               | 10,50a | 17,50ab | 48,00a | 2,50a |
| 0,05 – 0,10 | 0,25a               | 11,25a | 22,25a  | 59,25a | 1,75a |
| 0,10 – 0,20 | traços              | 11,00a | 23,00a  | 29,25a | 1,75a |
| 0,20 – 0,40 | traços              | 6,25b  | 17,50b  | 17,50b | 0,25b |

\* Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

## 5.4 Insumos Agrícolas

### 5.4.1 Sementes

Para a implantação do experimento utilizou-se dois cultivares de milho relacionados na Tabela 2.

Tabela 2. Cultivares utilizados no experimento e suas características agronômicas.

| Cultivar | Empresa | Tipo                          | Ciclo          | Germinação<br>Mínima (%) | Pureza (%) |
|----------|---------|-------------------------------|----------------|--------------------------|------------|
| C-333B   | CARGILL | Híbrido Simples<br>modificado | Semi - precoce | 85 - 90                  | 98         |
| AL-34    | CATI    | Variedade                     | Semi - precoce | 80 - 88                  | 100        |

### 5.4.2 Fertilizantes

Utilizou-se na semeadura do milho, a dosagem de 375 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula comercial (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) 8-28-16 + 0,3 % Zn, sendo a uréia fonte de N.

### 5.4.3 Herbicidas

Para o controle das plantas invasoras em pós emergência, utilizou-se 0,5 L ha<sup>-1</sup> do herbicida Sanson 405 C (nicosulfuron) e 2,5 L ha<sup>-1</sup> do herbicida Gesaprim (atrazine) para invasoras de folhas estreitas e largas respectivamente, aos 30 dias após à semeadura.

### 5.4.4 Inseticidas

No sulco de plantio foi aplicado Lorsban 480 BR (chlorpirifos) para o controle das pragas no momento da emergência. Para o controle da lagarta do cartucho

(*Spodoptera frugiperda*), utilizou-se Decis 25 CE (deltamethrin) na dosagem de  $0,2 \text{ L ha}^{-1}$ , aos 30 dias após a semeadura.

#### 5.4.5 Equipamentos agrícolas

Para a aplicação do herbicida e do inseticida foi utilizado um trator marca New Holland 3030 Ford, modelo Condor M12 hidráulico, com pulverizador de barras montado, com capacidade para 600 litros de calda no tanque, barras com 24 bicos (ponta bico A).

Semeadora-adubadora montada, marca Super Tatu, modelo PST 2 D44 para plantio direto com quatro linhas espaçadas de 0,90 m, mecanismos sulcadores tipo haste para o fertilizante e disco duplo para semente.

### 5.5 Descrição dos Tratamentos

Foram conduzidos quatro experimentos sendo uma variedade e um híbrido em sucessão a cultura da soja e uma variedade e um híbrido em sucessão a cultura do milho, ambos sendo implantados sobre restos culturais de aveia-preta.

Para os experimentos I e II (variedade AL-34) foram realizados 12 tratamentos com 4 repetições, totalizando 48 parcelas. Sendo eles:

1. N – zero
2. N- localizado na superfície da palha (NLSP) –  $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
3. N- localizado na superfície do solo (NLSS) –  $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
4. N- localizado incorporado (5 cm) do solo (INCORPORADO) –  $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
5. N- faixa (10 cm) na superfície da palha (NFSP) -  $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
6. N- faixa (10 cm) na superfície do solo (NFSS) -  $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
7. N- localizado incorporado (5 cm) do solo –  $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
8. N- localizado incorporado (5 cm) do solo –  $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
9. N- localizado incorporado (5 cm) do solo –  $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$

10. N- localizado na superfície da palha – 30 kg ha<sup>-1</sup> N
11. N- localizado na superfície da palha – 60 kg ha<sup>-1</sup> N
12. N- localizado na superfície da palha – 90 kg ha<sup>-1</sup> N

Para os experimentos III e VI (híbrido o que C-333B) foram realizados 9 tratamentos com 4 repetições totalizando 36 parcelas, sendo eles:

1. N – zero
2. N- localizado na superfície da palha (NLSP) – 120 kg ha<sup>-1</sup> N
3. N- localizado na superfície do solo (NLSS) – 120 kg ha<sup>-1</sup> N
4. N- localizado incorporado (5 cm) no solo (INCORPORADO) – 120 kg ha<sup>-1</sup> N
5. N- faixa (10 cm) na superfície da palha (NFSP) - 120 kg ha<sup>-1</sup> N
6. N- faixa (10 cm) na superfície do solo (NFSS) - 120 kg ha<sup>-1</sup> N
7. N- localizado incorporado (5 cm) no solo – 30 kg ha<sup>-1</sup> N
8. N- localizado incorporado (5 cm) no solo – 60 kg ha<sup>-1</sup> N
9. N- localizado incorporado (5 cm) no solo – 90 kg ha<sup>-1</sup> N

Como fonte de N foi utilizada a uréia, sendo aplicada a 10 cm da fileira de plantas de milho em um filete de 1 cm para o tratamento do N localizado, e em uma faixa de 10 cm para os tratamentos em faixa. Para isso foram utilizados moldes de isopor. Para os tratamentos onde o N foi incorporado, foi utilizado o sacho para fazer a linha de aplicação de adubo em profundidade de 5 cm. Após a adubação, esse sulco foi coberto com o solo. Para as parcelas onde o N foi aplicado na superfície do solo, foi retirado a palhada com o auxílio de rastelo e após a aplicação, a palhada foi devolvida também com o auxílio do mesmo.

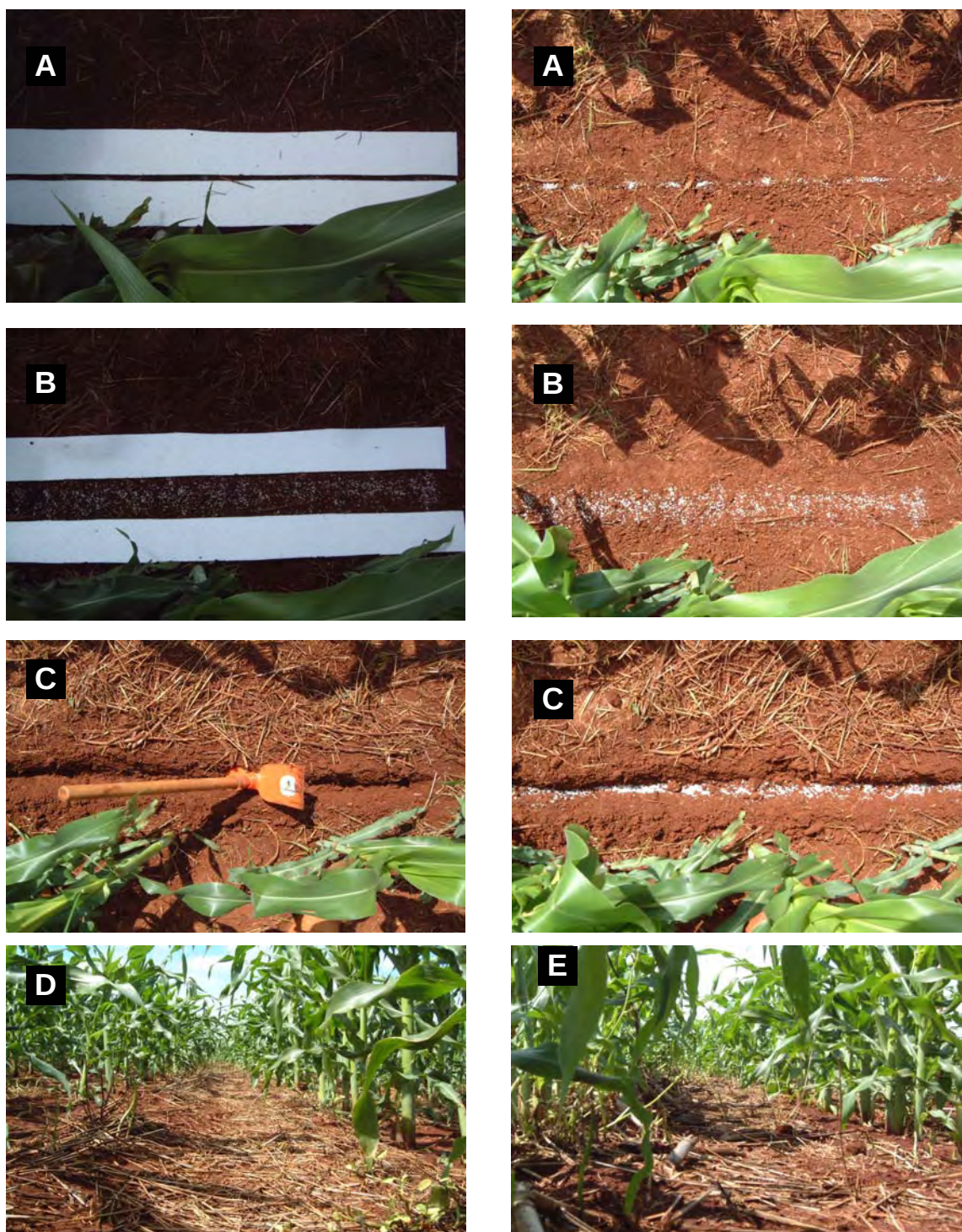


Figura 3. Filete de 1 cm para aplicação dos tratamentos de N localizado (A), faixa de 10 cm para aplicação dos tratamentos do N em faixa (B), abertura da linha para aplicação do adubo na profundidade de 5 cm (C), restos culturais na sucessão às culturas da soja e do milho (D e E), respectivamente.

## 5.6 Delineamento Experimental

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com 4 repetições totalizando 36 parcelas para o híbrido e 48 parcelas para a variedade.

Cada parcela experimental apresentou uma área de 18 m<sup>2</sup> (5,0 m x 3,6 m), com quatro linhas de milho espaçadas em 0,90 m. As parcelas foram separadas por espaços livres de 0,50 m.

## 5.7 Instalação e Condução dos Experimentos

Após a colheita do milho e da soja na safra 2001/2002, a área experimental foi semeada com aveia – preta (*Avena strigosa* Schreb) no inverno para a formação de cobertura morta. Os quatro experimentos foram implantados sobre a cobertura vegetal da aveia – preta.

No dia 06/12/2002, foi realizada a semeadura do milho com espaçamento entre linhas de 0,90 m, com média de 5,7 sementes por metro de linha. Para a adubação utilizou-se o adubo formulado (08-28-16+0,3 % Zn) em todos os experimentos. Até esse momento, as operações foram realizadas de formas idênticas à rotina da Fazenda Experimental Lageado campus da UNESP, Botucatu – SP, para área de produção e só após a emergência é que as parcelas foram demarcadas. Aos 30 dias após a semeadura, realizou-se a aplicação do herbicida e do inseticida para o controle das plantas invasoras e da lagarta de cartucho, respectivamente. Aos 32 dias após a emergência realizou-se a aplicação dos tratamentos, época em que as plantas encontravam-se com 5 a 6 folhas totalmente expandidas. Essa operação teve duração de três dias (14 a 16/01/03). A colheita foi realizada no dia 22/05/03, por ocasião da maturação plena, sendo colhidas as duas linhas centrais (úteis) de cada parcela, exceto 0,5 m das extremidades.

## **5.8 Características Avaliadas na Cultura do Milho**

### **5.8.1 Estande**

Contou-se o número de plantas em dois metros centrais de cada parcela, em duas linhas no final do ciclo da cultura, fez-se estimativa para população em há considerando-se o espaçamento utilizado.

### **5.8.2 Altura de plantas**

Para determinação da altura das plantas de milho, mediu-se, com uma trena graduada em centímetros, a distância entre a superfície do solo e a inserção da folha bandeira no colmo das plantas. Foram avaliadas dez plantas nas duas linhas centrais de cada parcela.

### **5.8.3 Altura da inserção da primeira espiga**

Foram avaliadas dez plantas nas duas linhas centrais de cada parcela, medindo-se a distância entre a superfície do solo e a inserção da primeira espiga. Utilizou-se a mesma trena do item anterior.

### **5.8.4 Diâmetro do colmo**

O diâmetro do colmo foi avaliado com um paquímetro de precisão, medindo-se o primeiro internódio do colmo a partir da superfície do solo. Mediram-se dez plantas nas duas linhas centrais em cada parcela.

### **5.8.5 Diagnose foliar**

No florescimento, foram coletadas 10 folhas de milho abaixo da espiga das duas linhas centrais em cada parcela, sendo posteriormente levadas a estufa, com circulação de ar forçada até peso constante. Em seguida foram moídas e analisadas segundo Malavolta et al. (1997).

#### **5.8.6 Análise de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) no colmo**

Aos 90 dias após a emergência foram coletadas duas plantas por parcela, para a análise de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) disponíveis no colmo. Para isso foi utilizado 20 cm da base do colmo, que foram levados à estufa, com circulação de ar forçada, até peso constante. Em seguida foram moídas e analisadas segundo metodologia proposta por Bremner & Keeney (1965).

#### **5.8.7 Proteína no grão**

Após a colheita foi retirada uma amostra de grão de cada parcela, moída e feita a determinação do teor de nitrogênio dos grãos pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1990). O teor de proteína foi obtido multiplicando-se o teor de nitrogênio por 6,25.

#### **5.8.8 Massa de 100 grãos**

Para a realização desta determinação fez-se contagem ao acaso de oito repetições de 100 sementes, e em seguida, pesadas cada uma das repetições com o mesmo número de casa decimais, conforme Brasil (1992). Corrigiu-se o peso para 13 % de água.

#### **5.8.9 Parâmetros de produção**

Para determinação dos parâmetros de produção, utilizou-se um paquímetro de precisão 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, balança de precisão para determinação da massa total de espigas com e sem palha, massa de 10 espigas sem palha, produtividade, massa de 100 grãos e foi determinada o índice de espiga através da divisão do número de espigas pelo número de plantas.

#### **5.8.10 Produtividade da cultura**

Foram demarcados dois metros em cada uma das duas linhas centrais (úteis) de cada parcela. Colheu-se, manualmente, as espigas compreendidas nesta área e, em seguida, foram trilhadas mecanicamente, pesadas e amostradas para determinação do teor de água dos grãos. Após a determinação do teor de água, corrigiu-se o peso para 13 % de água.

## 5.9 Análise Estatística

A análise estatística foi feita comparando na variedade, os tratamentos referentes a aplicação de doses de N na superfície da palha (testemunha, NLSP com 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), tratamentos incorporado a 5 cm do solo (testemunha, incorporado com 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e os tratamentos referentes ao modo de aplicação e localização do adubo (testemunha, NLSP, NLSS, INCORPORADO, NFSP e NFSS). E no híbrido, os tratamentos foram comparados referentes as doses incorporadas a 5 cm do solo (testemunha, incorporado com 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e os tratamentos referentes ao modo de aplicação e localização do adubo (testemunha, NLSP, NLSS, INCORPORADO, NFSP e NFSS). Os dados foram submetidos à análise de variância e o nível de significância, analisado através do teste “F”. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade para os tratamentos referentes a modo de aplicação e localização do adubo. Para as equações de regressão, os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) tiveram a sua significância testada aos níveis de 1 e 5 % de probabilidade. Os dados obtidos foram analisados com o programa Sisvar. Para a análise conjunta dos experimentos foi utilizado o programa Sanest segundo metodologia descrita por (GOMES e GARCIA 2002).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos experimentos são apresentados na forma de Tabelas e Figuras. Nas Tabelas, médias seguidas de letras iguais (minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal) não diferem entre si ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey. Durante a apresentação e discussão dos resultados, os ajustes de regressões estão definidos com um asterístico (\*) quando significativo a 5% de probabilidade, e (\*\*), quando a 1%.

### **6.1 Resposta da variedade de milho AL-34, a doses de N aplicadas na superfície da palha e incorporadas a 5 cm do solo, em sucessão às culturas da soja e do milho (Experimentos I e II).**

#### **6.1.1 Estande e altura de inserção da primeira espiga**

A aplicação de doses crescentes de nitrogênio (Fig. 4 a e b) promoveu ajuste linear crescente para o estande de plantas de milho, em ambas as sucessões, nos tratamentos em que as doses foram aplicadas na superfície da palha. Nos tratamentos em que as doses foram incorporadas verifica-se efeito quadrático para ambas as sucessões, sendo que, o número máximo de plantas obtido foi observado nas doses de 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N para a sucessão as culturas da soja e do milho, respectivamente.

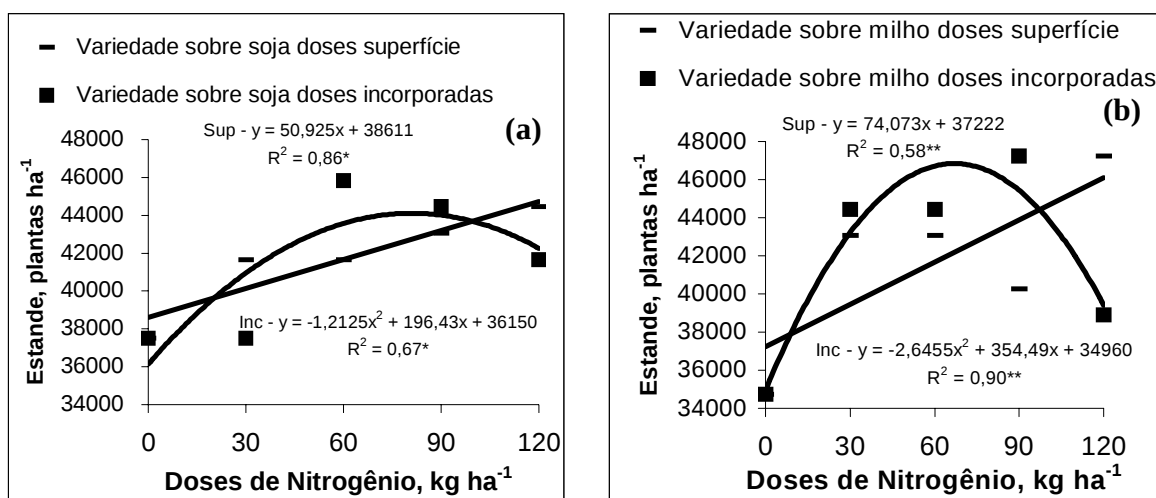


Figura 4. Estande de plantas de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

Para a altura da inserção da primeira espiga (Fig. 5 a e b) observa-se efeito quadrático para ambas as sucessões e formas de aplicação, sendo, a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> a responsável pela máxima altura na sucessão à soja e a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> na sucessão ao milho.

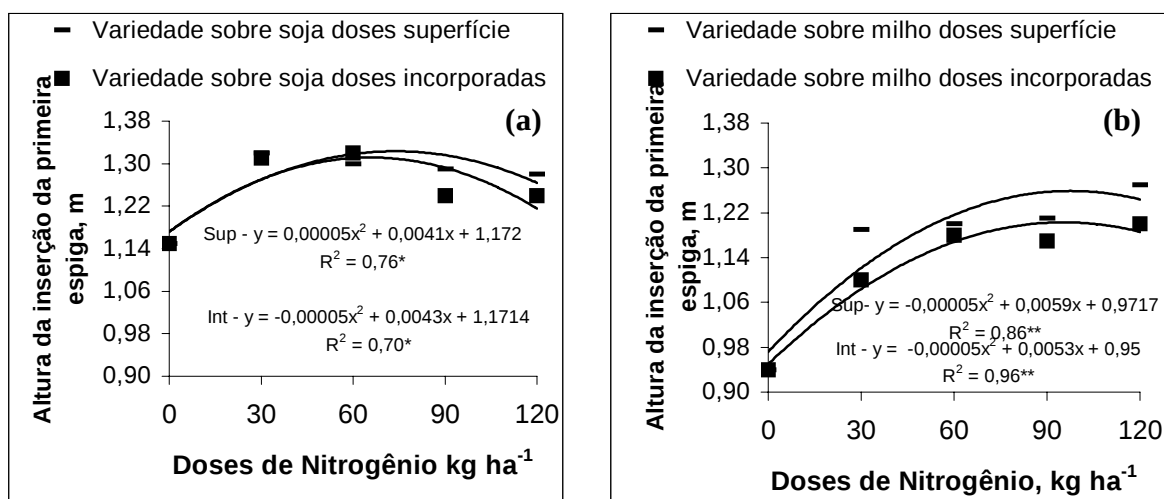


Figura 5. Altura da inserção da primeira espiga de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

### 6.1.2 Altura de planta e diâmetro do colmo

A altura de planta (Fig. 6) apresentou ajuste quadrático para ambas as sucessões e formas de aplicação, contudo, a variedade em sucessão à soja (Fig. 6 a) atingiu seu máximo crescimento com a dose mínima (30 kg ha<sup>-1</sup>), com redução nos valores a medida que foi aumentando as doses aplicadas. A variedade em sucessão ao milho (Fig. 6 b) atingiu o máximo rendimento com a dose de 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> para as aplicações na superfície da palha e incorporadas respectivamente, concordando com Sá (1996), quando este afirma que a cultura antecedente ao milho exerce forte influência na quantidade de N a ser aplicada, podendo a dose ser reduzida após o cultivo com leguminosa.

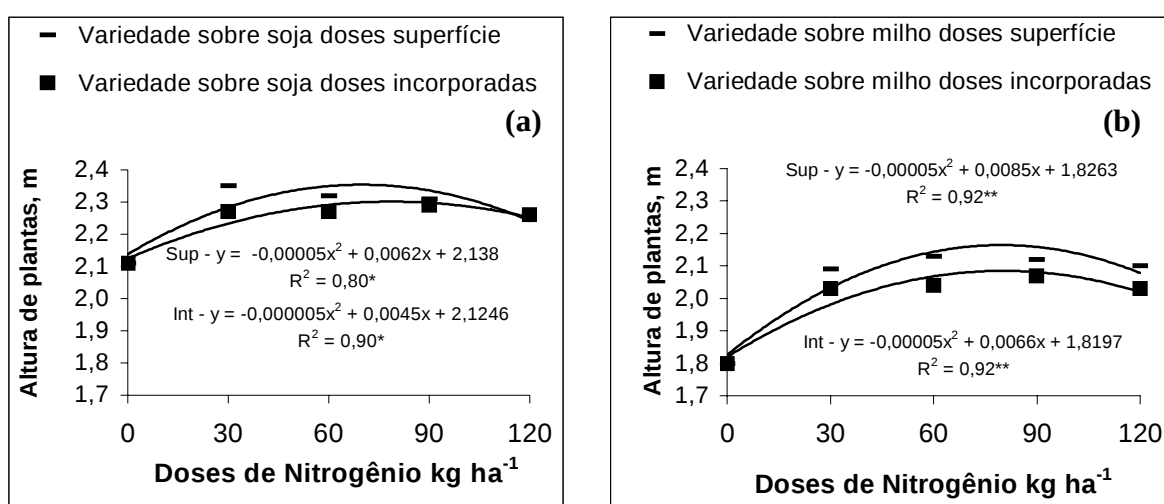


Figura 6. Altura de planta de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

O diâmetro do colmo (Fig. 7 a e b) apresentou um comportamento semelhante ao do estande, ou seja, a aplicação de doses crescente promoveu aumento linear nas duas sucessões nos tratamentos em que as doses foram aplicadas na superfície da palha e efeito quadrático quando as doses foram incorporadas, sendo, o maior diâmetro encontrado com as doses de 90 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N para a variedade em sucessão às culturas da soja e do milho, respectivamente.

