

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE  $N-NO_3^-$  E  $N-NH_4^+$  NA PRODUÇÃO DE MASSA, NAS CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO E NA ATIVIDADE DA REDUTASE DO NITRATO EM *Glycine Max*, (L.) Merr., *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Brachiaria decumbens*, (L.) e *Lactuca sativa*, (L.) E NA LIXIVIAÇÃO DO NITRATO.

SEBASTIÃO ALVES DE LIMA FILHO

Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>  
Pesquisador do PLANALSUCAR

Orientador: DR. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Setembro, 1978

À minha esposa Nilza,

À minha filha Giselle Christiane

DEDICO

A G R A D E C I M E N T O S

- Ao *Dr. André Martin Louís Neptune*, professor titular, chefe do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ/USP-Piracicaba (SP), pela orientação, apoio e estímulo prestados durante a realização deste trabalho.
- Ao *Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar - PLANALSUCAR* (Araras-SP), representado nas pessoas dos eng<sup>os</sup> agr<sup>os</sup> *Alonso Keese Dodson* (Coordenador Regional) e *José Orlando Filho* (Chefe da Divisão de Agronomia e Seção de Nutrição e Fertilidade), pelas colaborações oferecidas.
- À *Fundação Faculdade de Agronomia "Luiz Meneghel"* de Bandeirantes (PR), pelas possibilidades na realização do presente trabalho.
- À *Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)*, pelo auxílio financeiro dispensado ao Curso de Pós-Graduação.
- Ao *Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ/USP-Piracicaba (SP)*, e ao *Setor de Fertilizantes e Fertilidade do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)-Piracicaba (SP)*, pela cessão dos laboratórios.
- Ao *Dr. Humberto de Campos* (ESALQ/USP)-Piracicaba (SP) pela orientação nas análises estatísticas.
- Aos colegas eng<sup>os</sup> agr<sup>os</sup> *Edson José de Arruda Leme*, *Ernor Zambello Júnior* e *Takashi Muraoka*, pelo apoio e sugestões concedidas.

- Aos técnicos *Osmar Ferraz de Paula* e *Luiz Carlos Heneguinn*, pelo auxílio nas análises químicas e desenhos, respectivamente
  
- Às Srtas. *María Eliza Bianchi*, *Antonia Aparecida Pi-va*, *Marilda de Cássia Dezotti* e *Angela Maria Moraes* , pela eficiência na confecção datilográfica.
  
- E a todos, que direta ou indiretamente propiciaram - condições para a concretização deste trabalho.

-0o0o0o-

## Í N D I C E

	Página
1. RESUMO .....	01
2. INTRODUÇÃO .....	03
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	06
3.1. Efeitos do nitrogênio nítrico e amoniacal nas produções de massa verde e seca, na atividade da redutase do nitrato e nas concentrações de nitrogênio total e nítrica nas plantas .....	06
3.2. Efeito do $\text{NO}_3^-$ e $\text{NH}_4^+$ a diferentes profundidades .....	15
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	20
4.1. Delineamento experimental .....	20
4.2. Solo .....	21
4.3. Plantas .....	23
4.4. Fertilizantes .....	23
4.5. Preparo do solo e adubação nitrogenada .....	23
4.6. Plantio .....	24
4.7. Desbaste .....	25
4.8. Tratamento cultural e fitossanitário .....	25
4.9. Amostragem de plantas e grãos .....	25
4.9.1. Massa verde .....	25
4.9.2. Grãos .....	26
4.10. Amostragem de solo .....	26
4.11. Produções (t/ha) de massa verde e seca .....	26
4.12. Análises do material vegetal .....	27
4.12.1. Determinação do nitrogênio total .....	27
4.12.2. Determinação da concentração de nitrato..	27
4.12.3. Determinação da atividade da redutase do nitrato .....	27

	página
4.13. Análises de solo .....	27
4.13.1. Determinação da concentração de nitra <u>to</u> e amônio.....	27
4.14. Dados acumulados (mm) de precipitação - (P) e irrigação (IR) e, evapotranspira - ção potencial (EP) .....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
5.1. Produções de massa verde e seca .....	31
5.2. Atividade da redutase do nitrato .....	44
5.3. Concentração de nitrogênio total na produ <u>ção</u> de massa seca e nos grãos das cultu- ras .....	50
5.4. Concentração de nitrato na massa seca e grãos .....	57
5.5. Efeito da aplicação de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ no solo a diferentes profundidades .....	65
6. CONCLUSÕES .....	83
7. SUMMARY .....	92
8. LITERATURA CITADA .....	94