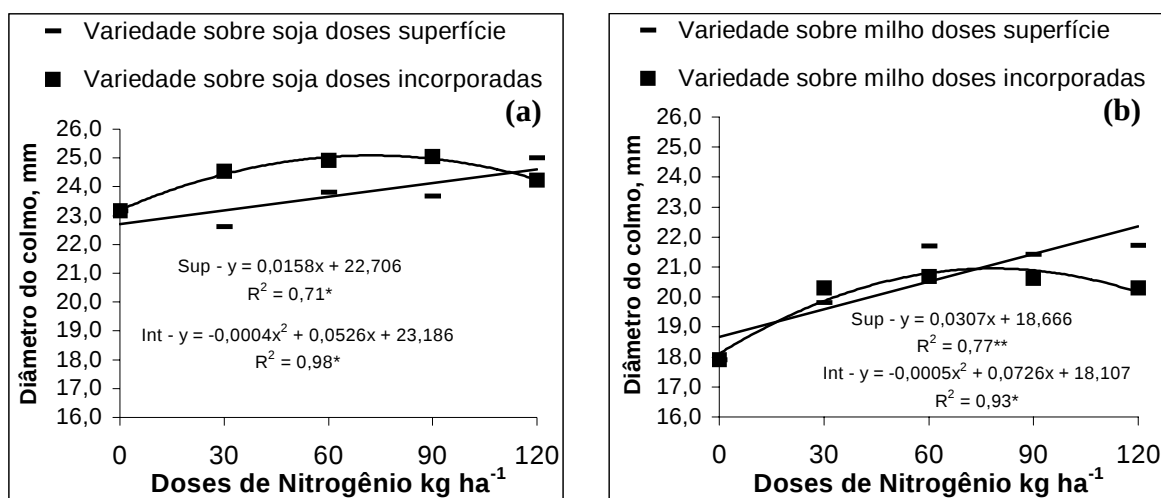


Figura 7. Diâmetro do colmo de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

### 6.1.3 Índice de espigas e massa total de espigas sem palha por parcela

Para o índice de espigas observa-se efeito quadrático significativo em ambas as formas de aplicação na sucessão à cultura da soja (Fig. 8 a) e nas doses aplicadas na superfície da palha na sucessão à cultura do milho (Fig. 8 b). Para as doses incorporadas na sucessão à cultura do milho observa-se efeito linear.

Os resultados obtidos de massa total de espigas de milho sem palha por parcela apresentaram ajuste linear para ambas as formas de aplicação na variedade em sucessão à soja (Fig. 9 a), enquanto na sucessão ao milho (Fig. 9 b) apresentou efeito quadrático. O maior peso obtido foi com as doses de 120 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicadas na superfície da palha e incorporadas, respectivamente. Sá (1995) afirma que a aplicação de 90 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em milho cultivado sobre aveia e 45 a 75 kg ha<sup>-1</sup> de N em milho cultivado sobre leguminosa, como sendo suficientes para a obtenção dos maiores retornos econômicos.

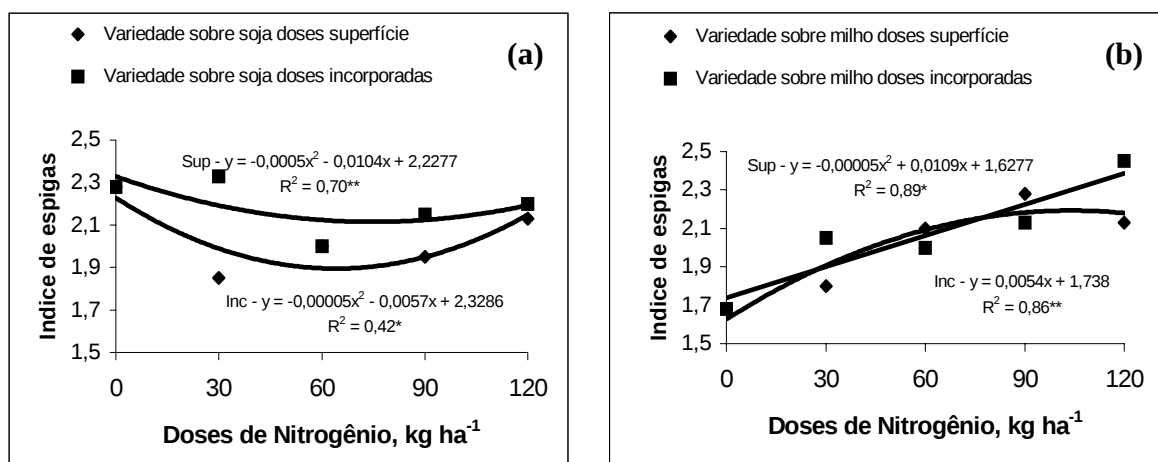


Figura 8. Índice de espigas, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

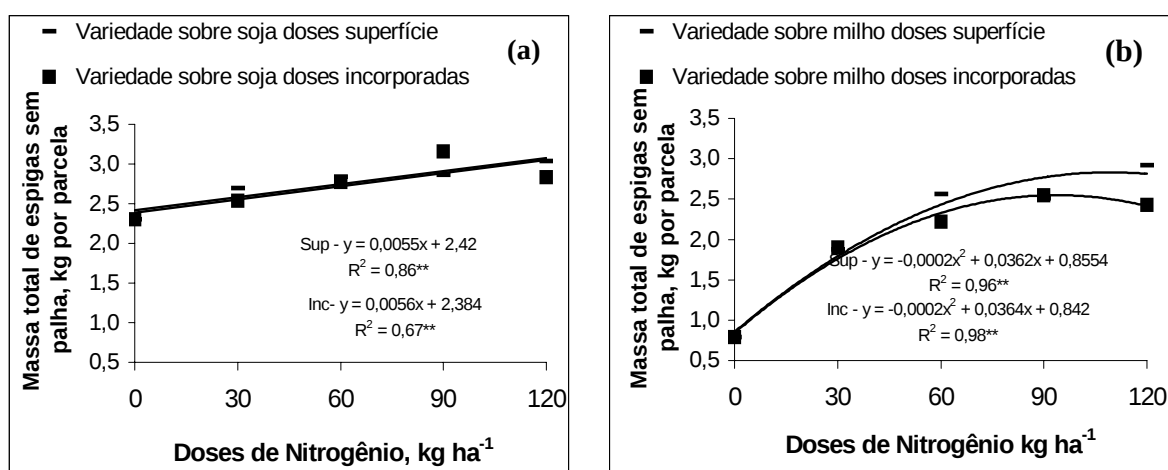


Figura 9. Massa total de espigas de milho sem palha por parcela, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

#### 6.1.4 Massa, diâmetro e comprimento de 10 espigas sem palha

A massa, diâmetro e comprimento médio de 10 espigas de milho sem palha (Fig. 10 a, b, c, d, e, f) tiveram o mesmo comportamento, ou seja, apresentaram efeito quadrático para ambas as sucessões e formas de aplicação com os valores máximos para o peso e comprimento de 10 espigas, sendo obtidos nas doses de 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N quando foram aplicadas na superfície da palha e incorporadas, respectivamente. Para o diâmetro de espigas os maiores valores foram obtidos com as doses de 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para a sucessão às culturas da soja e do milho, respectivamente.

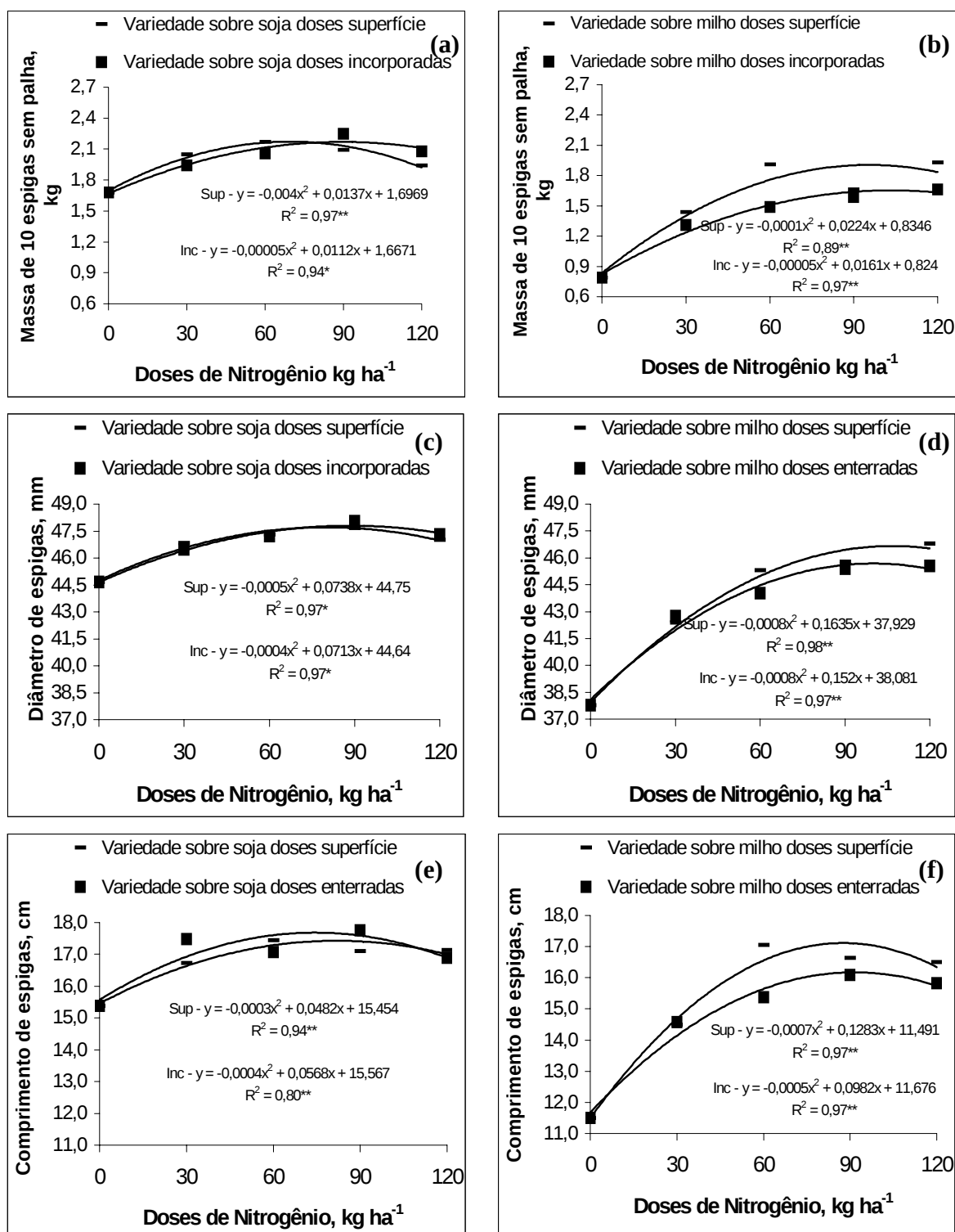


Figura 10. Massa, diâmetro e comprimento médio de 10 espigas de milho sem palha, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a, c, e) e do milho (b, d, f) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

### 6.1.5 Massa de 100 grãos e produtividade do milho

Para a massa de 100 grãos de milho foram observados ajustes quadráticos para ambas as sucessões e formas de aplicação. Na variedade em sucessão à soja (Fig. 11 a) o peso máximo foi obtido com a dose mínima de 30 kg ha<sup>-1</sup> quando aplicadas na superfície da palha e com a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup>, quando incorporadas. Na variedade em sucessão ao milho (Fig. 11 b), o peso máximo foi obtido com as doses de 90 e 60 kg ha<sup>-1</sup> para as doses aplicadas na superfície da palha e incorporadas, respectivamente.

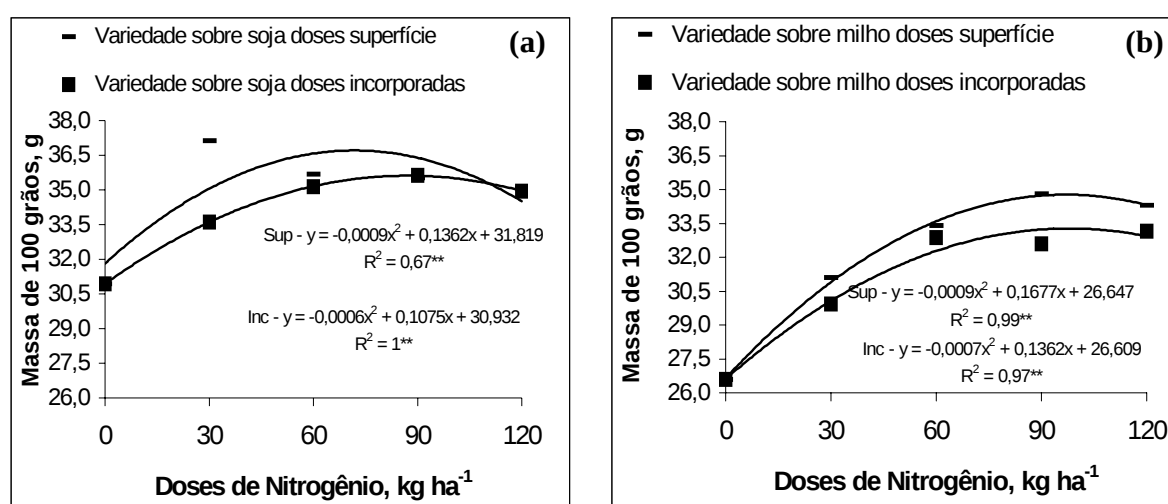


Figura 11. Massa de 100 grãos de milho, variedade AL-34 em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

A análise de regressão mostrou que os dados de rendimento de grãos ajustaram-se, na variedade em sucessão à soja (Fig. 12 a) ao modelo linear para a aplicação na superfície da palha ( $R^2=0,80^{**}$ ). Para as doses incorporadas na sucessão à soja (Fig. 12 a) e em ambas as formas de aplicações na sucessão ao milho (Fig. 12 b), a produtividade ajustou-se ao modelo quadrático, obtendo-se as maiores produtividades com as doses de 88, 87 e 82 kg ha<sup>-1</sup> de N quando incorporadas em sucessão à soja, aplicadas na superfície da palha e incorporadas na sucessão ao milho, respectivamente.

Apesar da elevada probabilidade de ocorrerem perdas de amônia por volatilização após a aplicação de uréia na superfície da palha, e da localização do adubo a

alguns centímetros de profundidade reduzir significativamente essas perdas (ANJOS e TEDESCO, 1976; CAMPOS e TEDESCO, 1979; RODRIGUES e KIEHL, 1986; LARA CABEZAS et al., 1997 a, b, 2000), ao comparar-se a produtividade encontrada nos tratamentos aplicados na superfície da palha e incorporadas verifica-se que estes não diferiram significativamente nos dois experimentos, concordando com (COUTINHO et al. 1987; MELLO et al. 1988; COELHO et al. 1992b).

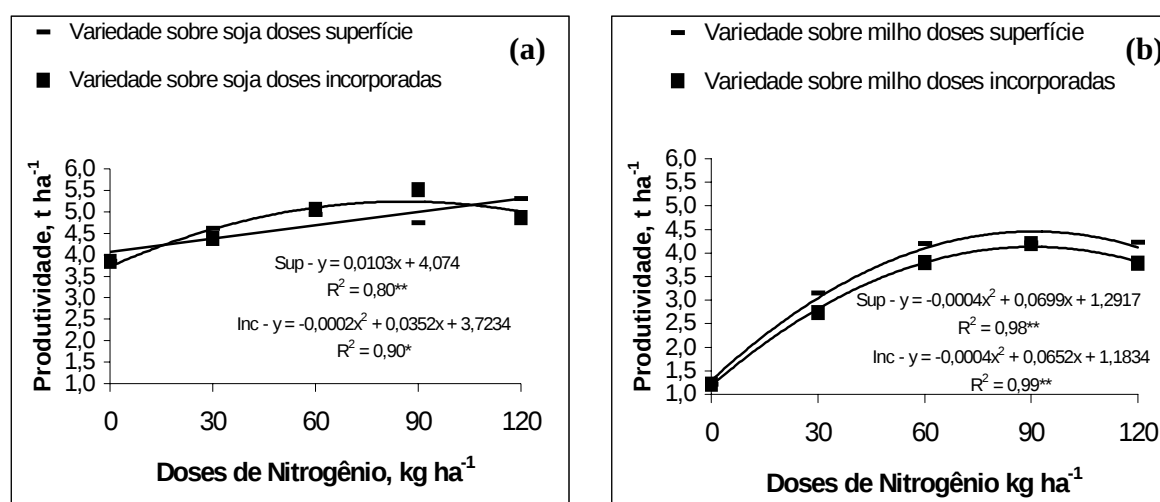


Figura 12. Produtividade de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

Ao comparar-se os parâmetros de produtividade da variedade nas duas sucessões, observa-se que os valores obtidos em sucessão à soja foram superiores aos valores em sucessão ao milho para todas as variáveis analisadas, o que vem comprovar as informações de (VICTORIA et al., 1992; AITA et al., 1994; TEIXEIRA et al., 1994; SÁ 1996; DA ROS e AITA 1996; ARGENTA 1998). Estes encontraram produtividade do milho em sucessão a leguminosas melhor que em sucessão a gramíneas.

Observa-se ainda que, na ausência de adubação nitrogenada, o rendimento médio de grãos de milho em sucessão à soja foi superior em 207 % ao rendimento de grãos em sucessão ao milho, concordando com as informações de Teixeira et al. (1994); Pöttker e Roman (1994); Aita et al. (2001).

De forma geral as doses aplicadas na superfície da palha apresentaram melhores respostas que as doses incorporadas embora não tenha ocorrido diferença

significativa entre as formas de aplicação concordando com Lara Cabezas (1997b), observaram menor produtividade de massa seca e absorção de N pela parte aérea quando as fontes foram incorporadas, e Mello et al. (1988) não observaram efeito da incorporação da uréia ao solo sobre a produtividade de milho em nenhum dos seis experimentos estudados.

### 6.1.6 Nitrato no colmo e proteína no grão

Os resultados de nitrato no colmo apresentaram efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para a componente linear nas duas formas de aplicação na sucessão à soja (Fig. 13 a), cujo ajuste dos dados em torno da função linear obtida é explicado pelo coeficiente de determinação  $R^2 = 0,86^{**}$  e  $0,97^{**}$  para as doses aplicadas na superfície da palha e incorporadas, respectivamente. Isto, sinaliza no sentido de que quanto mais N disponível no solo maior será a absorção pela planta e maior o teor desse nutriente no colmo do milho. Na variedade em sucessão ao milho (Fig. 13 b) verifica-se efeito quadrático, porém esse efeito só ocorreu em virtude da testemunha desse experimento ter apresentado N no colmo. Ao observar-se os tratamentos com N nota-se que os valores foram crescente, ou seja, quanto mais N aplicado no solo maior o teor desse nutriente no colmo.

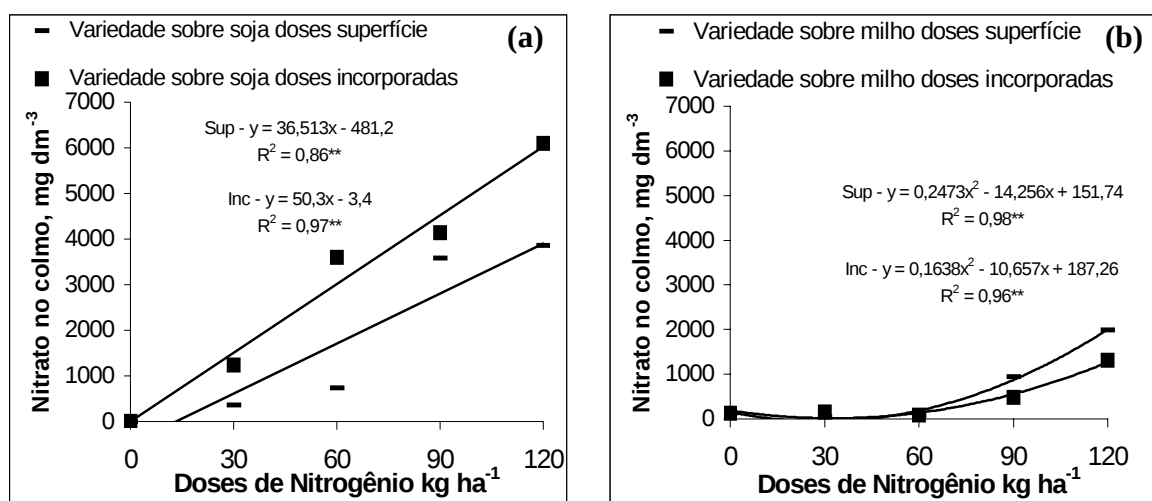


Figura 13. Nitrato no colmo do milho aos 90 dias após emergência, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

O teor de proteína no grão de milho apresentou efeito quadrático para a variedade em sucessão à soja (Fig. 14 a), tendo sido a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N a responsável pelos maiores valores para ambas as formas de aplicação. A sucessão ao milho (Fig. 14 b) apresentou comportamento diferenciado em relação as formas de aplicação de N, onde, as doses aplicadas na superfície da palha apresentaram ajuste quadrático, com o valor máximo obtido com a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e as doses incorporadas apresentaram efeito linear. Os teores de N nos grãos encontram-se abaixo dos obtidos por Villas Bôas, (1995) que foi em média 16,2 g kg<sup>-1</sup> e por Coelho et al. (1992a), que foi 16,4 g kg<sup>-1</sup>.

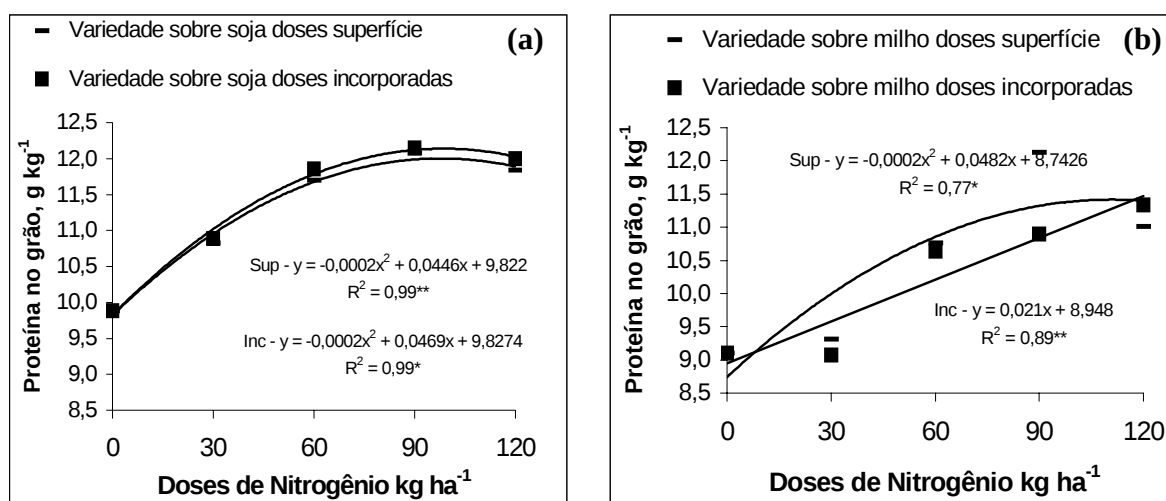


Figura 14. Proteína no grão de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

## 6.1.7 Diagnose Foliar

### 6.1.7.1 Nitrogênio e fósforo

O nitrogênio na planta (Fig. 15 a e b) apresentou ajuste linear para a aplicação de N na superfície da palha em sucessão à soja ( $R^2=0,89^{**}$ ). Para as doses incorporadas na sucessão à soja e em ambas as formas de aplicações na sucessão ao milho, os teores de N na planta ajustaram-se ao modelo quadrático, obtendo-se para cada tratamento uma equação que descreve a relação entre N aplicado e o rendimento do milho, sendo, a maior produtividade obtida com a dose de 90, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para as doses incorporadas em

sucessão à soja, aplicadas na superfície da palha e incorporadas na sucessão ao milho, respectivamente. Exceto para a testemunha, os valores encontrados na sucessão a soja encontram-se na faixa considerada adequada para este nutriente na cultura do milho que é de 27,5 a 32,5 g kg<sup>-1</sup> de N (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997). Na sucessão ao milho só a partir da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N é que foram obtidos valores na faixa do adequado para a cultura.

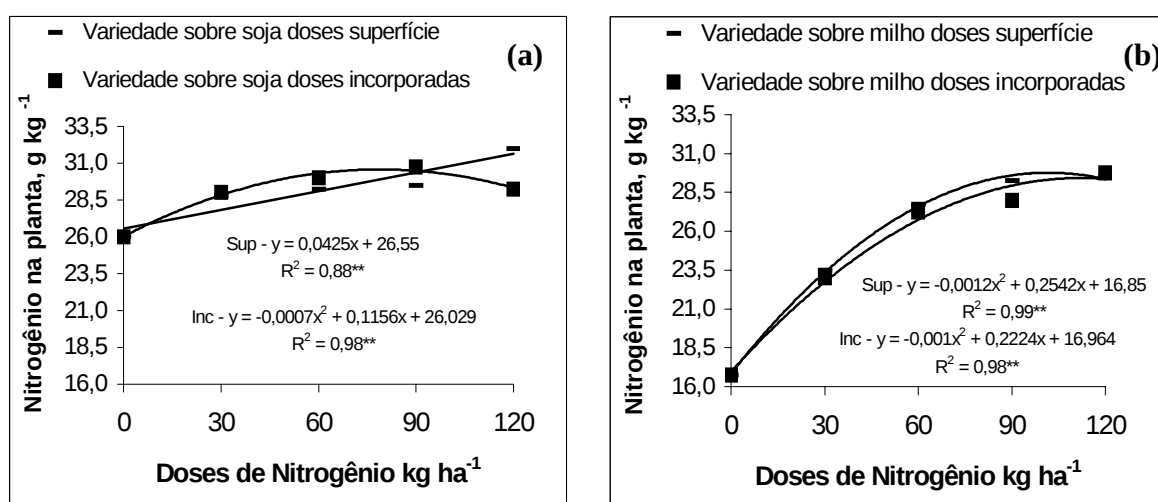


Figura 15. Nitrogênio na folha diagnose da planta de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

Para o fósforo na planta (Fig. 16 a e b) verifica-se efeito quadrático para ambas as sucessões e formas de aplicação do N, onde, a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> foi a responsável pelos maiores valores obtidos nas duas formas de aplicação na sucessão à soja e nas doses aplicadas na superfície da palha na sucessão ao milho, embora, só tenha sido observada diferença significativa nas doses incorporadas na sucessão ao milho. Os valores encontrados na sucessão à soja encontram-se na faixa adequada para a cultura que é de 2,5 a 3,5 g kg<sup>-1</sup> de P (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997). Na sucessão ao milho as doses incorporadas proporcionaram valores inferiores ao dessa faixa, exceto para a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N segundo (MALAVOLTA et al, 1997), porém, encontram-se dentro da faixa considerada adequada para (CANTARELLA et al., 1996).

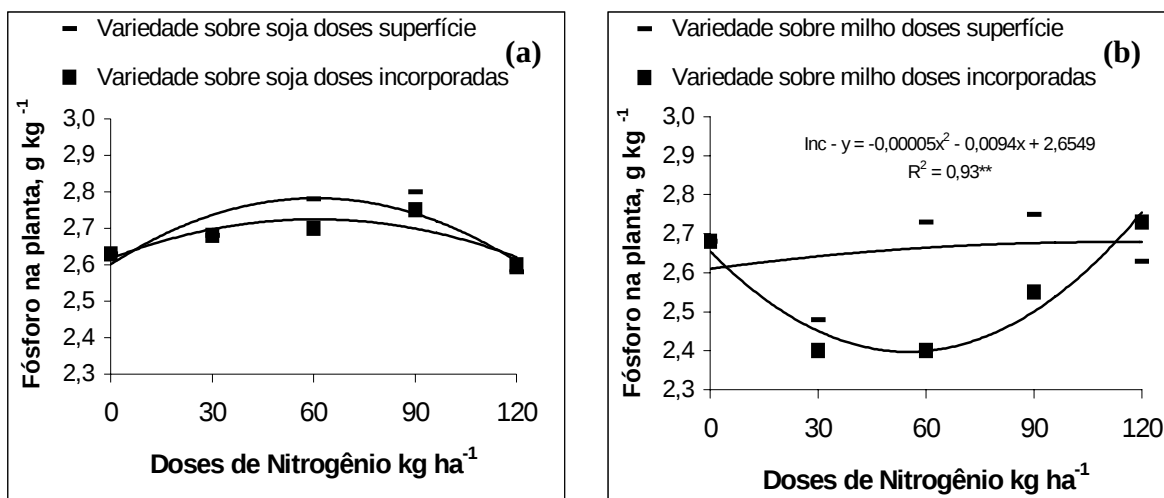


Figura 16. Fósforo na folha diagnose da planta de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

#### 6.1.7.2 Potássio e cálcio

O potássio na planta (Fig. 17 a e b) em função das doses de N aplicadas apresentou efeito quadrático não significativo para as doses incorporadas em sucessão à soja e para as doses aplicadas na superfície da palha em sucessão ao milho. Para as doses incorporadas nessa mesma sucessão foi obtido efeito quadrático significativo ( $P \leq 0,05$ ) demonstrado pelo coeficiente de determinação  $R^2=0,83^*$ . Na aplicação à superfície da palha, na sucessão à soja, observa-se efeito linear significativo ( $P \leq 0,05$ ). Em ambas as sucessões e formas de aplicação os valores encontrados para este nutriente encontram-se na faixa considerada adequada para a cultura que é de 17,5 a 22,5 g kg<sup>-1</sup> (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

O cálcio (Fig. 17 c e d) apresentou efeito quadrático não significativo para as duas formas de aplicação em sucessão à soja e efeito quadrático significativo ( $P \leq 0,05$ ) nas duas formas de aplicação em sucessão ao milho. O teor de cálcio em sucessão à soja teve na testemunha os maiores teores, embora os valores tenham se mantido na faixa adequada para a cultura que é de 2,5 a 4,0 g kg<sup>-1</sup> (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997). Na sucessão ao milho também foram encontrados valores na faixa adequada a cultura.

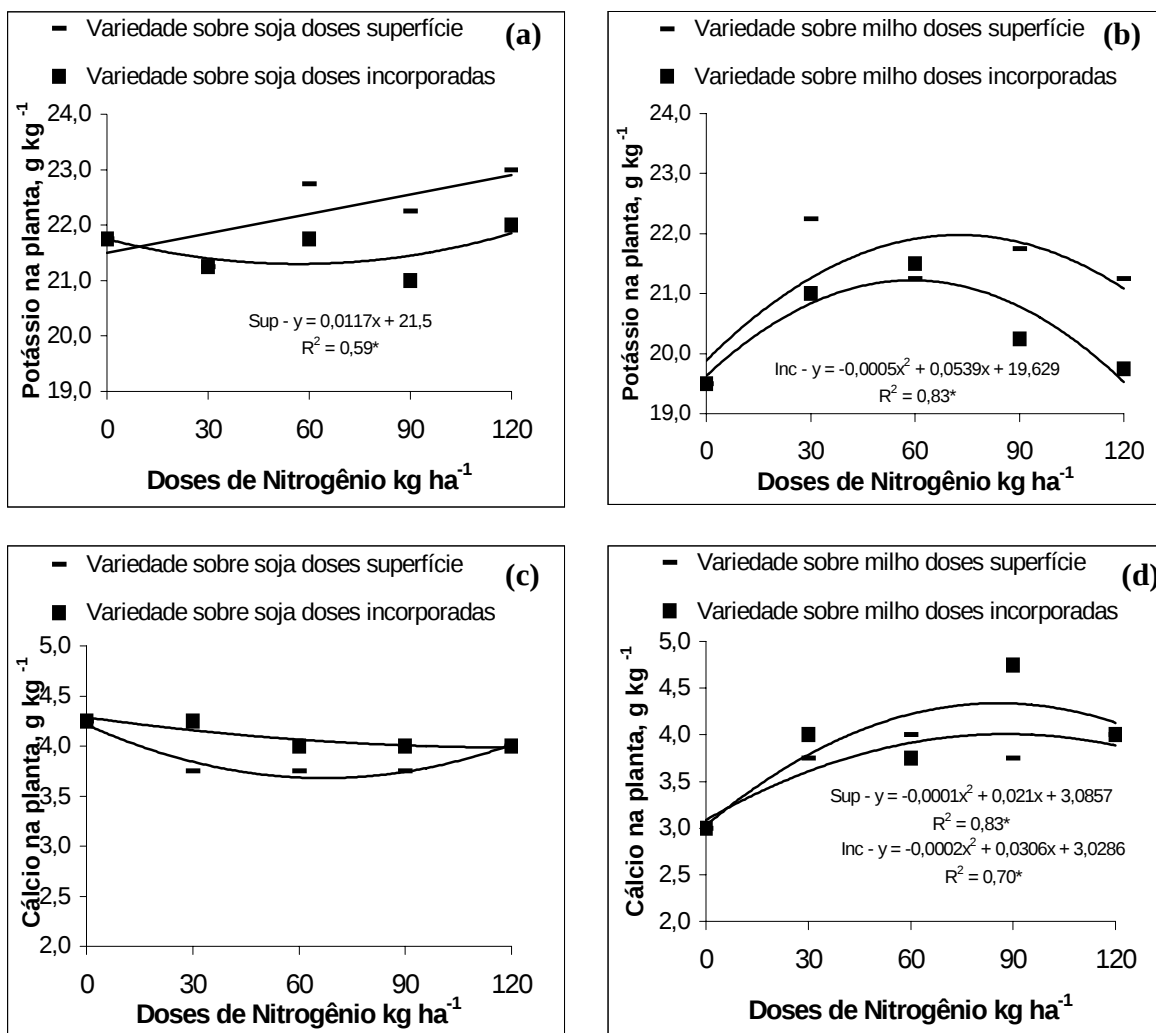


Figura 17. Potássio e cálcio na folha diagnose da planta de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a, c) e do milho (b, d) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

### 6.1.7.3 Magnésio e enxofre

O magnésio (Fig. 18 a e b), apresentou efeito linear negativo e não significativo para as doses aplicadas na superfície da palha em sucessão à soja e efeito linear negativo e significativo nas doses incorporadas, ou seja, a medida em que aumentou-se as doses de uréia, menores valores de magnésio foram encontrados na folha do milho, provavelmente devido ao efeito diluição do nutriente na planta. Os tratamentos em sucessão ao milho apresentaram uma correlação significativa para as doses aplicadas na superfície da palha

e não significativa para as doses incorporadas. Na sucessão à soja, embora os valores tenham sido representados por um efeito linear negativo, os mesmos se encontram na faixa adequada para a cultura que é de 2,5 a 4,0 g kg<sup>-1</sup> (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997). Na sucessão ao milho os valores encontram-se abaixo dos valores adequados de acordo com Malavolta et al. (1997) e dentro da faixa adequada para Cantarella et al. (1996) que é de 1,5 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>.

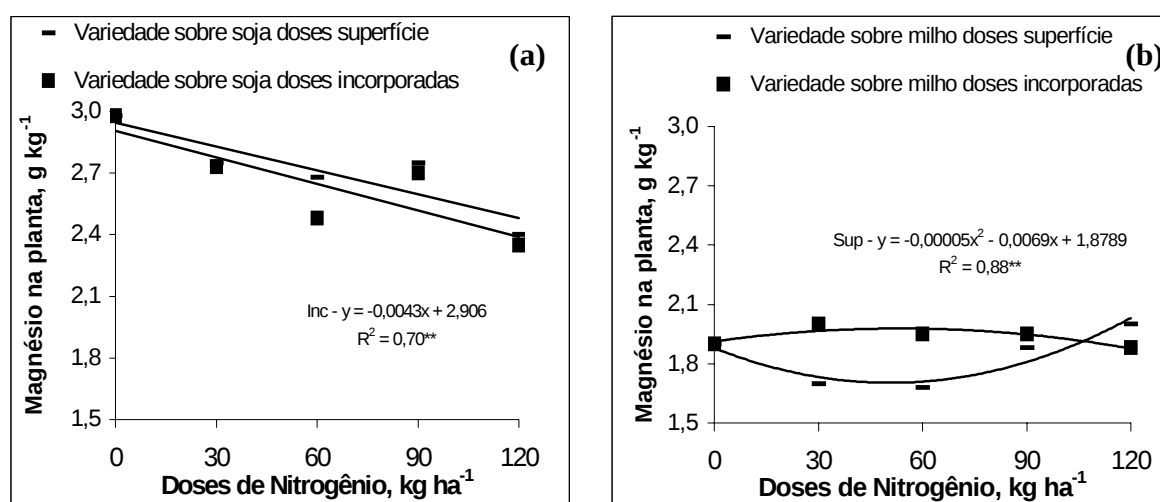


Figura 18. Magnésio na folha diagnose da planta de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

Para o enxofre na planta (Fig. 19 a e b), as doses crescentes de N apresentou efeito linear significativo para as doses incorporadas na sucessão à soja e nas doses aplicadas na superfície da palha na sucessão ao milho e efeito quadrático para o N incorporado e aplicado na superfície da palha na sucessão à soja e ao milho, respectivamente. Nas duas sucessões e formas de aplicação os valores observados foram maiores que os considerado adequado para a cultura que é de 1,5 a 2,0 g kg<sup>-1</sup> (MALAVOLTA et al., 1997), na sucessão à soja até mesmo a testemunha apresentou valor superior, enquanto que na sucessão ao milho, essa superioridade só foi observada a partir da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. Entretanto, para Cantarella et al. (1996) os valores encontram-se dentro da faixa considerada adequada que é 1,5 a 3,0g kg<sup>-1</sup>.

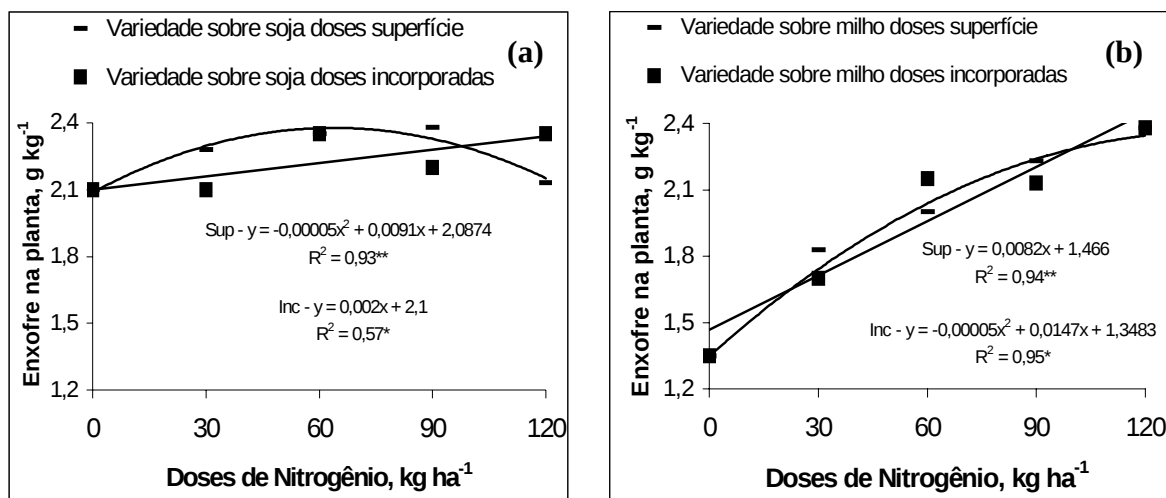


Figura 19. Enxofre na folha diagnose da planta de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

#### 6.1.7.4 Boro e cobre

O boro apresentou um comportamento diferenciado dos demais nutrientes, ou seja, os maiores valores foram observados nos tratamentos em sucessão ao milho (Fig. 20 b). Estes apresentaram efeitos quadráticos não significativos. Quando em sucessão à soja (Fig. 20 a) houve efeito linear significativo e negativo para as doses incorporadas e quadrática significativa para as doses aplicadas na superfície da palha. Os valores encontrados são menores que os considerados adequado para a cultura do milho que é de 15 a 20 mg kg<sup>-1</sup> de B (MALAVOLTA et al., 1997). Para Cantarella et al. (1996) os valores da sucessão ao milho encontram-se dentro da faixa adequada que é de 10 a 25 mg kg<sup>-1</sup>.

Para o cobre na planta verifica-se efeito quadrático significativo para as duas formas de aplicação na sucessão à soja (Fig. 20 c), sendo, a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> a responsável pelo maior teor de Cu nas plantas. Nos tratamentos em sucessão ao milho (Fig. 20 d) verifica-se efeito quadrático significativo para as doses aplicadas na superfície da palha e linear para as doses incorporadas. Nas duas sucessões e formas de aplicação, os valores encontrados estão dentro da faixa considerada adequada para a cultura que é de 6 a 20 mg kg<sup>-1</sup> de Cu (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

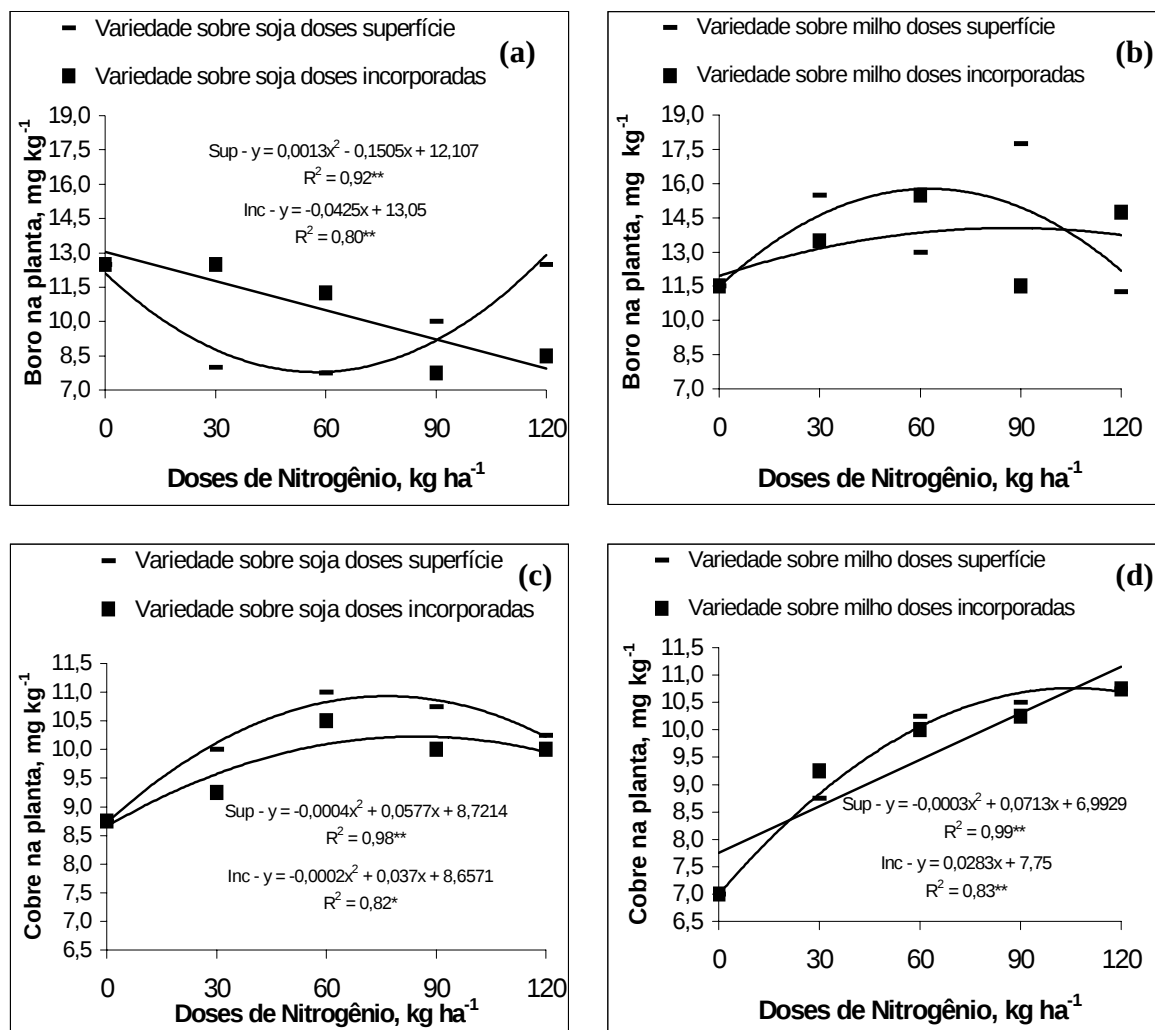


Figura 20. Boro e cobre na folha diagnose da planta de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a, c) e do milho (b, d) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

#### 6.1.7.5 Ferro

O ferro apresentou efeito quadrático significativo para ambas as formas de aplicação na sucessão ao milho (Fig. 21 b) e nas doses aplicadas na superfície da palha na sucessão a soja (Fig. 21 a), com efeito linear para as doses incorporadas nessa mesma sucessão. Os valores para as duas sucessões e formas de aplicação encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura que é de 50 a 250 mg kg<sup>-1</sup> de Fe (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

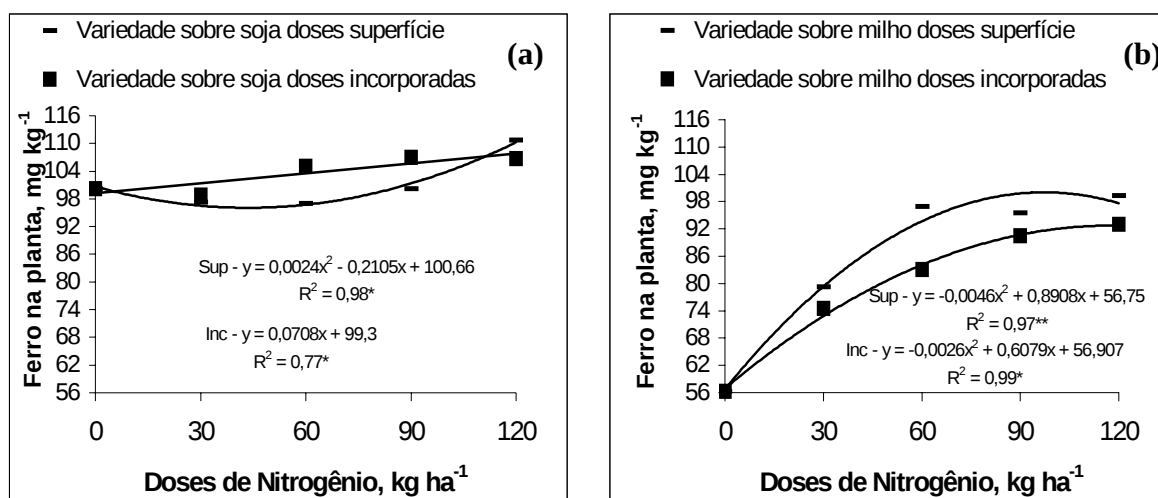


Figura 21. Ferro na folha diagnose da planta de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a) e do milho (b) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

#### 6.1.7.6 Manganês e Zinco

Observa-se para o manganês efeito quadrático não significativo para as doses na superfície da palha e significativo para as doses incorporadas na sucessão à soja (Fig. 22 a). Na sucessão ao milho (Fig. 22 b) verifica-se efeito quadrático significativo para as doses aplicadas na superfície da palha e linear para as doses incorporadas. Os valores na sucessão à soja encontram-se na faixa adequada para a cultura que é de 50 a 150 mg ka<sup>-1</sup> de Mn (MALAVOLTA et al., 1997), exceto a testemunha. Na sucessão ao milho, só foi atingido valor considerado adequado a partir das doses de 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N para a aplicação na superfície da palha e incorporada, respectivamente. Para Cantarella et al. (1996) a testemunha na sucessão a soja, bem como os valores na sucessão ao milho, encontram-se dentro da faixa considerada adequada que é de 20 a 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Os teores de zinco na planta em sucessão à soja (Fig. 22 c) foram superiores para a testemunha quando comparado aos demais, resultados estes que não eram esperados, uma vez, que o uso de adubos nitrogenados leva a aumento no aproveitamento de Zn (SOUZA e FERREIRA, 1991), porém esse mesmo comportamento foi observado por (VILLELA 1999). Já os tratamentos em sucessão ao milho (Fig. 22 d), apresentaram respostas esperada, ou seja, a medida que aumenta as doses de uréia observa-se aumento nos teores de

Zn na planta, o que é demonstrado através do efeito linear significativo em ambas as formas de aplicação. Nas duas sucessões e formas de aplicação os valores observados encontram-se na faixa considerada adequada para a cultura que é de 15 a 50 mg ka<sup>-1</sup> de Zn (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

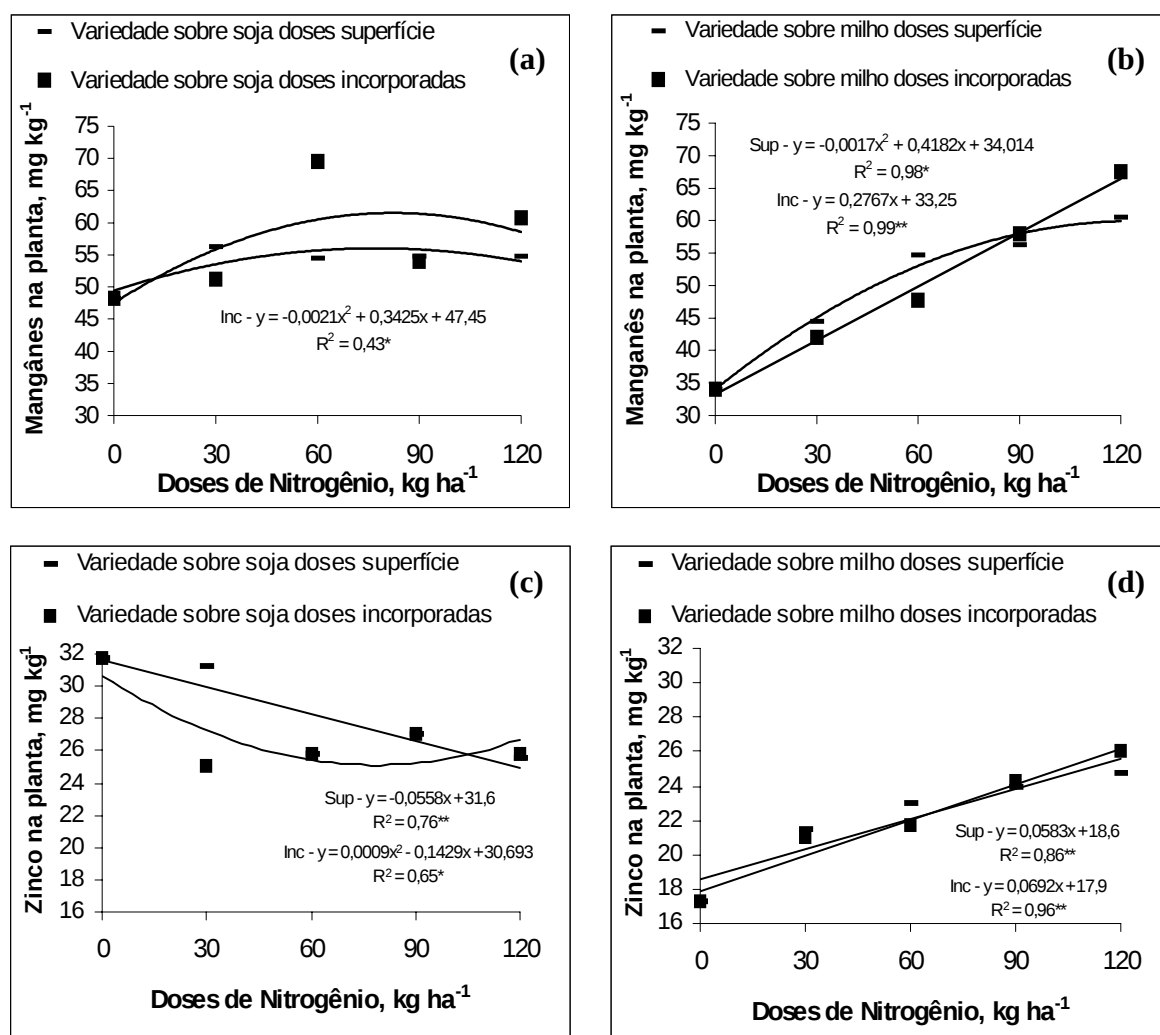


Figura 22. Manganês e zinco na folha diagnose da planta de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja (a, c) e do milho (b, d) e diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

## 6.2 Resposta da variedade de milho AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação (Experimentos I e II).

### 6.2.1 Estande, altura da inserção da primeira espiga e de plantas

Os maiores valores de estande (Tab. 3), foram obtidos nos tratamentos NLSP e NFSP, sendo, que estes valores não diferiram significativamente dos demais tratamentos na variedade em sucessão à soja. Na sucessão ao milho o tratamento NLSP foi o responsável pelo maior estande (47222 plantas) diferindo significativamente do tratamento incorporado (38889 plantas).

A altura da inserção da primeira espiga (Tab. 3), não diferiu significativamente entre os tratamentos na sucessão à soja, exceto para a testemunha (1,15 m) que diferiu do tratamento NFSP (1,35 m). Na sucessão ao milho o NLSP (1,27 m) diferiu significativamente do NFSP (1,13 m) e estes diferiram da testemunha (0,93 m).

Os valores de altura de plantas (Tab. 3), não diferiram significativamente entre os tratamentos na sucessão à soja. Na sucessão ao milho, todos os tratamentos com N diferiram significativamente da testemunha (1,8 m), exceto o incorporado (2,03 m), cujo valor, foi estatisticamente igual a testemunha.

Tabela 3. Estande, altura da inserção da primeira espiga e altura de plantas de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Estande                  |              | Altura da primeira espiga |              | Altura de plantas |              |
|-------------|--------------------------|--------------|---------------------------|--------------|-------------------|--------------|
|             | Var em soja              | Var em milho | Var em soja               | Var em milho | Var em soja       | Var em milho |
|             | Plantas ha <sup>-1</sup> |              | (m)                       |              | (m)               |              |
| N – ZERO    | 40000                    | 34444b       | 1,15b                     | 0,93c        | 2,11              | 1,80b        |
| NLSP        | 44444                    | 47222a       | 1,28ab                    | 1,27a        | 2,26              | 2,10a        |
| NLSS        | 41666                    | 40000ab      | 1,25ab                    | 1,19ab       | 2,32              | 2,08a        |
| INCORPORADO | 41666                    | 38889b       | 1,24ab                    | 1,20ab       | 2,26              | 2,03ab       |
| NFSP        | 44444                    | 40000ab      | 1,35a                     | 1,13b        | 2,25              | 2,07a        |
| NFSS        | 37222                    | 40000ab      | 1,23ab                    | 1,20ab       | 2,32              | 2,06a        |
| Médias      | 41666                    | 40000        | 1,25                      | 1,15         | 2,25              | 2,02         |
| CV (%)      | 8,7                      | 8,1          | 4,84                      | 4,98         | 4,51              | 4,41         |
| dms         | n.s                      | 7500         | 0,14                      | 0,13         | n.s               | 0,20         |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSP e NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

### 6.2.2 Diâmetro do colmo, índice de espigas e massa de 10 espigas

O diâmetro do colmo (Tab. 4) diferiu significativamente entre os tratamentos, sendo o tratamento NFSS o responsável pelo maior valor (25,2 mm) e o NFSP pelo menor (22,5 mm), sendo todos os tratamentos com N estatisticamente iguais a testemunha na sucessão à soja (23,7 mm). Na sucessão ao milho os tratamentos não diferiram significativamente, exceto o NLSP (21,7 mm) da testemunha (17,9 mm).

O índice de espigas (Tab. 4) não diferiu significativamente entre os tratamentos na sucessão à soja (média de 2,20). Na sucessão ao milho, só foi observada diferença significativa entre o tratamento incorporado e a testemunha.

Para a massa de 10 espigas sem palha (Tab. 4) observa-se diferença significativa entre os tratamentos NLSS (2,21 kg) e NLSP (1,94 kg) e estes, juntamente com os demais tratamentos com N da testemunha (1,68 kg), na sucessão à soja. Na sucessão ao milho, o maior valor foi observado no tratamento NLSP (1,93 kg) diferindo significativamente do incorporado (1,66 kg) e NFSS (1,65 kg) e estes mais os demais tratamentos com N, da testemunha (0,79 kg).

Tabela 4. Diâmetro do colmo, índice de espigas e massa de 10 espigas sem palha de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Diâmetro do colmo |              | Índice de espigas |              | Massa de 10 espigas sem palha |              |
|-------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------------------|--------------|
|             | Var em soja       | Var em milho | Var em soja       | Var em milho | Var em soja                   | Var em milho |
|             | (mm)              |              | -                 |              | (kg)                          |              |
| N – ZERO    | 23,7ab            | 17,9b        | 2,28              | 1,68b        | 1,68c                         | 0,79c        |
| NLSP        | 25,0a             | 21,7a        | 2,13              | 2,13ab       | 1,94b                         | 1,93a        |
| NLSS        | 24,6a             | 20,0ab       | 2,20              | 2,30ab       | 2,21a                         | 1,73ab       |
| INCORPORADO | 24,2a             | 20,3ab       | 2,20              | 2,45a        | 2,08ab                        | 1,66b        |
| NFSP        | 22,5b             | 20,0ab       | 2,15              | 2,15ab       | 1,98ab                        | 1,73ab       |
| NFSS        | 25,2a             | 20,1ab       | 2,28              | 2,25ab       | 2,02ab                        | 1,65b        |
| Médias      | 24,2              | 20,0         | 2,20              | 2,16         | 1,98                          | 1,58         |
| CV (%)      | 2,9               | 6,7          | 18,9              | 13,9         | 5,18                          | 6,32         |
| dms         | 1,66              | 3,07         | n.s               | 0,69         | 0,24                          | 0,23         |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

### 6.2.3 Massa total de espigas sem palha por parcela, diâmetro e comprimento de espigas

O maior valor de massa total de espigas de milho sem palha (Tab. 5) em ambas as sucessões foram encontrados no tratamento NLSS, porém estes, não diferiram significativamente entre os tratamentos, exceto da testemunha.

O diâmetro de espigas (Tab. 5) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos para a sucessão à soja, exceto entre o NLSS e NFSS e a testemunha. Na sucessão ao milho não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, exceto para a testemunha.

O comprimento de espigas (Tab. 5) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos para a sucessão a soja, exceto para a testemunha, cujo valor, não diferiu do NFSP. Na sucessão ao milho só observou-se diferença significativa entre os tratamentos com N e a testemunha.

Tabela 5. Massa total de espigas de milho por parcela, diâmetro e comprimento de espigas de milho sem palha, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Massa total de espigas sem palha |              | Diâmetro de espigas |              | Comprimento de espigas |              |
|-------------|----------------------------------|--------------|---------------------|--------------|------------------------|--------------|
|             | Var em soja                      | Var em milho | Var em soja         | Var em milho | Var em soja            | Var em milho |
|             | (kg parcela <sup>-1</sup> )      |              | (mm)                |              | (cm)                   |              |
| N – ZERO    | 2,30b                            | 0,79b        | 45,5b               | 37,8b        | 15,4b                  | 11,5b        |
| NLSP        | 3,03a                            | 2,92a        | 47,0ab              | 46,8a        | 17,1a                  | 16,5a        |
| NLSS        | 3,02a                            | 2,23a        | 47,7a               | 46,1a        | 17,4a                  | 15,5a        |
| INCORPORADO | 2,83ab                           | 2,43a        | 47,3ab              | 45,5a        | 16,9a                  | 15,8a        |
| NFSP        | 2,93ab                           | 2,45a        | 47,0ab              | 44,2a        | 16,4ab                 | 16,3a        |
| NFSS        | 2,78ab                           | 2,69a        | 46,8a               | 46,0a        | 17,3a                  | 15,5a        |
| Médias      | 2,81                             | 2,25         | 46,9                | 44,4         | 16,8                   | 15,2         |
| CV (%)      | 9,9                              | 15,7         | 1,7                 | 2,7          | 3,8                    | 4,4          |
| dms         | 0,64                             | 0,81         | 1,83                | 2,74         | 1,46                   | 1,54         |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

### 6.2.4 Produtividade, Massa de 100 grãos e nitrato no colmo

Os resultados de produtividade estão apresentados na Tabela 6, onde observar-se que o tratamento NLSP com 5,31 t ha<sup>-1</sup> apresentou o maior resultado de produtividade, porém não foi significativamente diferentes dos demais tratamentos, exceto da testemunha (3,84 t ha<sup>-1</sup>), na sucessão à soja. Na sucessão ao milho, o maior valor foi encontrado no tratamento NLSS (4,34 t ha<sup>-1</sup>), cujo valor, não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, exceto da testemunha (1,25 t ha<sup>-1</sup>).

A massa de 100 grãos de milho (Tab. 6) apresentou o mesmo comportamento da produtividade, ou seja, só diferiu significativamente da testemunha, sendo os maiores valores observados nos tratamentos NFSS (35,7 g) e NLSP (34,3 g) para a sucessão à soja e ao milho, respectivamente.

O nitrato no colmo (Tab. 6) apresentou diferença significativa em ambas as sucessões, onde o maior valor foi encontrado no tratamento incorporado (6091 mg dm<sup>-3</sup>) e o menor na testemunha (0 mg dm<sup>-3</sup>) na sucessão à soja. Na sucessão a milho, verifica-se diferença significativa entre o tratamento NFSS (2648 mg dm<sup>-3</sup>) e os tratamentos NFSP (1147 mg dm<sup>-3</sup>) e a testemunha (126 mg dm<sup>-3</sup>).

Tabela 6. Produtividade, massa de 100 grãos e nitrato no colmo de milho, variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Produtividade         |              | Massa de 100 grãos |              | Nitrato no colmo       |              |
|-------------|-----------------------|--------------|--------------------|--------------|------------------------|--------------|
|             | Var em soja           | Var em milho | Var em soja        | Var em milho | Var em soja            | Var em milho |
|             | (t ha <sup>-1</sup> ) |              | (g)                |              | (mg dm <sup>-3</sup> ) |              |
| N – ZERO    | 3,84b                 | 1,25b        | 30,9b              | 26,6b        | 0c                     | 126c         |
| NLSP        | 5,31a                 | 4,23a        | 34,7a              | 34,3a        | 3869ab                 | 1987ab       |
| NLSS        | 4,70ab                | 4,34a        | 34,7a              | 32,7a        | 2326bc                 | 2049ab       |
| INCORPORADO | 4,87ab                | 3,78a        | 34,9a              | 33,2a        | 6091a                  | 1319abc      |
| NFSP        | 4,72ab                | 4,20a        | 34,5a              | 33,2a        | 2373bc                 | 1147bc       |
| NFSS        | 4,71ab                | 3,71a        | 35,7a              | 33,1a        | 3445b                  | 2648a        |
| Médias      | 4,69                  | 3,58         | 34,2               | 32,9         | 3017                   | 1546         |
| CV (%)      | 11,3                  | 17,6         | 3,3                | 3,7          | 37,81                  | 40,03        |
| dms         | 1,23                  | 1,45         | 1,73               | 1,82         | 2621                   | 1422         |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

### **6.2.5 Proteína no grão, e teores de nitrogênio e fósforo na folha diagnose da planta de milho**

Para os valores de proteína no grão (Tab. 7) observa-se efeito significativo entre os tratamentos onde o NFSP apresentou o maior valor ( $12,49 \text{ g kg}^{-1}$ ) e o NLSS o menor ( $11,72 \text{ g kg}^{-1}$ ) na sucessão à soja. Verifica-se ainda, que todos os tratamentos diferiram da testemunha ( $9,88 \text{ g kg}^{-1}$ ). Na variedade em sucessão ao milho observa-se o contrário, ou seja, o maior valor foi encontrado no NFSS ( $11,82 \text{ g kg}^{-1}$ ) e o menor no NFSP ( $10,74 \text{ g kg}^{-1}$ ), discordando de Villas Bôas (1995), quando este não encontrou diferença significativa entre os tratamentos que receberam N em cobertura sendo diferentes apenas da testemunha. Os valores obtidos encontram-se abaixo dos valores encontrados por Villas Bôas, (1990 e 1995) que foi em média de  $13,4$  e  $16,2 \text{ g kg}^{-1}$  e de Coelho et al. (1992a) que foi em média  $16,4 \text{ g kg}^{-1}$ .

O teor de nitrogênio na folha diagnose (Tab. 7) apresentou diferença significativa entre os tratamentos na sucessão à soja, onde o NLSP ( $32,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) e o incorporado ( $29,2 \text{ g kg}^{-1}$ ) foram os responsáveis pelo maior e menor valor, respectivamente. Como o obtido com o nitrato no colmo, nessa variável os tratamentos que receberam adição de N diferiram significativamente da testemunha ( $26,0 \text{ g kg}^{-1}$ ). Já a sucessão a milho só apresentou diferença entre os tratamentos com N em relação à testemunha ( $16,7 \text{ g kg}^{-1}$ ). Exceto para a testemunha em ambas as sucessões os valores encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

O teor de fósforo na folha diagnose (Tab. 7) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos na sucessão à soja. Na sucessão ao milho observa-se maior valor na testemunha ( $2,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) diferindo significativamente dos demais tratamentos, exceto NFSS ( $2,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) e do incorporado ( $2,7 \text{ g kg}^{-1}$ ). Em ambas as sucessões os valores de P se encontram dentro da faixa considerada adequada para a cultura (CANTTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 7. Proteína no grão, teores de nitrogênio e fósforo na planta de milho (folha diagnose), variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Proteína no grão      |              | Nitrogênio na planta  |              | Fósforo na planta     |              |
|-------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
|             | Var em soja           | Var em milho | Var em soja           | Var em milho | Var em soja           | Var em milho |
|             | (g kg <sup>-1</sup> ) |              | (g kg <sup>-1</sup> ) |              | (g kg <sup>-1</sup> ) |              |
| N – ZERO    | 9,88c                 | 9,10c        | 26,0c                 | 16,7b        | 2,6                   | 2,8a         |
| NLSP        | 11,84b                | 11,01b       | 32,0a                 | 29,5a        | 2,6                   | 2,6b         |
| NLSS        | 11,72b                | 11,06b       | 30,7ab                | 28,5a        | 2,7                   | 2,6b         |
| INCORPORADO | 12,00ab               | 11,34ab      | 29,2b                 | 29,7a        | 2,6                   | 2,7ab        |
| NFSP        | 12,49a                | 10,74b       | 30,5ab                | 28,7a        | 2,7                   | 2,6b         |
| NFSS        | 12,23ab               | 11,82a       | 30,2ab                | 29,7a        | 2,7                   | 2,7ab        |
| Médias      | 11,69                 | 10,85        | 29,8                  | 27,2         | 2,6                   | 2,67         |
| CV (%)      | 2,3                   | 3,0          | 3,3                   | 4,2          | 5,4                   | 3,5          |
| dms         | 0,62                  | 0,75         | 2,26                  | 2,65         | n.s                   | 0,21         |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSP e NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

### 6.2.6 Teores de potássio, cálcio e magnésio na folha diagnose da planta de milho

O potássio diferiu significativamente entre os tratamentos na sucessão à soja, onde o maior valor foi encontrado no tratamento NLSP ( $23,0 \text{ g kg}^{-1}$ ) e o menor no tratamento NFSS ( $20,7 \text{ g kg}^{-1}$ ). Na sucessão ao milho não foi observada diferença significativa. Os teores deste nutriente na planta encontram-se dentro da faixa considerada ótima para a cultura (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

Para o cálcio verifica-se na sucessão à soja diferença significativa entre os tratamentos NFSS ( $4,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) e NLSS ( $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ ). Na sucessão ao milho só ocorreu diferença entre os tratamentos que receberam N e a testemunha ( $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ ), e esta não diferiu do tratamento NFSS ( $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ ). Em ambas as sucessões os valores obtidos se encontram na faixa adequada para a cultura (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

O magnésio não apresentou diferença significativa entre os tratamentos em ambas as sucessões. Os valores obtidos encontram-se dentro da faixa adequada na sucessão à soja e abaixo dos valores adequados na sucessão a milho Malavolta et al. (1997). Para Cantarella et al., (1996) os valores encontram-se dentro da faixa adequada para a cultura que é de  $1,5$  a  $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ .

Tabela 8. Teores de potássio, cálcio e magnésio na planta de milho (folha diagnose), variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Potássio na planta    |              | Cálcio na planta      |              | Magnésio na planta    |              |
|-------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
|             | Var em soja           | Var em milho | Var em soja           | Var em milho | Var em soja           | Var em milho |
|             | (g $\text{kg}^{-1}$ ) |              | (g $\text{kg}^{-1}$ ) |              | (g $\text{kg}^{-1}$ ) |              |
| N – ZERO    | 21,7ab                | 19,5         | 4,2ab                 | 3,0b         | 3,0                   | 1,9          |
| NLSP        | 23,0a                 | 21,2         | 4,0ab                 | 4,0a         | 2,4                   | 2,0          |
| NLSS        | 22,7ab                | 20,7         | 3,5b                  | 4,0a         | 2,5                   | 2,0          |
| INCORPORADO | 22,0ab                | 20,7         | 4,0ab                 | 4,0a         | 2,3                   | 1,8          |
| NFSP        | 21,7ab                | 19,5         | 4,2ab                 | 4,0a         | 2,7                   | 1,8          |
| NFSS        | 20,7b                 | 21,7         | 4,5a                  | 3,5ab        | 2,9                   | 1,8          |
| Médias      | 22,0                  | 20,5         | 4,1                   | 3,7          | 2,6                   | 1,9          |
| CV (%)      | 4,1                   | 6,8          | 10,3                  | 6,3          | 14,1                  | 7,8          |
| dms         | 2,06                  | n.s          | 0,97                  | 0,54         | n.s                   | n.s          |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSP e NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

### 6.2.7 Teores de enxofre, boro e manganês na folha diagnose da planta de milho

O enxofre (Tab. 9) apresentou diferença significativa entre os tratamentos com N em sucessão a soja, onde o maior valor foi observado no tratamento NLSS ( $2,4 \text{ g kg}^{-1}$ ) e o menor no NLSP ( $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ ). Para a sucessão ao milho não foi observado diferença entre os modos de aplicação de N, sendo diferente apenas em relação a testemunha ( $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ ). Os valores se encontram acima da faixa adequada do nutriente para a cultura, exceto a testemunha em sucessão ao milho segundo Malavolta et al. (1997). Para Cantarella et al. (1996) os valores obtidos encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura que é de  $1,5$  a  $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ .

O boro (Tab. 9) apresentou efeito significativo apenas na sucessão à soja, onde o maior valor foi encontrado no tratamento NFSP ( $15,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) que diferiu significativamente dos demais, exceto da testemunha ( $12,5 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Os valores se encontram abaixo da faixa adequada, exceto os tratamentos NFSP e NLSS na sucessão à soja e ao milho, respectivamente segundo Malavolta et al. (1997). Para Cantarella et al. (1996) apenas os tratamentos NLSS, incorporado e o NFSS na sucessão à soja encontram-se abaixo da faixa considerada adequada que é de  $10$  a  $25 \text{ g kg}^{-1}$ .

O manganês (Tab. 9) apresentou diferença significativa apenas entre o tratamento NFSS ( $65,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e a testemunha ( $48,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na sucessão à soja. Na sucessão ao milho não foi observado diferença significativa entre os modos de aplicação, sendo diferente apenas em relação a testemunha ( $36,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Exceto para os tratamentos testemunha das duas sucessões os valores encontram-se na faixa adequada do nutriente para a cultura de acordo com Malavolta et al., (1997). Para Cantarella et al. (1996) até mesmo o tratamento testemunha nas duas sucessões encontram-se dentro da faixa considerada adequada que é de 20 a  $200 \text{ g kg}^{-1}$ .

Tabela 9. Teores de enxofre, boro e manganês na planta de milho (folha diagnose), variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Enxofre na planta    |              | Boro na planta        |              | Manganês na planta    |              |
|-------------|----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
|             | Var em soja          | Var em milho | Var em soja           | Var em milho | Var em soja           | Var em milho |
|             | $(\text{g kg}^{-1})$ |              | $(\text{mg kg}^{-1})$ |              | $(\text{mg kg}^{-1})$ |              |
| N – ZERO    | 2,1c                 | 1,3b         | 12,5ab                | 11,5         | 48,2b                 | 36,0b        |
| NLSP        | 2,1bc                | 2,3a         | 12,5b                 | 11,2         | 54,7ab                | 60,5a        |
| NLSS        | 2,4a                 | 2,3a         | 6,5c                  | 16,0         | 61,0ab                | 60,7a        |
| INCORPORADO | 2,3ab                | 2,3a         | 8,5bc                 | 14,7         | 60,7ab                | 67,5a        |
| NFSP        | 2,3abc               | 2,3a         | 15,5a                 | 12,7         | 58,0ab                | 64,0a        |
| NFSS        | 2,3ab                | 2,2a         | 9,7bc                 | 12,0         | 65,7a                 | 73,2a        |
| Médias      | 2,8                  | 2,1          | 10,8                  | 13,0         | 58,0                  | 60,3         |
| CV (%)      | 4,5                  | 5,5          | 22,8                  | 22,2         | 11,0                  | 13,7         |
| dms         | 0,24                 | 0,28         | 5,70                  | n.s          | 14,70                 | 19,04        |

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

### 6.2.8 Teores de cobre, ferro e zinco na folha diagnose da planta de milho

O cobre e o ferro (Tab. 10) apresentam comportamento semelhante, ou seja, verifica-se diferença significativa entre os modos de aplicação, sendo os maiores valores encontrados nos tratamentos NFSP, NLSP e os menores nos NLSP, NLSS na sucessão à soja para o cobre e ferro, respectivamente. Na sucessão ao milho não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos com adição de N para ambos os nutrientes, sendo diferente significativamente apenas da testemunha. Em ambas as sucessões e nutrientes os valores estão

na faixa considerada adequada para a cultura (CANTARELLA, et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

O zinco (Tab.10) na sucessão à soja apresentou maior valor na testemunha, cujo valor, diferiu dos demais tratamentos, exceto do NLSS. Na sucessão ao milho o comportamento foi igual ao do manganês. Os valores também se encontram na faixa considerada adequada para a cultura (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 10. Teores de cobre, ferro e zinco na planta de milho (folha diagnose), variedade AL-34, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Cobre na planta        |              | Ferro na planta        |              | Zinco na planta        |              |
|-------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|
|             | Var em soja            | Var em milho | Var em soja            | Var em milho | Var em soja            | Var em milho |
|             | (mg kg <sup>-1</sup> ) |              | (mg kg <sup>-1</sup> ) |              | (mg kg <sup>-1</sup> ) |              |
| N – ZERO    | 8,7c                   | 7,0b         | 100,2ab                | 56,2b        | 31,7a                  | 17,2b        |
| NLSP        | 9,5bc                  | 10,7a        | 110,7a                 | 99,2a        | 25,5b                  | 24,7a        |
| NLSS        | 10,2ab                 | 10,5a        | 96,5b                  | 95,2a        | 30,5ab                 | 24,5a        |
| INCORPORADO | 10,0abc                | 10,7a        | 10,6,7ab               | 93,0a        | 25,7b                  | 26,0a        |
| NFSP        | 11,0a                  | 11,2a        | 107,0ab                | 99,7a        | 25,7b                  | 24,7a        |
| NFSS        | 10,2ab                 | 10,7a        | 104,5ab                | 102,7a       | 25,7b                  | 21,7a        |
| Médias      | 9,9                    | 10,1         | 104,2                  | 91,0         | 27,5                   | 23,1         |
| CV (%)      | 6,0                    | 8,9          | 5,2                    | 6,6          | 8,3                    | 8,0          |
| dms         | 1,39                   | 2,08         | 12,54                  | 13,92        | 5,26                   | 4,27         |

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

Embora alguns autores afirmem que o posicionamento do fertilizante uréia seja um fator importante para a redução das perdas de amônia Anjos e Tedesco (1976); Campos e Tedesco (1979); Rodrigues e Kiehl (1986); Lara Cabezas et al. (1997 a, b, 2000), inclusive com pesquisas onde a perda de amônia quando aplicada em faixa foi menor que a aplicação em área total, sendo a principal razão dessa diferença a maior concentração da uréia o que ocasionaria uma hidrólise mais lenta, aumentando a probabilidade de aproveitamento dessa uréia. No presente trabalho praticamente não houve diferença significativa entre os tratamentos que receberam nitrogênio na cobertura ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para os parâmetros de produtividade, sendo, o diâmetro do colmo, massa de 10 espigas sem palha e proteína no grão na sucessão à soja e estande, altura da primeira espiga, massa de 10 espigas sem palha e

proteína no grão em sucessão ao milho, os únicos afetados. Villas Bôas (1995), trabalhando com largura de faixa e época de aplicação de N em cobertura não observou diferença significativa para os parâmetros estudados em relação a largura da faixa, exceto comparados à testemunha.

A falta de resposta significativa no presente trabalho provavelmente foi em virtude da ocorrência de chuvas nos dias em que foram aplicados os tratamentos. Abaixo tem-se a Figura 23, onde observa-se chuvas na ordem de 8,5 e 42 mm para os dias 15 e 16 de janeiro, dias em que foram aplicados os tratamentos na variedade em sucessão a soja e ao milho, respectivamente. Essas chuvas podem ter sido suficiente para favorecerem a incorporação no solo da uréia aplicada à superfície o que provocaria redução nas perdas por volatilização e aumentaria a disponibilidade às plantas. Bouwmeester et al. (1985), verificaram que uma precipitação de 24 mm foi suficiente para proteger o N-uréia das perdas por volatilização de amônia.

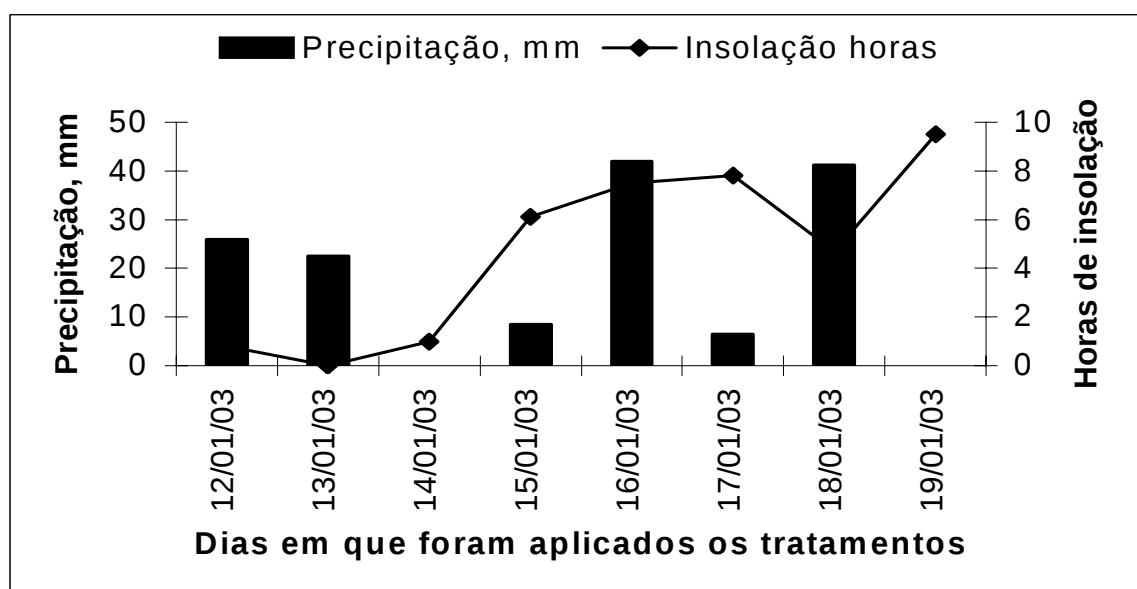


Figura 23. Precipitação pluviométrica (mm) e horas de insolação registradas na semana da aplicação dos tratamentos. Botucatu/SP, 2003.

### 6.3 Resposta do híbrido de milho C-333B, à doses de nitrogênio incorporadas a 5 cm do solo, em sucessão às culturas da soja e do milho (Experimentos III e IV).

#### 6.3.1 Estande e altura de inserção da primeira espiga

A aplicação de doses crescentes de N promoveu aumento linear para o estande na sucessão à soja e quadrática com o maior valor encontrado na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, para a sucessão ao milho (Fig. 24 a). Resposta diferente foi encontrada na variedade em sucessão a soja, já que esta apresentou ajuste linear (Fig. 4 a), utilizando-se as mesmas doses e forma de aplicação.

Para a altura da inserção da primeira espiga (Fig. 24 b) observa-se efeito quadrático não significativo para ambas as sucessões, indicando que para este parâmetro as doses aplicadas não exerceram influencia significativa no híbrido C-333B.

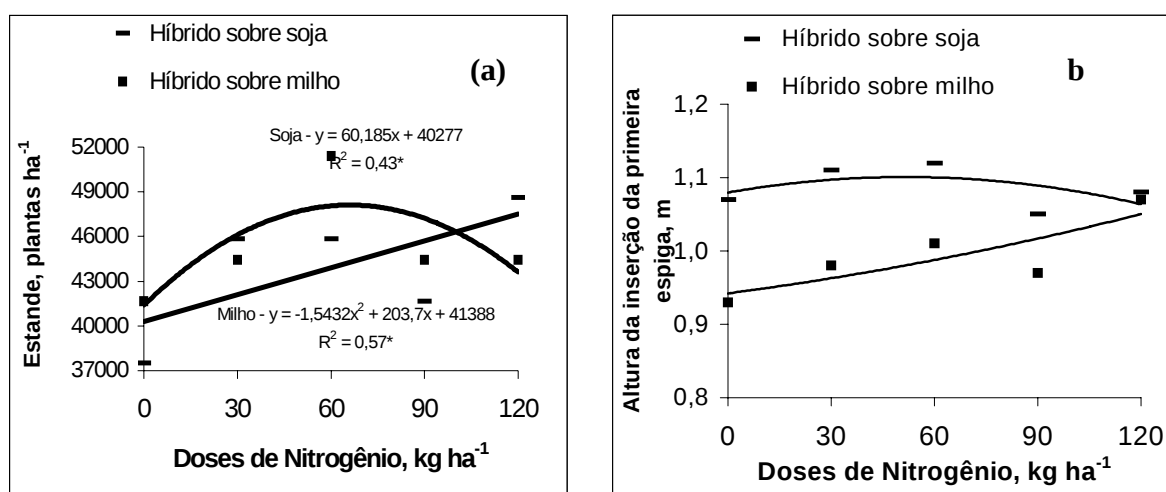


Figura 24. Estande (a) e altura da inserção da primeira espiga (b) de milho, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

### 6.3.2 Altura de planta e diâmetro do colmo

Para altura de plantas (Fig. 25 a) observou-se efeito quadrático não significativo para a sucessão à soja (média de 2,16 m) e significativo para a sucessão ao milho, com o maior valor sendo encontrado com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N.

No diâmetro do colmo (Fig. 25 b) verifica-se efeito linear significativo e negativo para a sucessão à soja e quadrática não significativa, na sucessão ao milho. Na sucessão à soja a resposta encontrada para o híbrido diferiu da obtida na variedade, já que esta apresentou efeito linear significativo positivo (Fig. 7 a), nas mesmas condições experimentais.

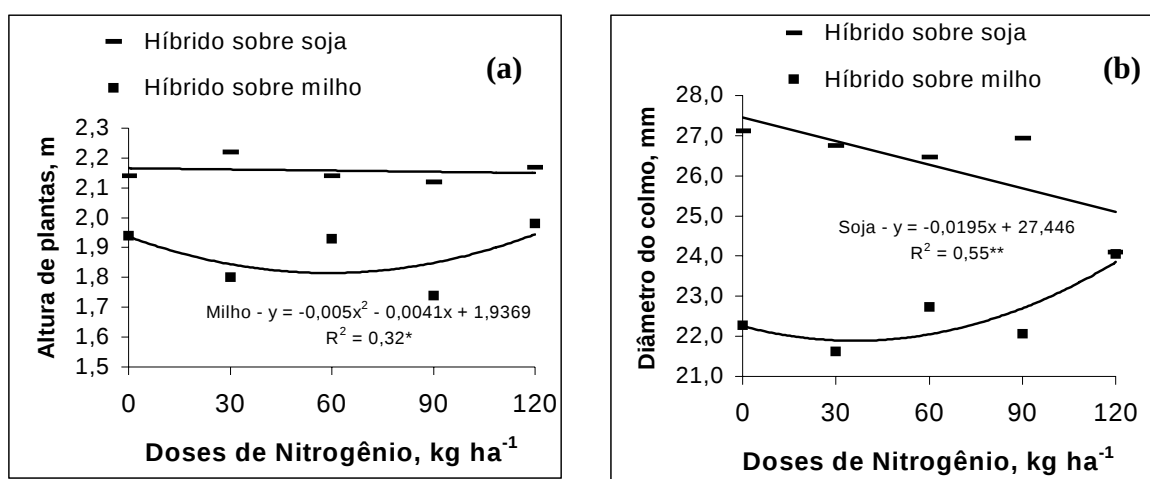


Figura 25. Altura de plantas (a) e diâmetro do colmo (b) de milho, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

### 6.3.3 Índice de espigas e massa total de espigas sem palha por parcela

O índice de espigas (Fig. 26 a) apresentou efeito linear significativo e negativo na sucessão à cultura da soja e quadrática significativa na sucessão ao milho. Para a massa total de espigas sem palha por parcela (Fig. 26 b) observa-se efeito quadrático não significativo para a sucessão à soja e significativo para a sucessão ao milho. O maior valor para a massa total de espigas foi encontrado com a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. Resposta diferentes foi encontrado para massa total na variedade em sucessão à soja, uma vez, que esta apresentou ajuste linear (Fig. 9 a), nas mesmas condições experimentais.

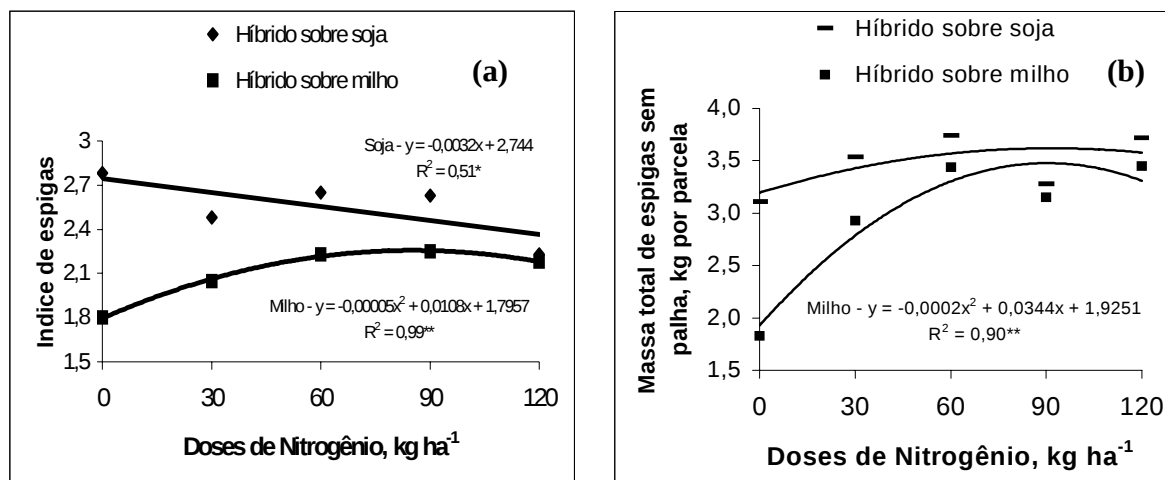


Figura 26. Índice (a) e massa de espigas (b) de milho sem palha por parcela, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

#### 6.3.4 Massa, diâmetro e comprimento de 10 espigas sem palha

Para a massa de 10 espigas de milho (Fig. 27) observa-se efeito linear significativo para a sucessão à soja e quadrática significativa para a sucessão ao milho. A resposta para esse parâmetro foi diferente da encontrada na variedade, quando em sucessão à soja, já que esta apresentou ajuste quadrático significativo (Fig. 10 a).

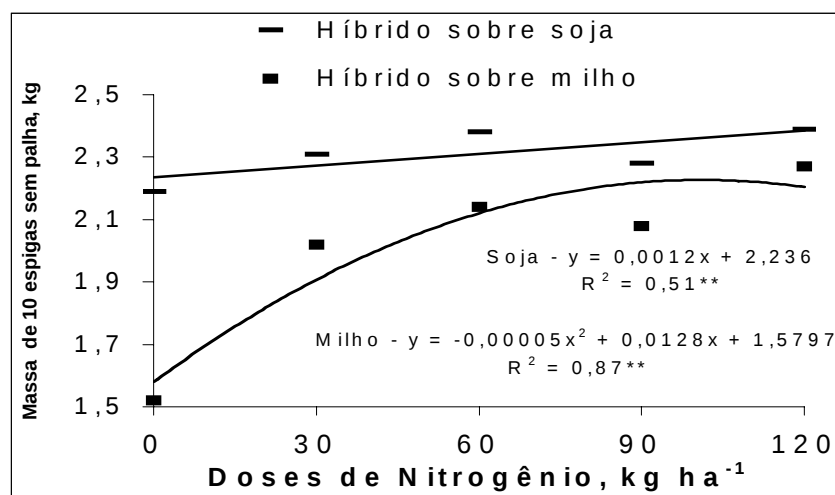


Figura 27. Massa de 10 espigas de milho sem palha, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

Para o diâmetro e comprimento de espigas (Fig. 28 a e b) verifica-se comportamento semelhante, ou seja, efeito linear significativo para a sucessão à soja e quadrático significativo em sucessão ao milho, com o maior valor encontrado com a dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ . Também para estes parâmetros a resposta do híbrido na sucessão à soja difere da encontrada na variedade, já que esta apresentou efeito quadrático significativo para ambos os parâmetros (Fig. 10 c, d, e, f).

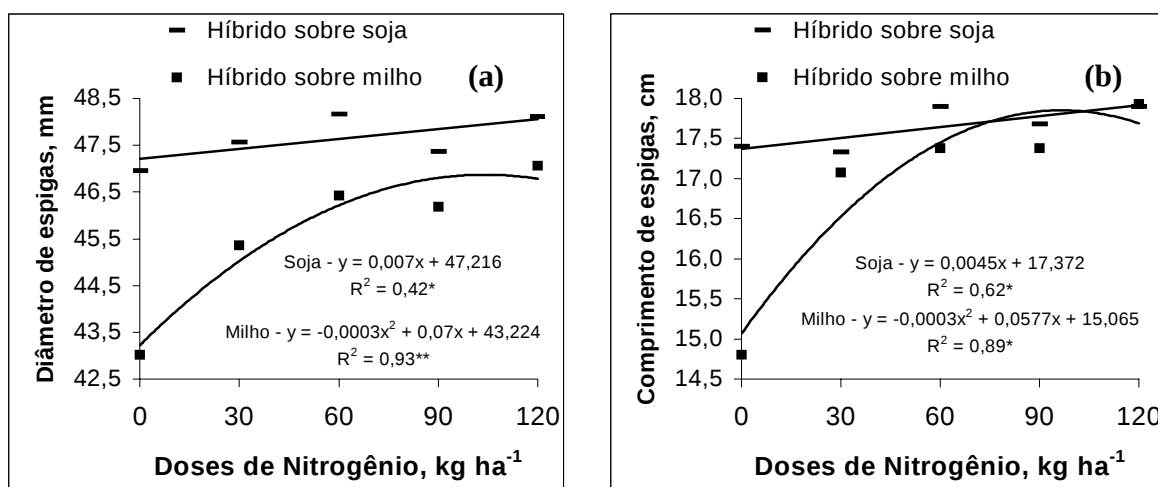


Figura 28. Diâmetro (a) e comprimento médio de 10 espigas (b) de milho, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

### 6.3.5 Massa de 100 grãos e produtividade do milho

Para a massa de 100 grãos (Fig. 29 a) observa-se efeito quadrático significativo em ambas as sucessões de culturas. Resposta semelhante foi encontrada na variedade (Fig. 11 a e b) nas mesmas condições experimentais.

A análise de regressão mostrou que os dados de produtividade (Fig. 29 b) ajustaram-se ao modelo quadrático, sendo este não significativo em sucessão à soja e significativo em sucessão ao milho, com o maior valor sendo encontrado com a dose de  $81 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Ao compararmos com a resposta encontrada na variedade (Fig. 12 a), verifica-se que para o híbrido as doses de N aplicadas não influenciaram a produtividade quando a cultura antecessora foi a soja, o que vem concordar com Mascarenhas et al. (1978); Muzilli (1983); Sá (1995).

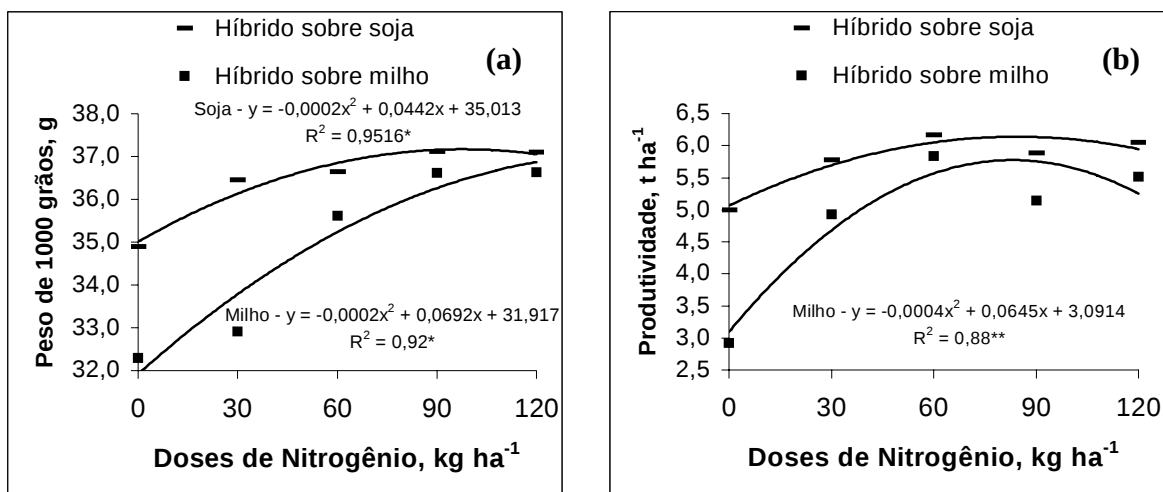


Figura 29. Massa de 100 grãos (a) e produtividade (b) do milho, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

Ao comparar os parâmetros relacionados à produtividade verifica-se que para a maioria foi encontrado efeito não significativo em sucessão à soja e significativo em sucessão ao milho. Observa-se também que, como verificado na variedade, os valores na sucessão à soja foram sempre superiores aos encontrados na sucessão ao milho o que vem a concordar com Mascarenhas et al. (1978); Muzilli (1983); Santos e Pöttker (1990); Aita et al. (1994); Ceretta et al. (1994); Pöttker e Roman (1994); Teixeira et al. (1994); Sá (1995, 1996); Da Ros e Aita (1996); Argenta (1998); quando estes autores encontraram pouca ou nenhuma resposta do milho ao nitrogênio aplicado em sucessão a leguminosas, enquanto que em sucessão a gramínea foi observado resposta positiva, provavelmente devido a composição dos resíduos culturais que podem levar a uma maior ou menor mineralização e imobilização do N presente nos resíduos (PAUL e CLARK, 1989; DERPSCH e CALEGARI, 1992; VICTORIA et al., 1992; RECOUS et al., 1995).

Como o ocorrido na variedade, em ausência da adubação nitrogenada, a produtividade do híbrido em sucessão à soja foi superior em 71 % a produtividade em sucessão ao milho, concordando com Pöttker e Roman (1994); Teixeira et al., (1994); Aita et al., (2001).

### 6.3.6 Nitrato no colmo e proteína no grão

Para o nitrato no colmo de milho (Fig. 30 a) observa-se efeito quadrático significativo na sucessão à soja, sendo a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> a responsável pelo maior acúmulo no colmo. Na sucessão ao milho o efeito foi linear, indicando que quanto mais N é adicionado ao solo, maior quantidade deste nutriente será encontrado no colmo, embora em teores reduzidos quando comparados à sucessão soja. A resposta encontrada no híbrido foi contrária a encontrada na variedade, já que esta apresentou efeito linear na sucessão à soja e quadrática na sucessão ao milho (Fig. 13 a e b), nas mesmas condições experimentais.

A proteína no grão (Fig. 30 b) apresentou efeito quadrático significativo para ambas as sucessões, com valor máximo obtido com a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> na sucessão ao milho e 120 kg ha<sup>-1</sup> na sucessão à soja. A resposta na sucessão ao milho foi diferente da observada na variedade (Fig. 14 b), uma vez, que esta apresentou efeito linear.

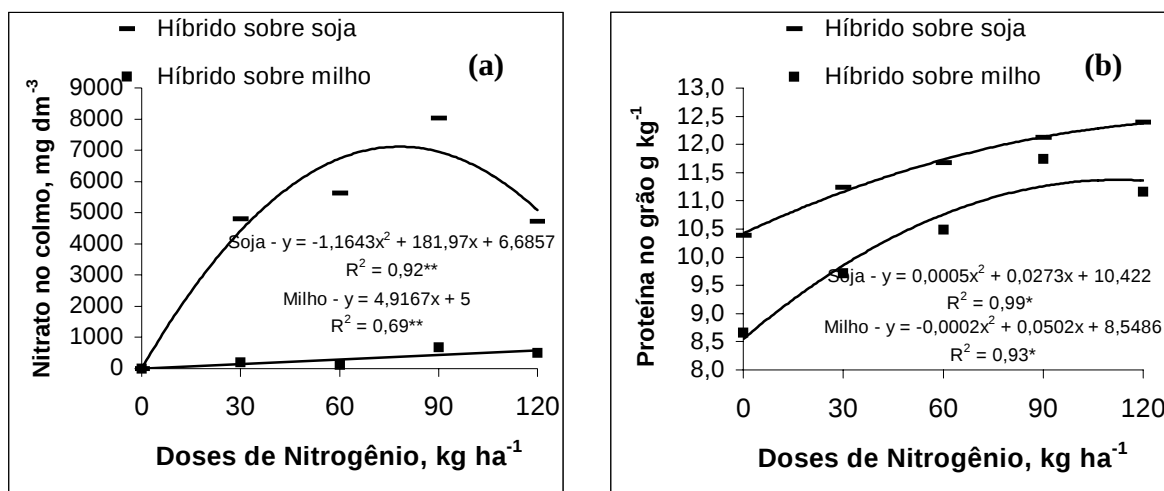


Figura 30. Nitrato no colmo (a) e proteína no grão (b) de milho, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

### 6.3.7 Diagnose Foliar

#### 6.3.7.1 Nitrogênio e fósforo

Para o nitrogênio na folha diagnose (Fig. 31 a) observa-se efeito linear para a sucessão à soja e quadrática na sucessão ao milho, com o maior valor sendo observado com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Embora os valores iniciais sejam maiores que os encontrados na variedade (Fig. 15 a e b), apenas os valores da sucessão à soja encontram-se na faixa adequada desse nutriente para a cultura de acordo com Malavolta et al. (1997). Para Cantarella et al. (1996) os valores obtidos na sucessão as culturas da soja e do milho encontram-se dentro da faixa adequada, exceto a testemunha e a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na sucessão ao milho.

Para o fósforo (Fig. 31 b) verifica-se efeito quadrático não significativo para ambas as sucessões. Ao contrário do obtido com a variedade (Fig. 16 a e b), os valores não se encontram na faixa considerada adequada para a cultura, exceto a testemunha e a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N na sucessão ao milho segundo Malavolta et al. (1997). Para Cantarella et al. (1996) os valores obtidos na sucessão as culturas da soja e do milho encontram-se dentro da faixa adequada.

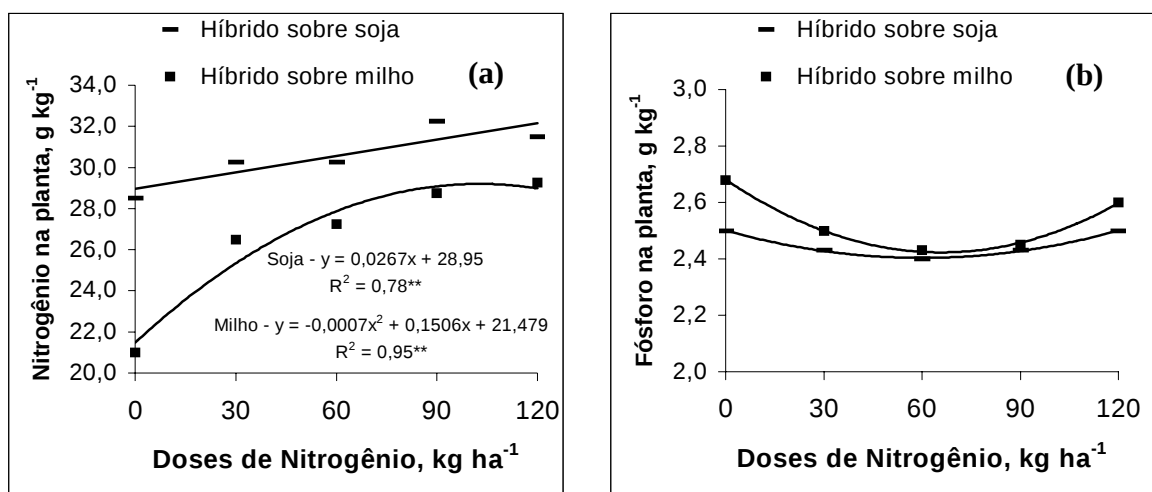


Figura 31. Nitrogênio (a) e fósforo (b) na planta de milho (diagnose foliar), híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

### 6.3.7.2 Potássio e cálcio

No teor de potássio na folha diagnose (Fig. 32 a) observa-se efeito linear na sucessão à soja e quadrático em sucessão ao milho. Resposta semelhante foi encontrada na variedade (Fig. 17 a e b), em ambas as sucessões. Os valores obtidos para o híbrido encontram-se acima da faixa adequada para a cultura para Malavolta et al. (1997). De acordo com Cantarella et al. (1996) os valores obtidos em ambas as sucessões encontram-se dentro da faixa adequada para a cultura que é de 17 a 35 g kg<sup>-1</sup>.

O teor de cálcio (Fig. 32 b) apresentou efeito quadrático não significativo em ambas as sucessões. Resposta semelhante foi encontrada na variedade em sucessão à soja (Fig. 17 c). Na sucessão ao milho os maiores valores foram obtidos na testemunha e com a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, embora, em ambas as sucessões os valores se encontrem dentro da faixa adequada para a cultura (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

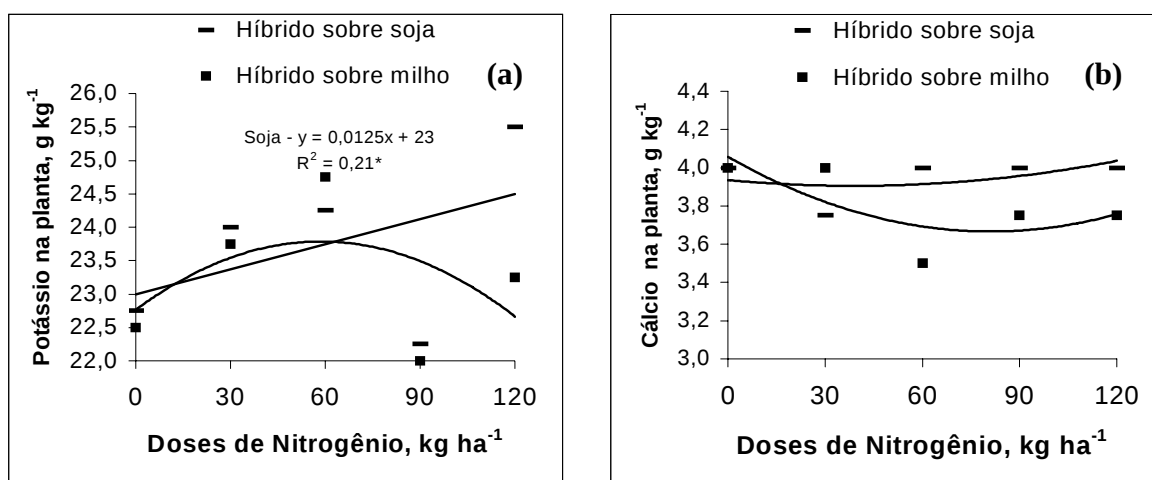


Figura 32. Potássio (a) e cálcio (b) na planta de milho (diagnose foliar), híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

### 6.3.7.3 Magnésio , enxofre, boro e ferro

Para o magnésio (Fig. 33 a) verifica-se efeito quadrático significativo para a sucessão à soja e não significativa na sucessão ao milho. Nota-se que os maiores valores foram obtidos no tratamento testemunha, provavelmente devido à diluição desse nutriente dentro da planta. Apenas os valores em sucessão a soja encontram-se dentro da faixa adequada segundo Malavolta et al. (1997), sendo resultado semelhante ao obtido na variedade, nas mesmas condições experimentais. Para Cantarella et al. (1996) os valores obtidos em ambas as sucessões encontram-se dentro da faixa adequada para a cultura do milho.

O enxofre (Fig. 33 b) apresentou resposta semelhante à variedade (Fig. 19 a e b), ou seja, efeito linear para a sucessão à soja e quadrática em sucessão ao milho. Os valores de ambas as sucessões encontram-se acima da faixa adequada para a cultura, assim como ocorreu para a variedade (MALAVOLTA et al., 1997). Segundo Cantarella et al. (1996) em ambas as sucessões foram encontrados valores dentro da faixa adequada para a cultura que é de 1,5 a 3,0 g kg<sup>-1</sup>.

Para o boro (Fig. 33 c) observa-se efeito linear não significativo para a sucessão à soja e quadrática significativa para a sucessão ao milho. Como o obtido na variedade (Fig. 20 b), os maiores valores foram registrados na sucessão ao milho. Em ambas as sucessões os valores obtidos estão abaixo da faixa adequada para a cultura, exceto a testemunha na sucessão ao milho para Malavolta et al. (1997). Para Cantarella et al. (1996) apenas as doses de 0, 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na sucessão à cultura da soja apresentaram valores abaixo da faixa considerada adequada para a cultura.

No ferro (Fig. 33 d) verifica-se efeito quadrático não significativo para a sucessão à soja e significativo na sucessão ao milho, diferindo da resposta encontrada na variedade (Fig. 21 a e b). Em ambas as sucessões os valores encontram-se na faixa considerada adequada para a cultura (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

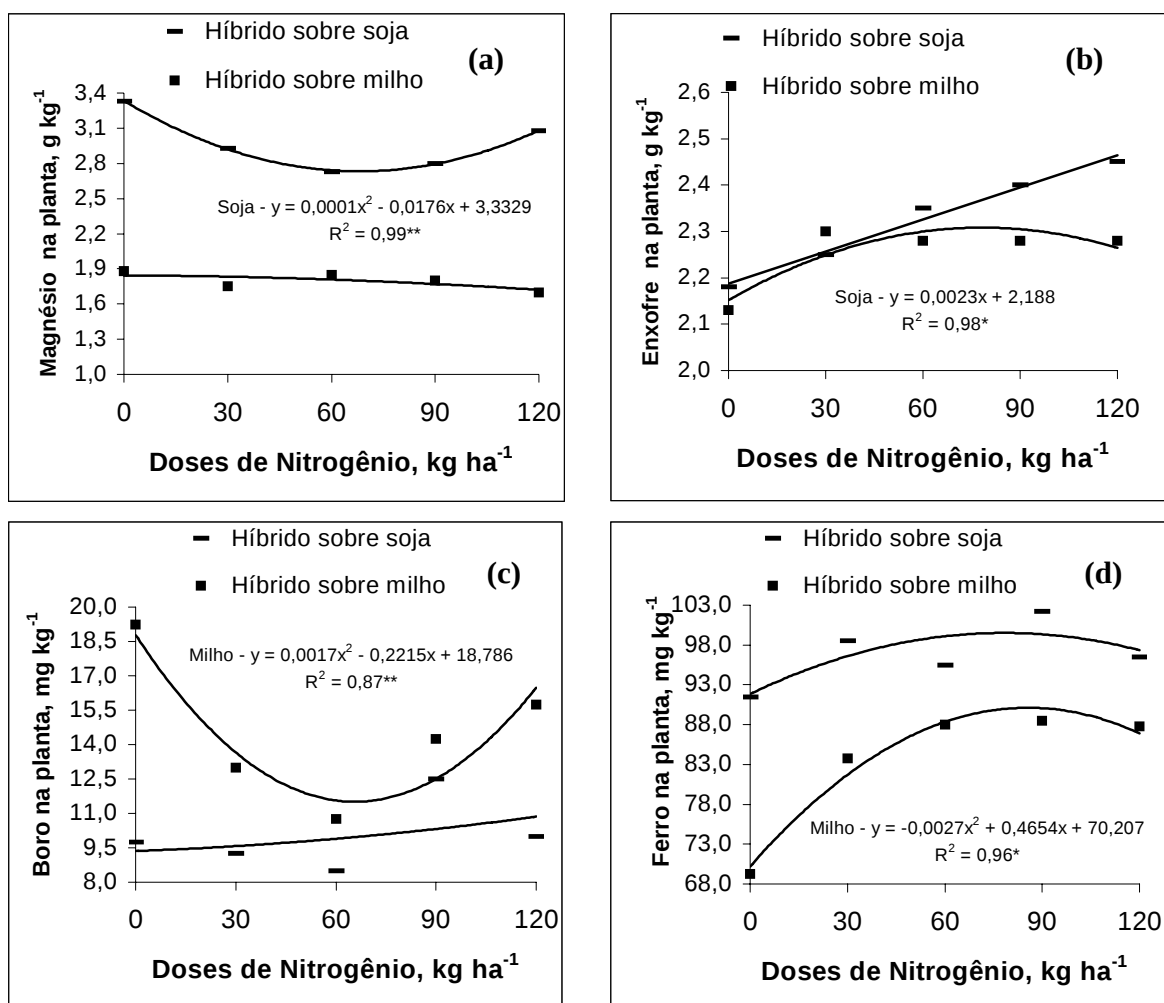


Figura 33. Magnésio (a), enxofre (b), boro (c) e ferro (d) na planta de milho (diagnose foliar), híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

#### 6.3.7.4 Cobre e manganês

O cobre (Fig. 34 a) e o manganês (Fig. 34 b) apresentaram efeito semelhante, ou seja, efeito linear para a sucessão à soja e quadrática para a sucessão ao milho, resposta contrária foi obtida na variedade (Fig. 20 a e b e 22 a e b), nas mesmas condições experimentais. Os valores de cobre encontram-se na faixa adequada para a cultura, enquanto que, para o manganês observam-se valores abaixo (MALAVOLTA et al., 1997). De acordo com Cantarella et al. (1996) os teores de ambas os nutrientes encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura nas duas sucessões.

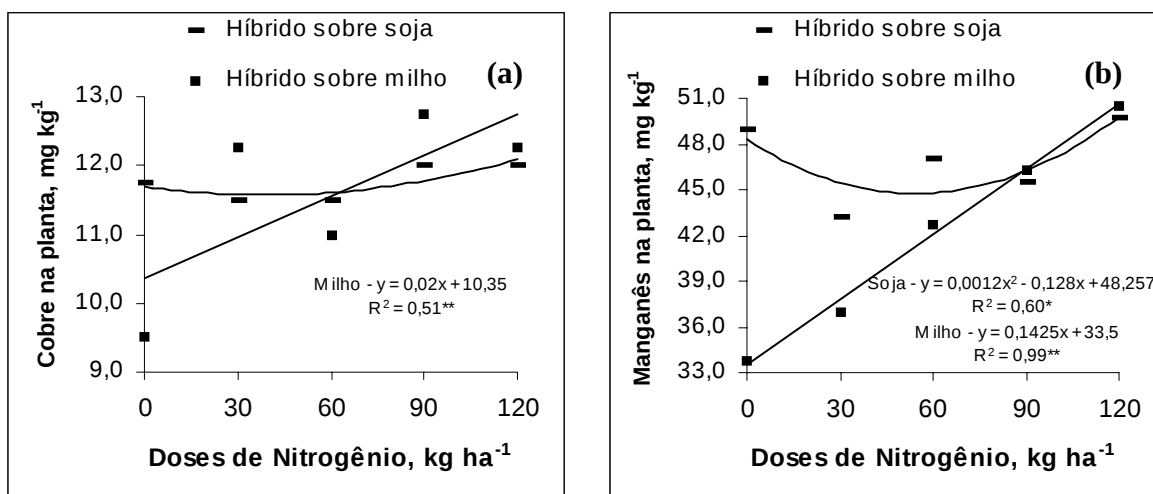


Figura 34. Cobre (a) e manganês (b) na planta de milho (folha diagnose), híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

### 6.3.7.5 Zinco na planta

Como na variedade (Fig. 22), os teores de zinco na folha diagnose do milho, em sucessão à soja, foram superiores para a testemunha quando comparado com os demais tratamentos. Na sucessão ao milho apenas a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N superou a testemunha. Os valores obtidos encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

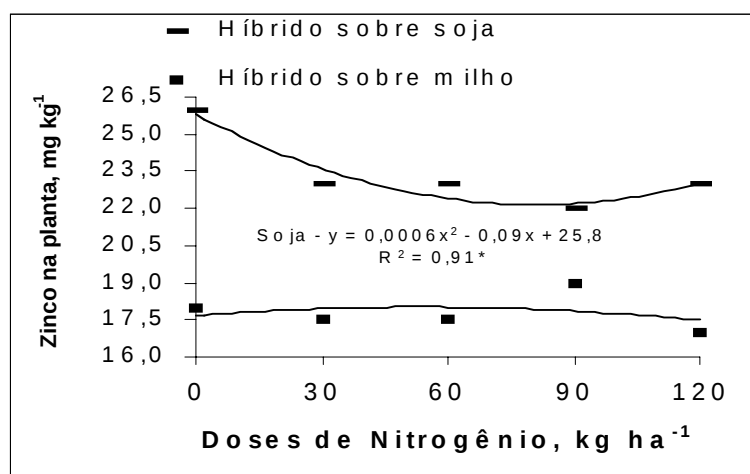


Figura 35. Zinco na planta de milho (diagnose foliar), no híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

#### 6.4 Resposta do híbrido de milho C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de N (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação (Experimentos III e IV).

##### 6.4.1 Estande, altura da inserção da primeira espiga e de plantas

Os valores de estande (Tab. 11) não diferiram significativamente entre os tratamentos com N, em ambas as sucessões, discordando do resultado encontrando na variedade na sucessão ao milho (Tab. 3), pois esta apresentou diferença entre os tratamentos.

Para a altura da inserção da primeira espiga (Tab. 11), observa-se diferença significativa em ambas as sucessões. O tratamento NFSS foi o responsável pelo maior valor (1,20 m) diferindo do incorporado, NLSP, NLSS e testemunha na sucessão à soja. Na sucessão ao milho o maior valor foi encontrado no tratamento incorporado (1,07 m) diferindo do NLSP (0,90 m). Resultados diferentes foram observados na variedade para a sucessão a soja (Tab. 3), pois esta não apresentou diferença entre os tratamentos com N, nas mesmas condições experimentais.

A altura de plantas (Tab. 11) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos nas duas sucessões de cultura. O mesmo comportamento foi observado na variedade para a sucessão à soja (Tab. 3), nas mesmas condições ambientais.

Tabela 11. Estande, altura da inserção da primeira espiga e altura de plantas de milho, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Estande                  |              | Altura da primeira espiga |              | Altura de plantas |              |
|-------------|--------------------------|--------------|---------------------------|--------------|-------------------|--------------|
|             | Hib em soja              | Hib em milho | Hib em soja               | Hib em milho | Hib em soja       | Hib em milho |
|             | Plantas ha <sup>-1</sup> |              | (m)                       |              | (m)               |              |
| N – ZERO    | 37222b                   | 41666        | 1,07b                     | 0,93ab       | 2,14              | 1,94         |
| NLSP        | 42777ab                  | 42777        | 1,09b                     | 0,90b        | 2,15              | 1,87         |
| NLSS        | 47222a                   | 44444        | 1,10b                     | 1,05ab       | 2,18              | 1,94         |
| INCORPORADO | 48333a                   | 44444        | 1,08b                     | 1,07a        | 2,17              | 1,98         |
| NFSP        | 42777ab                  | 41666        | 1,15ab                    | 0,99ab       | 2,20              | 1,93         |
| NFSS        | 47222a                   | 41666        | 1,20a                     | 0,97ab       | 2,18              | 1,97         |
| Médias      | 44444                    | 42777        | 1,11                      | 0,98         | 2,17              | 1,94         |
| CV (%)      | 7,9                      | 7,7          | 3,4                       | 6,4          | 1,98              | 3,79         |
| dms         | 8055                     | n.s          | 0,09                      | 0,15         | n.s               | n.s          |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

#### 6.4.2 Diâmetro do colmo, índice de espigas e massa de 10 espigas

O diâmetro do colmo (Tab. 12) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com N, exceto entre o incorporado (27,1 mm) e a testemunha (24,1 mm) na sucessão à soja, e o NFSS (25,1 mm) e a testemunha (22,2 mm) na sucessão ao milho. Os resultados na sucessão à soja divergem dos obtidos na variedade na mesma sucessão (Tab. 4), pois esta apresentou diferença significativa entre os tratamentos com N.

Para o índice de espigas (Tab. 12) verifica-se que não correu diferença significativa entre os tratamentos que receberam N nem mesmo entre estes e a testemunha. Resultados semelhantes foram encontrados na variedade para a sucessão a soja (Tab. 4), nas mesmas condições experimentais.

Para a massa de 10 espigas sem palha (Tab. 12) observa-se efeito significativo entre os tratamentos, sendo o NLSS o responsável pelo maior valor (2,44 kg) diferindo do NFSP (2,28 kg), cujo valor não diferiu do NLSP (2,31 kg) e da testemunha (2,19 kg) na sucessão à soja. Na sucessão ao milho não houve diferença significativa entre os tratamentos com N, exceto entre estes e a testemunha.

Tabela 12. Diâmetro do colmo, índice de espigas por parcela e massa de 10 espigas de milho sem palha, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Diâmetro do colmo |              | Índice de espigas |              | Massa de 10 espigas sem palha |              |
|-------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------------------|--------------|
|             | Hib em soja       | Hib em milho | Hib em soja       | Hib em milho | Hib em soja                   | Hib em milho |
|             | (mm)              |              | -                 |              | (kg)                          |              |
| N – ZERO    | 24,1b             | 22,2b        | 2,78              | 1,80         | 2,19c                         | 1,52b        |
| NLSP        | 25,8ab            | 23,3ab       | 2,25              | 2,30         | 2,31abc                       | 2,21a        |
| NLSS        | 25,9ab            | 23,2ab       | 2,38              | 2,30         | 2,44a                         | 2,20a        |
| INCORPORADO | 27,1a             | 24,0ab       | 2,23              | 2,18         | 2,39ab                        | 2,27a        |
| NFSP        | 26,2ab            | 22,4ab       | 2,75              | 2,18         | 2,28bc                        | 2,28a        |
| NFSS        | 26,1ab            | 25,1a        | 2,53              | 2,38         | 2,35ab                        | 2,37a        |
| Médias      | 25,8              | 23,7         | 2,48              | 2,19         | 2,32                          | 2,14         |
| CV (%)      | 4,0               | 4,9          | 13,7              | 11,5         | 2,9                           | 4,8          |
| dms         | 2,42              | 2,68         | n.s               | n.s          | 0,16                          | 0,24         |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSP, NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

### 6.4.3 Massa total de espigas sem palha por parcela, diâmetro e comprimento de espigas

A massa de espigas sem palha por parcela (Tab. 13), embora não tenha apresentado diferença significativa entre os tratamentos com N, verifica-se diferença entre o NFSS (4,15 kg) e a testemunha (3,11 kg) na sucessão à soja, sendo que estes não diferiram dos demais tratamentos. Na sucessão ao milho observa-se diferença apenas para a testemunha (1,83 kg).

Para o diâmetro de espigas (Tab. 13) verifica-se comportamento entre tratamentos, semelhante ao peso de espigas sem palha. O comportamento registrado na variedade (Tab. 5) para esse parâmetro também foi semelhante.

O comprimento de espigas (Tab. 13) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com N, exceto para a testemunha na sucessão ao milho. Resultados semelhantes foram encontrados na variedade (Tab. 5) para esta sucessão.

Tabela 13. Massa total de espigas por parcela, diâmetro e comprimento de espigas de milho sem palha, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Massa total de espigas sem palha |              | Diâmetro de espigas |              | Comprimento de espigas |              |
|-------------|----------------------------------|--------------|---------------------|--------------|------------------------|--------------|
|             | Hib em soja                      | Hib em milho | Hib em soja         | Hib em milho | Hib em soja            | Hib em milho |
|             | (kg parcela <sup>-1</sup> )      |              | (mm)                |              | (cm)                   |              |
| N – ZERO    | 3,11b                            | 1,83b        | 46,9b               | 43,0b        | 17,4                   | 14,8b        |
| NLSP        | 3,27ab                           | 3,31a        | 47,4ab              | 47,2a        | 17,4                   | 17,8a        |
| NLSS        | 4,08ab                           | 3,49a        | 47,5ab              | 46,9a        | 17,9                   | 17,5a        |
| INCORPORADO | 3,72ab                           | 3,45a        | 48,1ab              | 47,0a        | 17,9                   | 17,9a        |
| NFSP        | 3,83ab                           | 3,34a        | 47,5ab              | 47,5a        | 17,7                   | 18,2a        |
| NFSS        | 4,15a                            | 3,73a        | 48,4a               | 47,7a        | 17,8                   | 18,3a        |
| Médias      | 3,69                             | 3,19         | 47,7                | 46,6         | 17,7                   | 17,4         |
| CV (%)      | 11,6                             | 7,1          | 1,1                 | 1,8          | 1,5                    | 3,3          |
| dms         | 0,99                             | 0,52         | 1,21                | 1,94         | n.s                    | 1,34         |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

#### 6.4.4 Produtividade, massa de 100 grãos e nitrato no colmo

Para a produtividade (Tab. 14) observa-se comportamento semelhante aos do comprimento de espigas, ou seja, não diferiu significativamente entre os tratamentos com N, exceto da testemunha na sucessão ao milho. Resultados diferentes foram encontrados na sucessão a soja para a variedade (Tab. 6), já que obteve-se diferença entre os tratamentos com N e a testemunha, nas mesmas condições experimentais.

Para a massa de 100 grãos (Tab. 14) verifica-se diferença significativa entre os tratamentos com N na sucessão à soja, sendo o NLSS o responsável pelo maior valor diferindo dos demais tratamentos, exceto do NFSP. Na sucessão ao milho não foi observada diferença significativa entre os tratamentos com N, exceto entre estes e a testemunha. Resultados diferentes foram registrados na variedade (Tab. 6) para a sucessão a soja, pois esta só apresentou diferença significativa entre os tratamentos com N e a testemunha.

O nitrato no colmo (Tab. 14) apresentou diferença significativa entre os tratamentos nas duas sucessões. Na sucessão à soja o maior valor foi obtido no tratamento NFSS (11127 mg dm<sup>-3</sup>) diferindo dos demais tratamentos com N e estes da testemunha (0 mg dm<sup>-3</sup>). Na sucessão ao milho verifica-se diferença significativa entre o NFSP (5342 mg dm<sup>-3</sup>) e os demais tratamentos com N. Diferença significativa entre os tratamentos também foi encontrada na variedade (Tab. 6), nas mesmas condições experimentais.

Tabela 14. Produtividade, massa de 100 grãos e nitrato no colmo de milho, híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Produtividade         |              | Massa de 100 grãos |              | Nitrato no colmo       |              |
|-------------|-----------------------|--------------|--------------------|--------------|------------------------|--------------|
|             | Hib em soja           | Hib em milho | Hib em soja        | Hib em milho | Hib em soja            | Hib em milho |
|             | (t ha <sup>-1</sup> ) |              | (g)                |              | (mg dm <sup>-3</sup> ) |              |
| N – ZERO    | 5,01                  | 2,92b        | 34,8d              | 32,2b        | 0c                     | 0b           |
| NLSP        | 5,28                  | 5,40a        | 35,9cd             | 36,9a        | 7007b                  | 2257b        |
| NLSS        | 6,39                  | 6,16a        | 38,4a              | 36,4a        | 7441b                  | 1306b        |
| INCORPORADO | 6,05                  | 5,51a        | 37,1bc             | 36,6a        | 4720b                  | 496b         |
| NFSP        | 7,15                  | 5,38a        | 37,3ab             | 36,0a        | 7327b                  | 5342a        |
| NFSS        | 6,85                  | 6,19a        | 37,0bc             | 36,9a        | 11127a                 | 994b         |
| Médias      | 6,11                  | 5,26         | 36,8               | 35,8         | 6271                   | 1733         |
| CV (%)      | 16,4                  | 9,6          | 2,2                | 2,8          | 24,4                   | 57,8         |
| dms         | n.s                   | 1,16         | 1,26               | 1,54         | 3527                   | 2304         |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

#### **6.4.5 Proteína no grão, teores de nitrogênio e de fósforo na folha diagnose da planta de milho**

Para o teor de (Tab. 15), proteína no grão observa-se diferença significativa entre os tratamentos, onde o maior valor foi encontrado no tratamento incorporado ( $12,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) diferindo do NLSS, NFSP e da testemunha ( $10,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) na sucessão à soja. Na sucessão ao milho, não diferiu significativamente entre os tratamentos com N, exceto da testemunha ( $8,6 \text{ g kg}^{-1}$ ). Resposta diferente foi encontrada na variedade para a sucessão ao milho (Tabela 7), já que esta apresentou diferença significativa entre os tratamentos com N.

O teor de nitrogênio na folha diagnose (Tab. 15), não apresentou diferença significativa em ambas as sucessões, exceto para a testemunha, cujo valor não diferiu do NFSP e NLSP na sucessão à soja e da testemunha com os demais tratamentos, na sucessão ao milho. Resposta diferente foi encontrada na variedade em sucessão a soja, pois esta apresentou diferença entre os tratamentos com N e semelhante, em sucessão ao milho, onde só foi observada diferença para a testemunha (Tab. 7). Os resultados obtidos em ambas as sucessões, exceto para a testemunha na sucessão ao milho, encontram-se dentro da faixa considerada adequada (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

O teor de fósforo na folha diagnose (Tab. 15) não apresentou diferença significativa em ambas as sucessões. Comportamento diferente entre tratamentos foi encontrado na variedade (Tab. 7) em sucessão ao milho, onde foi registrado diferença significativa entre os mesmos. Em ambas as sucessões os teores encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 15. Proteína no grão, teores de nitrogênio e de fósforo na planta de milho (folha diagnose), híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Proteína no grão      |              | Nitrogênio na planta  |              | Fósforo na planta     |              |
|-------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
|             | Hib em soja           | Hib em milho | Hib em soja           | Hib em milho | Hib em soja           | Hib em milho |
|             | (g kg <sup>-1</sup> ) |              | (g kg <sup>-1</sup> ) |              | (g kg <sup>-1</sup> ) |              |
| N – ZERO    | 10,3d                 | 8,6b         | 28,5b                 | 21,0b        | 2,5                   | 2,6          |
| NLSP        | 12,1abc               | 11,4a        | 31,0ab                | 30,7a        | 2,5                   | 2,6          |
| NLSS        | 12,0bc                | 11,5a        | 31,7a                 | 30,2a        | 2,6                   | 2,6          |
| INCORPORADO | 12,3a                 | 11,1a        | 31,5a                 | 29,2a        | 2,5                   | 2,6          |
| NFSP        | 11,8c                 | 11,6a        | 31,2ab                | 29,2a        | 2,6                   | 2,5          |
| NFSS        | 12,2ab                | 11,3a        | 31,5a                 | 30,2a        | 2,4                   | 2,6          |
| Médias      | 11,8                  | 10,9         | 30,9                  | 28,5         | 2,5                   | 2,6          |
| CV (%)      | 1,1                   | 3,9          | 4,1                   | 3,5          | 5,8                   | 8,8          |
| dms         | 0,30                  | 0,99         | 2,91                  | 2,32         | n.s                   | n.s          |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSP e NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

#### 6.4.6 Teores de potássio, cálcio e magnésio na folha diagnose da planta de milho

Para o teor de potássio (Tab. 16), verifica-se diferença significativa entre os tratamentos com N para a sucessão à soja, sendo o tratamento incorporado o responsável pelo maior valor diferindo do NLSS, NFSS e da testemunha. Na sucessão ao milho não foi observada diferença significativa entre os tratamentos com N, exceto entre o NFSP e a testemunha. Na sucessão a soja excetuando-se os tratamentos NLSS e a testemunha os valores encontram-se acima da faixa considerada adequada para a cultura. Na sucessão ao milho os valores também encontram-se acima da faixa adequada, exceto a testemunha e o NFSS (MALAVOLTA et al., 1997). Para Cantarella et al. (1996) os valores obtidos em ambas as sucessões encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura do milho.

No cálcio (Tab. 16), observa-se diferença significativa apenas na sucessão à soja, onde o menor valor foi encontrado no NLSP diferindo dos demais tratamentos, exceto do NFSP. Os valores obtidos encontram-se dentro da faixa adequada (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997), em ambas as sucessões.

O magnésio no híbrido (Tab. 16) apresentou comportamento diferente do encontrado na variedade para a sucessão à soja (Tab. 8). No híbrido obteve-se diferença

significativa entre os tratamentos com N, onde o maior valor foi encontrado na testemunha diferindo dos demais tratamentos, exceto do incorporado, enquanto que na variedade não foi observado diferença entre os tratamentos com N. Na sucessão ao milho não foi observado diferença significativa entre os tratamentos, comportamento semelhante foi obtido na variedade (Tab. 8). Os resultados obtidos na sucessão à soja encontram-se na faixa adequada para a cultura. Na sucessão ao milho todos os tratamentos apresentaram valores abaixo do considerado adequado (MALAVOLTA et al, 1997). Para Cantarella et al. (1996), os valores obtidos em ambas as sucessões encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura.

Tabela 16. Teores de potássio, cálcio e magnésio na planta de milho (folha diagnose), híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Potássio na planta    |              | Cálcio na planta      |              | Magnésio na planta    |              |
|-------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
|             | Hib em soja           | Hib em milho | Hib em soja           | Hib em milho | Hib em soja           | Hib em milho |
|             | (g kg <sup>-1</sup> ) |              | (g kg <sup>-1</sup> ) |              | (g kg <sup>-1</sup> ) |              |
| N – ZERO    | 22,7b                 | 22,5b        | 4,0a                  | 4,0          | 3,3a                  | 1,9          |
| NLSP        | 23,7ab                | 24,2ab       | 3,2b                  | 3,7          | 2,4c                  | 1,9          |
| NLSS        | 22,2b                 | 24,0ab       | 4,0a                  | 4,0          | 2,8b                  | 1,8          |
| INCORPORADO | 25,5a                 | 23,2ab       | 4,0a                  | 3,7          | 3,0ab                 | 1,7          |
| NFSP        | 23,5ab                | 25,5a        | 3,7ab                 | 3,2          | 2,7bc                 | 1,6          |
| NFSS        | 22,0b                 | 24,2ab       | 4,0a                  | 4,0          | 2,8b                  | 1,7          |
| Médias      | 23,3                  | 23,9         | 3,8                   | 3,8          | 2,9                   | 1,8          |
| CV (%)      | 4,4                   | 4,3          | 8,2                   | 9,9          | 5,3                   | 9,2          |
| dms         | 2,36                  | 2,41         | 0,73                  | 0,89         | 0,37                  | n.s          |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSP e NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

#### 6.4.7 Teores de enxofre, boro e Ferro na folha diagnose da planta de milho

O enxofre e o boro (Tab. 17) apresentaram comportamento semelhante, ou seja, na sucessão à soja não observa-se diferença significativa entre os tratamentos. Já, para a sucessão ao milho verifica-se diferença entre os tratamentos, sendo os tratamentos NLSS e NFSP os responsáveis pelos maiores valores de enxofre diferindo do NLSP, incorporado e da testemunha. Para o boro o maior valor foi registrado na testemunha diferindo do NLSS. Resposta diferente foi encontrada para a variedade (Tab. 9), pois esta

apresentou diferença significativa entre os tratamentos com N na sucessão a soja para os dois nutrientes e não apresentou diferença entre os tratamentos com N para a sucessão ao milho, nas mesmas condições experimentais. Para o enxofre os valores obtidos encontram-se acima da faixa considerada adequada. O boro em ambas as sucessões encontram-se abaixo da faixa considerada adequada (MALAVOLTA et al., 1997). Para Cantarella et al. (1996) os valores obtidos para o enxofre encontram-se dentro da faixa adequada para a cultura em ambas as sucessões, para o boro apenas a testemunha e os tratamentos NLSS e NFSS na sucessão à soja apresentaram teores inferiores ao da faixa considerada adequada para a cultura

Para o ferro na folha diagnose da planta (Tab. 17) não foi observada diferença significativa entre os tratamentos nas duas sucessões, exceto entre o NLSS e a testemunha na sucessão à soja. Na sucessão ao milho verifica-se diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha, cujo valor não diferiu do NLSP. Em ambas as sucessões os valores encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a cultura (CANTARELLA et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

Tabela 17. Teores de enxofre, boro e ferro na planta de milho (folha diagnose), híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Enxofre na planta    |              | Boro na planta        |              | Ferro na planta       |              |
|-------------|----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|
|             | Hib em soja          | Hib em milho | Hib em soja           | Hib em milho | Hib em soja           | Hib em milho |
|             | $(\text{g kg}^{-1})$ |              | $(\text{mg kg}^{-1})$ |              | $(\text{mg kg}^{-1})$ |              |
| N – ZERO    | 2,1                  | 2,1c         | 9,7                   | 19,2a        | 91,5b                 | 69,2b        |
| NLSP        | 2,4                  | 2,3ab        | 10,7                  | 15,7ab       | 100,7ab               | 84,0ab       |
| NLSS        | 2,3                  | 2,5a         | 9,5                   | 11,5b        | 105,0a                | 89,2a        |
| INCORPORADO | 2,4                  | 2,2bc        | 10,0                  | 15,7ab       | 96,5ab                | 87,7a        |
| NFSP        | 2,4                  | 2,4a         | 12,5                  | 14,5ab       | 100,2ab               | 89,5a        |
| NFSS        | 2,3                  | 2,4ab        | 9,2                   | 14,2ab       | 96,5ab                | 93,0a        |
| Médias      | 2,3                  | 2,4          | 10,3                  | 16,2         | 98,4                  | 85,4         |
| CV (%)      | 5,4                  | 3,5          | 26,8                  | 17,2         | 4,1                   | 8,8          |
| dms         | n.s                  | 0,19         | n.s                   | 6,01         | 9,33                  | 17,39        |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

#### 6.4.8 Teores de cobre, manganês e zinco na folha diagnose da planta de milho

O cobre, manganês e zinco na folha diagnose da planta (Tab. 18) apresentaram respostas semelhantes na sucessão à soja, ou seja, não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Na sucessão ao milho observa-se comportamento diferenciado, onde o cobre não apresentou diferença significativa entre os tratamentos com N, porém estes diferiram das testemunhas, exceto o NFSS. Para o manganês só foi observada diferença entre os tratamentos e a testemunha. O zinco, como na sucessão a soja, não apresentou diferença entre os tratamentos. Os teores obtidos para o cobre e o zinco encontram-se na faixa adequada para a cultura, para o manganês apenas o NLSS na sucessão a soja e o incorporado e NFSP na sucessão ao milho encontram-se dentro dessa faixa (MALAVOLTA et al., 1997). Para Cantarella et al. (1996) os valores obtidos para os três nutrientes em ambas as sucessões encontram-se dentro da faixa adequada para a cultura.

Tabela 18. Teores de cobre, manganês e zinco na planta de milho (diagnose foliar), híbrido C-333B, em sucessão às culturas da soja e do milho, com dose única de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>), em diferentes modos de aplicação. Botucatu/SP, 2003.

| Tratamentos | Cobre na planta        |              | Manganês na planta     |              | Zinco na planta        |              |
|-------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|
|             | Hib em soja            | Hib em milho | Hib em soja            | Hib em milho | Hib em soja            | Hib em milho |
|             | (mg kg <sup>-1</sup> ) |              | (mg kg <sup>-1</sup> ) |              | (mg kg <sup>-1</sup> ) |              |
| N – ZERO    | 11,7                   | 9,5b         | 49,0                   | 33,7b        | 26,0                   | 18,0         |
| NLSP        | 11,2                   | 12,2a        | 45,2                   | 47,0a        | 24,2                   | 18,5         |
| NLSS        | 12,2                   | 13,0a        | 50,7                   | 49,0a        | 24,5                   | 17,2         |
| INCORPORADO | 12,0                   | 12,2a        | 49,7                   | 50,5a        | 23,0                   | 17,0         |
| NFSP        | 11,7                   | 12,5a        | 45,7                   | 50,0a        | 23,0                   | 16,5         |
| NFSS        | 11,7                   | 12,0ab       | 49,2                   | 46,0a        | 23,7                   | 18,0         |
| Médias      | 11,8                   | 11,9         | 48,2                   | 46,0         | 24,0                   | 17,5         |
| CV (%)      | 4,8                    | 9,2          | 6,9                    | 5,6          | 7,9                    | 5,8          |
| dms         | n.s                    | 2,52         | n.s                    | 6,02         | n.s                    | n.s          |

\* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %; n.s não significativo; NLSP, NLSS, NFSPE NFSS significam N localizado na superfície da palha e do solo e N em faixa na superfície da palha e do solo, respectivamente.

Como o obtido na variedade, explicado no item 6.2, os fatores de produtividade foram pouco afetados pelas diferentes formas de aplicação do nitrogênio em cobertura, sendo registrado diferença apenas para a altura da primeira espiga, massa de 10 espigas, massa de 100 grãos e proteína no grão para a sucessão a soja e altura da inserção da

primeira espiga na sucessão ao milho. Para a diagnose foliar foi registrada diferença para o K, Ca e o Mg na sucessão a soja, também nessa sucessão foi registrado diferença para o teor de proteína no grão. Na sucessão ao milho só foi observada diferença para o S e o Cu e para o nitrato no colmo.

A falta de resposta significativa provavelmente teve os mesmos motivos da variedade, ou seja, ocorrência de chuvas nos dias em que foram aplicados os tratamentos como está demonstrado na Figura 23.

## 6.5 Análise Conjunta dos Experimentos

### 6.5.1 Efeito das doses de N incorporada a 5 cm do solo na produtividade do milho

#### 6.5.1.1 Análise de variância

Os resultados da análise de variância, referenciados no Tabela 19, mostraram que houve efeito significativo ( $P \leq 0,01$ ) para os experimentos e doses aplicadas e significativas a 5 % para a interação entre experimentos e doses aplicadas, indicando que as doses de N e a cultura antecessora possuem efeito diferenciados sobre a produtividade do milho, e que, as doses de N aplicada e a cultura anterior ao milho agem interagindo na produtividade.

Tabela 19. Resultado da análise de variância referente a produtividade, submetidos a análise conjunta dos quatro experimentos para as doses de N incorporadas a 5 cm do solo. Botucatu/SP, 2003.

| Causas da variação  | GL | SQ    | QM    | F       |
|---------------------|----|-------|-------|---------|
| Experimentos (E)    | 3  | 71,44 | 23,81 | 29,83** |
| Doses aplicadas (D) | 4  | 44,15 | 11,04 | 13,83** |
| Interação E x D     | 12 | 9,58  | 0,80  | 1,99*   |
| Resíduo             | 60 | 24,05 | 0,40  |         |

\*, \*\* Significativo pelo teste de Tukey a 5 e 1 % de probabilidade;

### 6.5.1.2 Interação entre experimentos e doses aplicadas

Conclui-se pela análise da interação (Tab. 20 e Fig. 35), que o experimento híbrido sobre soja com a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N foi o responsável pela maior produtividade superando significativamente os demais experimentos, provavelmente devido as características do híbrido que possibilita uma maior produtividade e também pelo resíduo da cultura antecessora ser rico em nitrogênio, o que iria possibilitar uma maior mineralização do N orgânico. Sá (1996) definiu que a cultura antecedente ao milho exerce forte influência na quantidade de N a ser aplicada, podendo a dose de N ser reduzida após o cultivo com leguminosas. Geralmente, as plantas de milho cultivadas em sucessão a gramíneas absorvem menos N em relação às que se desenvolvem em sucessão a leguminosas, refletindo-se em menor rendimento de grãos (AITA et al., 1994; TEIXEIRA et al., 1994; DA ROS e AITA, 1996; ARGENTA, 1998). Isso pode ser atribuído, principalmente, à alta relação C/N dos restos culturais das gramíneas. Nestas condições, os microorganismos que os decompõem, utilizam grande parte do N mineral presente no sistema, diminuindo a sua disponibilidade para a cultura (VICTORIA et al., 1992). Ao compararmos as médias observa-se que os experimentos com híbrido apresentaram os maiores valores, sendo que o híbrido sobre milho foi estatisticamente igual a variedade sobre soja.

Tabela 20. Resultados da interação para análise conjunta entre os quatro experimentos nas doses de N incorporadas a 5 cm do solo para a produtividade. Botucatu/SP, 2003.

| Experimentos | Doses de Nitrogênio em kg ha <sup>-1</sup> |        |       |        |        |
|--------------|--------------------------------------------|--------|-------|--------|--------|
|              | 0                                          | 30     | 60    | 90     | 120    |
| VS           | 3,84ab                                     | 4,38b  | 5,05a | 5,52a  | 4,87ab |
| VM           | 1,25c                                      | 2,74c  | 3,80b | 4,20b  | 3,78b  |
| HS           | 5,01a                                      | 5,78a  | 6,17a | 5,89a  | 6,05a  |
| HM           | 2,92b                                      | 4,93ab | 5,84a | 5,14ab | 5,51a  |

VS, VM, HS e HM corresponde a variedade sobre soja e variedade sobre milho, híbrido sobre soja e híbrido sobre milho respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente a 5 % de probabilidade

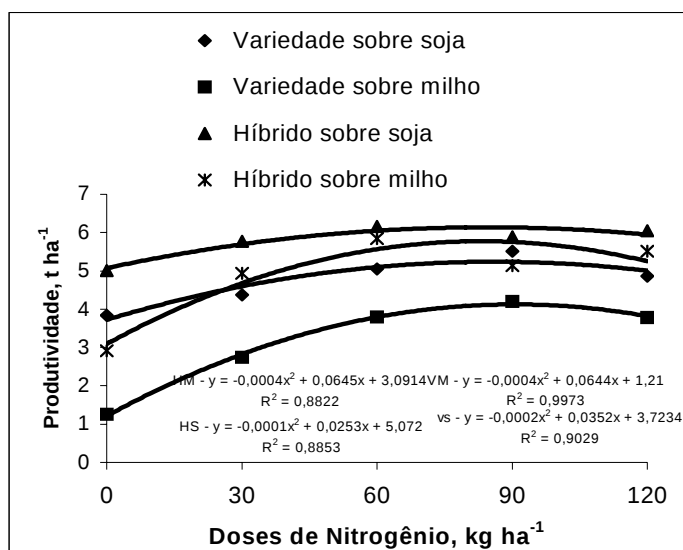


Figura 35. Resultados da análise de regressão para interação entre os quatro experimentos nas doses de N incorporadas a 5 cm do solo para a produtividade. Botucatu/SP, 2003.

### 6.5.1.3 Contraste entre a testemunha e os demais tratamentos

Na Tabela 21 encontra-se o contraste que compara a testemunha com os demais tratamentos, onde, pode-se observar que ocorreu diferença significativa para os experimentos VS, VM e HM. Verifica-se ainda que o híbrido em sucessão à soja não respondeu a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, uma vez que este não apresentou diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha.

Tabela 21. Resultado do teste F para contraste comparando a testemunha com os demais tratamentos dentro dos quatro experimentos para a produtividade. Botucatu/SP, 2003.

| Experimentos | Doses de Nitrogênio kg ha <sup>-1</sup> |      |      |      |      | Teste F |
|--------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|---------|
|              | 0                                       | 30   | 60   | 90   | 120  |         |
| VS           | 3,84                                    | 4,38 | 5,01 | 5,52 | 4,87 | *       |
| VM           | 1,25                                    | 2,74 | 3,80 | 4,20 | 3,78 | *       |
| HS           | 5,01                                    | 5,78 | 6,17 | 5,89 | 6,05 | n.s     |
| HM           | 2,92                                    | 4,93 | 5,84 | 5,14 | 5,51 | *       |

VS, VM, HS e HM corresponde a variedade sobre soja, variedade sobre milho, híbrido sobre soja e híbrido sobre milho respectivamente.

\* Significativo 5 % de probabilidade; n.s – não significativo

## 6.5.2 Efeito das doses de N aplicadas na superfície da palha na produtividade do milho AL-34

### 6.5.2.1 Análise de variância

Na Tabela 22 são apresentados os resultados referentes as doses aplicadas na superfície da palha para os dois experimentos com a variedade AL – 34. Verifica-se que não ocorreu diferença significativa para o experimento e para doses, indicando que as doses de N aplicadas na superfície da palha e a cultura antecessora não influenciaram isoladamente a produtividade do milho. Para a interação foi observada diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ), indicando que embora não tenham agidos separadamente, a interação dos dois fatores afetaram a produtividade do milho.

Tabela 22. Resultado da análise de variância referente a produtividade submetidos a análise conjunta dos dois experimentos com a variedade AL-34. Botucatu/SP, 2003.

| Causas da variação  | GL | SQ    | QM    | F                  |
|---------------------|----|-------|-------|--------------------|
| Experimentos (E)    | 1  | 12,88 | 12,88 | 6,94 <sup>NS</sup> |
| Doses aplicadas (D) | 4  | 23,67 | 5,92  | 3,19 <sup>NS</sup> |
| Interação E x D     | 4  | 7,42  | 1,85  | 7,11 <sup>**</sup> |
| Resíduo             | 30 | 7,83  | 0,26  |                    |

<sup>NS</sup> não significativo; <sup>\*\*</sup> Significativo pelo teste de Tukey a 1 % de probabilidade.

### 6.5.2.2 Interação entre experimentos e doses aplicadas

Ao observarmos a interação (Tab. 23 e Fig. 36), verifica-se que a variedade em sucessão a soja com a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> foi o responsável pelo maior produtividade. Na variedade nota-se que os maiores valores de produtividade foi obtido na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, indicando que provavelmente com doses maiores de N esse rendimento também obtivesse maiores valores, embora como no híbrido, a sucessão à soja tenha sido responsável pelos maiores valores obtidos.

Tabela 23. Resultado da análise conjunta entre a variedade nas duas sucessões de cultura para as doses aplicadas na superfície da palha para produtividade. Botucatu/SP, 2003.

| Experimentos | Doses de Nitrogênio em kg ha <sup>-1</sup> |       |       |       |       |
|--------------|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|              | 0                                          | 30    | 60    | 90    | 120   |
| VS           | 3,84a                                      | 4,61a | 4,41a | 4,54a | 5,31a |
| VM           | 1,25b                                      | 3,15b | 4,20a | 4,21a | 4,23b |

VS e VM corresponde a variedade sobre soja e variedade sobre milho respectivamente;  
Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

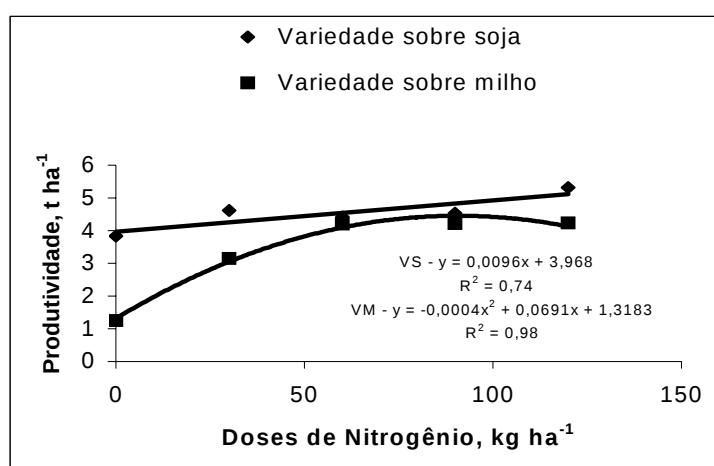


Figura 36. Resultados da análise de regressão para interação entre os dois experimentos nas doses de N aplicadas na superfície da palha para a produtividade. Botucatu/SP, 2003.

### 6.5.2.3 Contraste entre a testemunha e os demais tratamentos

Os resultados do contraste que compara testemunha com os demais tratamentos encontram-se no Tabela 24. Verifica-se que ocorreu diferença significativa entre os experimentos sendo que a variedade sobre soja foi a responsável pelo maior valor de produtividade.

Tabela 24. Resultado do teste F para contraste comparando a testemunha com os demais tratamentos dentro dos dois experimentos para a produtividade. Botucatu/SP, 2003.

| Experimentos | Doses de Nitrogênio kg ha <sup>-1</sup> |      |      |      |      | Teste F |
|--------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|---------|
|              | 0                                       | 30   | 60   | 90   | 120  |         |
| VS           | 3,84                                    | 4,61 | 4,41 | 4,54 | 5,31 | n.s     |
| VM           | 1,25                                    | 3,15 | 4,20 | 4,21 | 4,23 | *       |

\* Significativo 5 % de probabilidade; n.s – não significativo; VS e VM corresponde a variedade sobre soja e variedade sobre milho respectivamente;

### 6.5.3 Efeito das diferentes formas de aplicação do nitrogênio em cobertura na produtividade do milho

#### 6.5.3.1 Análise de variância

Na Tabela 25 encontram-se os resultados da análise de variância para as diferentes formas de aplicação de N em cobertura. Constatam-se efeito significativo ( $P \leq 0,01$ ) para experimentos, formas de aplicação e interação entre experimentos e formas de aplicação, indicando que as doses aplicadas e a cultura antecessora exerce um efeito sobre a produtividade tanto isoladamente como de forma interativa.

Tabela 25. Resultado da análise de variância referente a produtividade, submetidos a análise conjunta dos quatro experimentos para as diferentes formas de aplicação de N. Botucatu/SP, 2003.

| Causas da variação   | GL | SQ    | QM    | F       |
|----------------------|----|-------|-------|---------|
| Experimentos (E)     | 3  | 81,38 | 27,13 | 19,78** |
| Formas aplicadas (F) | 5  | 54,91 | 10,98 | 8,01**  |
| Interação E x F      | 15 | 20,57 | 1,37  | 3,06**  |
| Resíduo              | 72 | 32,31 | 0,45  |         |

\*, \*\* Significativo pelo teste de Tukey a 5 e 1 % de probabilidade;

### 6.5.3.2 Interação entre experimentos e doses aplicadas

A Tabela 26 contém os resultados da interação dos experimentos versus formas de aplicação de N. Na referida Tabela observa-se, através da comparação entre as médias que o tratamento NFSP no experimento híbrido sobre soja, foi o que proporcionou o maior resultado de produtividade  $7,15 \text{ t ha}^{-1}$ . Ao compararmos as médias verifica-se que os experimentos com híbrido foram os responsáveis pelos maiores valores; entre os experimentos com variedade, o que foi cultivado em sucessão a soja foi o que apresentou melhor resultado. Nota-se ainda que todos os experimentos diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 26. Resultados da análise conjunta entre os quatro experimentos para os diferentes modos de aplicação do N em cobertura (dose única de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) para produtividade. Botucatu/SP, 2003.

| Experimentos | Formas de aplicação do nitrogênio em cobertura |        |         |                 |         |         |
|--------------|------------------------------------------------|--------|---------|-----------------|---------|---------|
|              | Testemunha                                     | NLSP   | NLSS    | Incorporad<br>o | NFSP    | NFSS    |
| VS           | 3,84abB                                        | 5,31aA | 4,70bAB | 4,87abAB        | 4,72bAB | 4,71bAB |
| VM           | 1,25cB                                         | 4,23aA | 4,34bA  | 3,78bA          | 4,20bA  | 3,71bA  |
| HS           | 5,01aA                                         | 5,28aA | 6,39aA  | 6,05aA          | 7,15aA  | 6,85aA  |
| HM           | 2,92bB                                         | 5,40aA | 6,16aA  | 5,51aA          | 5,15bA  | 6,19aA  |

VS, VM, HS e HM corresponde a variedade sobre soja, variedade sobre milho, híbrido sobre soja e híbrido sobre milho respectivamente;

Médias seguidas da mesma letras minúsculas na coluna e maiúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

### 6.5.3.3 Contraste entre a testemunha e os demais tratamentos

Na Tabela 27 encontra-se o contraste que compara a testemunha com os demais tratamentos. A comparação entre as médias permite observar que só ocorreu diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha para os dois experimentos cultivados em sucessão ao milho.

Tabela 27. Resultado do teste F para contraste comparando a testemunha com os demais tratamentos dentro dos quatro experimentos nas diferentes formas de aplicação de N, para produtividade. Botucatu/SP, 2003.

| Experimentos | Formas de aplicação do nitrogênio em cobertura |       |       |                 |       |       | Teste F |
|--------------|------------------------------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|---------|
|              | N-zero                                         | NLSP  | NLSS  | Incorpora<br>do | NFSP  | NFSS  |         |
| VS           | 3,84a                                          | 5,31a | 4,70a | 4,87a           | 4,72a | 4,71a | n.s     |
| VM           | 1,25b                                          | 4,23a | 4,34a | 3,78a           | 4,20a | 3,71a | *       |
| HS           | 5,01a                                          | 5,28a | 6,39a | 6,05a           | 7,15a | 6,85a | n.a     |
| HM           | 2,92b                                          | 5,40a | 6,16a | 5,51a           | 5,38a | 6,19a | *       |

\* significativo a 5 % de probabilidade; n.s – não significativo

A análise conjunta entre os experimentos permite afirmar que o milho cultivado em sucessão a soja superou, inclusive com diferença significativa o cultivado em sucessão ao milho concordando com Mascarenhas et al. (1978); Muzilli (1983); Sá (1995, 1996). Observa-se ainda que a maior produtividade foi encontrada no híbrido em sucessão a soja e a menor na variedade em sucessão ao milho. Provavelmente a melhor resposta da sucessão a soja esteja relacionada a capacidade que as leguminosas apresentam em fixar o N<sub>2</sub> atmosférico e pelas diferenças na relação C/N e na composição bioquímica desses espécies (RECOUS et al., 1995).

## 6.6 Considerações Finais

- 1- A aplicação de doses crescentes de N na superfície da palha para a variedade AL-34 na sucessão à soja, promoveu ajuste linear significativo e positivo para: estande, diâmetro do colmo, peso total de espigas sem palha, produtividade, nitrato no colmo, nitrogênio e potássio na folha diagnose da planta de milho; e significativo e negativo para o magnésio e zinco. Para os demais parâmetros avaliados, a aplicação do N promoveu ajuste quadrático significativo, exceto para o número de espigas, fósforo e cálcio da folha diagnose, que não apresentaram diferença significativa.
- 2- Na sucessão ao milho as doses aplicadas na superfície da palha, para a variedade AL-34, promoveram efeito linear significativo e positivo para o estande, diâmetro do colmo,

enxofre e zinco na folha diagnose. Nos demais parâmetros foram obtidos ajustes quadráticos significativo, exceto ao fósforo, potássio, magnésio, e boro.

- 3- Para as doses incorporadas a 5 cm do solo, obteve-se ajustes linear significativo e positivo para peso total de espigas sem palha, nitrato no colmo, magnésio e zinco na folha diagnose para a sucessão à soja e efeito linear significativo e negativo, para o magnésio. Para os demais parâmetros foram registrados efeitos quadráticos significativos, exceto ao número de espigas, fósforo, cálcio e manganês.
- 4- Na sucessão ao milho, as doses incorporadas a 5 cm do solo, apresentaram ajuste linear significativo e positivo para proteína no grão, cobre, manganês e zinco. Para os demais parâmetros apresentaram efeito quadrático significativo, exceto para o magnésio e o zinco.
- 5- Para as diferentes formas de aplicação de N na cobertura do milho, com dose única de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), só foram registrados diferença entre os tratamentos com N para o diâmetro do colmo, peso de 10 espigas sem palha e proteína no grão em sucessão à soja e estande, altura da primeira espiga, peso de 10 espigas sem palha e proteína no grão em sucessão ao milho.
- 6- Para o híbrido C-333B observa-se pouca influência da adubação nitrogenada sobre os parâmetros avaliados na sucessão à soja, confirmados pelo ajuste quadrático não significativo para a altura da inserção da primeira espiga, comprimento de espigas, peso total de espigas sem palha, produtividade, nitrato no colmo, nitrogênio, fósforo, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na folha diagnose. Na sucessão ao milho foi observado maior resposta da adubação nitrogenada, confirmada pela resposta significativa da maioria dos parâmetros avaliados, não sendo registrado diferença apenas para diâmetro do colmo, estande, produtividade, fósforo, potássio, enxofre e zinco.
- 7- Para o híbrido C-333B as diferentes formas de aplicação de N na cobertura do milho com dose única de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), só afetaram significativamente a altura da primeira espiga, peso de 10 espigas sem palha, peso de 1000 grãos, proteína no grão, potássio, cálcio e magnésio na folha diagnose, em sucessão à soja. E altura da primeira espiga, nitrato no colmo, enxofre e cobre, na sucessão ao milho.
- 8- Os valores encontrados em sucessão a soja foram sempre maiores que os valores encontrados em sucessão ao milho. Na ausência da adubação nitrogenada, o rendimento

médio de grãos de milho em sucessão à soja foi superior em 207 % ao rendimento na sucessão ao milho para a variedade e de 71 % para o híbrido.

- 9- A produtividade na variedade e no híbrido foram afetadas pela população de planta, cujo valores foram inferiores a população esperada para esse espaçamento.
- 10- De forma geral as doses aplicadas na superfície da palha apresentaram melhores respostas que as doses incorporadas embora não tenha sido registrada diferença significativa entre as formas de aplicação, provavelmente em virtude do afastamento do nutriente da área de contato da raiz, ocasionado pela precipitação nos dias das aplicações dos tratamentos. Estas precipitações pode ter sido suficiente para provocar a lixiviação da uréia da superfície da palha para as camadas superficiais do solo deixando o N próximo a área de contato da raiz, enquanto que, o incorporado pode ter lixiviado para as camadas mais profundas do solo, o que deixaria o nutriente fora do contato da raiz da planta.

## 7 CONCLUSÕES

A variedade Al-34 apresentou melhor eficiência no aproveitamento do N aplicado em cobertura quando comparado ao híbrido.

O híbrido C-333B, de um modo geral, não foi eficiente significativamente aos tratamentos aplicados.

A cultura do milho em sucessão à cultura da soja + aveia foi a responsável pela maior produtividade tanto na variedade como no híbrido.

O melhor aproveitamento dos tratamentos aplicados ocorreu na sucessão à cultura do milho + aveia.

A aplicação do N na superfície da palha foi responsável pelos maiores valores de produtividade na variedade quando comparada as doses incorporadas.

Para as formas de aplicação de N as maiores produtividade de milho foram obtidos nos tratamentos N aplicado em faixa de 10 cm na superfície da palha e N aplicado em faixa de 10 cm na superfície do solo no híbrido para a sucessão às culturas da soja e do milho, respectivamente. Na variedade, obteve-se quando da aplicação do N aplicado em faixa de 10 cm na superfície da palha e N localizado na superfície do solo para a sucessão às culturas da soja e do milho, respectivamente.

No híbrido a melhor produtividade foi encontrada com a aplicação do N em faixa e na variedade com a aplicação do N localizado.

As doses de 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N independente da sucessão de cultura, foram as responsáveis pelos maiores valores de produtividade no híbrido e na variedade, respectivamente.

A análise conjunta entre os experimentos permite afirmar que o milho cultivado em sucessão à cultura da soja superou, inclusive com diferença significativa, o cultivado em sucessão à cultura do milho, e que a maior produtividade de grãos foi encontrada no híbrido em sucessão à cultura da soja e a menor, na variedade em sucessão à cultura do milho.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **R. bras. Ci. Solo**, 25:157-165, 2001.

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. (Coord.) **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 76-111.

AITA, C. et al. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **R. bras. Ci. Solo**, 18:101-108, 1994.

ALFAIA, S.S. Mineralização do nitrogênio incorporado como material vegetal em três solos da Amazônia Central. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:387–392, 1997.

ANJOS, J.R.; TEDESCO, M.J. Volatilização de amônia proveniente de dois fertilizantes nitrogenados aplicados em solos cultivados. **Científica**, São Paulo, 4: 49–55, 1976.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 15 ed. Arlington: Association of official analytical chemists inc., 1990. 684p.

ARGENTA, G.; **Manejo do nitrogênio em milho implantado em semeadura direta, em dois ambientes**. Porto Alegre, RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 108p. (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia).

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.

AULAKH, M.S. et al. Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 55: 1020-1025, 1991.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 240p. (Tese de Doutorado).

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Coordenação de Laboratórios Vegetais. Brasília, 1992. 365p.

BREMNER, J.M.; KEENEY, D.R. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by steam-distillation methods. In: BLACK, C.A., **Methods of soil analysis**. Part. 2. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1119-1206.

BOUWMEESTER, R.J.B. et al. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 49:376-381, 1985.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T., CANTARELLA, H. (ed.) **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato – PATAFOS, 1993. p.67–145.

CAMPOS, A.X.; TEDESCO, M.J. Eficiência da uréia e do sulfato de amônio na cultura do milho (*zea mays* L.). *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, 15: 119–125, 1979.

CANTARELLA, H. et al. Cereais. In: **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, IAC, 1985. p.45-71 (Boletim, 100).

CARVALHO, W. A. et al. Levantamento de solos da Fazenda Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1983. 95 p. (Boletim técnico,1).

CERETTA, C.A. et al. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **R. bras. Ci. Solo**, 18:215-220, 1994.

COELHO, A.M. et al. Dinâmica do nitrogênio em um Latossolo Vermelho escuro fase cerrado cultivado com milho. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1988 – 1991**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, V.6, 1992a. 215 p.

COELHO, A.M. et al. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **R. Bras. Ci. Solo**, 10:61–67, 1992b.

COELHO, A.M. **Balanço de nitrogênio (<sup>15</sup>N) na cultura do milho (*Zea mays* L.) em um Latossolo Vermelho-Escuro, fase cerrado**. Lavras, MG. Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1987. 142p. (Dissertação de Mestrado).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo: SBSC – Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.

COUTINHO, E.L.M. et al. Aplicação de uréia na cultura do milho: efeitos de doses, modo de aplicação e parcelamento. **Revista de Agricultura**, 62:239–46, 1987.

DA ROS, C.O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **R. bras. Ci. Solo**, 20:135-140, 1996.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1992. 80p. (IAPAR circular, 73).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.

ERNANI, P.R. et al. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. **R. bras. Ci. Solo**, 26:993-1000, 2002.

ERNANI, P.R. et al. Aumento do rendimento de grão e de massa verde de milho para silagem pela aplicação de nitrogênio. **Pesq. Agropec. Gaúcha**, 2:201–205, 1996.

FAGERIA, N.K. et al. Corn. In: **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2 ed., Madison: Marcel Decker, 1997. p.345–83.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FASSBENDER, M. **Química de suelos com enfasis em suelos de América Latina.**

Turrialba, IICA, 1975. 398p.

FERGUSON, R.B.; KISSEL, D.E. Effects of soil dryng on ammonia volatilization from surface applied urea. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 50:485-490, 1986.

FERNANDES, L. A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, 34:1691–1698, 1999.

GOMES, F.P.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e Florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos.** Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

GONÇALVES, C.N. et al. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **R. bras. Ci. Solo**, 24:153-159, 2000.

HARGROVE, W.L. Soil, environmental, and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E. (Ed.) **Ammonia volatilization from urea fertilizers.** Alabama: NFDC, TVA, 1988. Cap.2. p.17-36.

JANSEN, H.H.; KUCEY, R.M.N. S mineralization of crop residues as influenced by crop specie and nutrient regime. **Plant and Soil**, Dordrecht, 106:35-41, 1988.

KANTHACK, R.A.D. et al. Nitrogênio aplicado em cobertura no milho após tremço. **Pesq. agropec. bras**, 26:99-104, 1991.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **R. bras. Ci. Solo**, 24:363–76, 2000.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: I Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **R. bras. Ci. Solo**, 21:481-487, 1997a.

LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluídas em sistema de plantio direto e convencional. **R. bras. Ci. Solo**, 21:489-496, 1997b.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MASCARENHAS, H.A.A. et al. **Efeito do nitrogênio residual da soja na produção de milho**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1978. 16p. (Boletim Técnico, 38).

MELLO, F.A. et al. Efeito de doses e modos de aplicação de uréia na produção do milho. **R. bras. Ci. Solo**, 12:269-274, 1988.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. International Potash Institute 1987. 987p.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L. **O milho no Paraná**. Londrina: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. Nutrição e adubação: p 88-95 (Circular 19).

MUZILLI, O. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. **Pesq. agropec. bras**, 18:23-27, 1983.

NEPTUNE, A.M.L. Efeitos de diferentes épocas e modos de aplicação de nitrogênio na produção de milho, na quantidade de proteína, na eficiência do fertilizante e na diagnose foliar utilizando sulfato de amônia  $^{-15}\text{N}$ . **Anais da ESALQ**, 34:515–539, 1977.

OLSON, R.A.; KURTZ, L.T. Crop nitrogen requirements, utilization and fertilization. In: STEVENSON, F.J., ed. **Nitrogen in agricultural soils**. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.567-604.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego, Academic Press, 1989. 273p.

PAULETTI, V.; COSTA, L.C. Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão a aveia preta no sistema de semeadura direta. **Ciência Rural**, 30:599-603, 2000.

PAULETTI, V. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. In: 1º **Simpósio sobre fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. Ponta Grossa. 2000. 174 p.

PÖTTKER, D. Recentes avanços do manejo químico do solo para a cultura do milho. In: **Milho: estratégia de manejo para a Região Sul**. Guarapuava: Fapa, p. 63-87, 2000.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesq. Agropec. bras**, 29:763-770, 1994.

RAIJ, B. van. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, IAC, 2001. 275 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. 343p.

RAIJ, B. van. et al. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, IAC, 1985. 107 p. (Boletim, 100).

RECOUS, S. et al. Soil inorganic N availability: effect on maize residue decomposition. **Soil Biochem**, 27:1529-1538, 1995.

RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J.C. Volatilização de amônia após emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. **R. Bras. Ci. Solo**, 10:37–43, 1986.

SÁ, J.C.M. **Manejo do nitrogênio a cultura do milho no sistema de plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24p.

SÁ, J.C.M. Nitrogênio: transformações no solo, mobilização e imobilização. In: **CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO**. Castro, Fundação ABC, 1995. p.205–212.

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

SÁ, J.C.M. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na produção de milho, após resteva de aveia-preta (*Avena strigosa*), sob plantio direto. In: **RESULTADOS DE PESQUISA 88/89**. Ponta Grossa: Fundação ABC, 1989, 61p. (Boletim técnico, 4).

SANCHEZ, P.A. Soil organic matter. In: SANCHEZ, P.A., ed. **Properties and management of soils in the tropics**. New York, John Willey e Sons, 1976. p.162-183.

SANTOS, H.P.; PÖTTKER, D. Rotação de culturas. xx. Efeito de leguminosas de inverno sobre o rendimento de grãos e sobre algumas características agronômicas do milho. **Pesq. Agropec. bras.** 25:1647-1654, 1990.

SCHOMBERG, H.H. et al. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues quality and water effects. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 58:372-381, 1994.

SILVA, C.A.; VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes de nitrogênio. **Pesq. Agropec. bras.** 35:2461-2471, 2000.

SOUZA, E.C.A.; FERREIRA, M.E. Micronutrientes no solo. Zinco. In: **SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA**, 1, 1988, Jaboticabal. Anais. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.219-242.

STANFORD, G. Rationale for optimum nitrogen fertilization in corn production. **J. Environ. Qual.**, 2:159–166, 1973.

STEVENSON, F.J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F.J., ed. **Nitrogen in agricultural soils**. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.1-42.

STOTT, P.E. et al. Low temperature of low water effects on microbial decomposition of wheat residue. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, 18:577-582, 1986.

TEIXEIRA, L.A.J. et al. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **R. bras. Ci. Solo**, 18:207-214, 1994.

TOLLENAAR, M. et al. Coon growth following cover crops: influence of cereal cultivar, cereal removal, and nitrogen rate. **Agronomy Journal**, Madison, 85:251-255, 1993.

VICTORIA, R.L. et al. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (coord) **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-120

VILLAS BÔAS, R.L. **Recuperação do nitrogênio da uréia pelo milho: Efeito da mistura com sulfato de amônio, da dose e do modo de aplicação**. Piracicaba, SP. Campus “Luiz de Queiroz”/USP, 1995. 128p. (Doutorado – Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP).

VILLAS BÔAS, R.L. **Alternativas para aumento da recuperação do nitrogênio da uréia pelo milho (*zea mays* L.)**. Piracicaba, SP. Campus “Luiz de Queiroz”/USP, 1990. 78p. (Mestrado – Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP).

VILLELA, F.C. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produtividade de milho (*Zea mays* L.) cultivado em solo de várzea**. Botucatu, SP. Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999. 63p. (Mestrado em Agronomia/Agricultura).