LISTA DAS TABELAS

	página
1. Delimitação estatístico .....	21
2. Análise de solo antes da instalação do experimento .....	22
3. Resultados (%) das análises granulomé- tricas .....	23
4. Dados acumulados (mm) de precipitação (P) e irrigação (IR) e, evapotranspira- ção potencial (EP) para as culturas de soja, vigna, brachiaria e alface .....	29
5. Valores de F., C.V. e G.L. das análi- ses de variância para a massa verde e massa seca (t/ha) .....	32
6. Médias e D.M.S. das análises de variân- cia para massa verde e massa seca (t/ha).....	33
7. Soja- Peso (t/ha) de massa verde e seca .....	36
8. Vigna- Peso (t/ha) de massa verde e se- ca .....	36
9. Brachiaria - Peso (t/ha) de massa verde e seca .....	40
10. Alface - Peso (t/ha) de massa verde e seca .....	42
11. Valores de F., C.V. e G.L. das análises de variância para atividade da redutase do nitrato ( $\mu$ .e. de $\text{NO}_2^-$ /g tecido fresco/ hora) .....	44
12. Médias e D.M.S. das análises de variân- cia para atividade da redutase do nitra- to ( $\mu$ .e. de $\text{NO}_2^-$ /g tecido fresco/hora) .....	45

13. Atividade da redutase do nitrato ( . e.de $\text{NO}_2^-$ /g tecido fresco/hora) .....	47
14. Valores de F., C.V. e G.L. das análises de variância para N-total (%) na massa seca e grãos .....	51
15. Médias e D.M.S. das análises de variância para N-total (%) na massa seca e grãos .....	51
16. Porcentagem de N-total na massa seca aos 90 dias e nos grãos no final do ciclo reprodutivo .....	53
17. Valores de F., C.V. e G.L. das análises de variância para N-nítrico (ppm) na massa seca e grãos .....	58
18. Médias e D.M.S. das análises de variância para N-nítrico (ppm) na massa seca e grãos .....	58
19. Concentração de nitrato (ppm) na massa seca e grãos .....	61
20. Valores de F., C.V. e G.L. das análises de variância para concentrações (ppm) de nitrato e amônio no solo .....	66
21. Médias e D.M.S. das análises de variância para concentrações (ppm) de nitrato e amônio no solo .....	66
22. Médias das concentrações de nitrato e amônio no solo (ppm) a diferentes profundidades (cm) .....	72
23. Médias das concentrações de $\text{NO}_3^-$ e $\text{NH}_4^+$ no solo (ppm) menos testemunha, a diferentes profundidades (cm) .....	77

24. Porcentagens de $\text{NO}_3^-$ e $\text{NH}_4^+$ menos testemunha a diferentes profundida des (cm) .....	78
25. Nitrogênio "lixiviado" em kg/ha e porcentagem .....	79
26. Quantidades de nitrogênio no solo - em kg de N/ha .....	80
27. Teores de nitrato e amônio no solo (ppm) em 4 profundidades (cm) para a cultura da soja .....	81
28. Quantidades de nitrato e amônio no - solo (kg/ha) em 4 profundidades (cm) para a cultura da soja .....	82
29. Teores de nitrato e amônio no solo - (ppm) em 4 profundidades (cm) - para a cultura de vigna .....	83
30. Quantidades de nitrato e amônio no - solo (kg/ha) em 4 profundidades (cm) para a cultura da vigna.....	84
31. Teores de nitrato e amônio no solo (ppm) em 4 profundidades (cm) para a cultura da brachiaria .....	85
32. Quantidades de nitrato e amônio no solo (kg/ha) em 4 profundidades (cm) para a cultura de brachiaria .....	86
33. Teores de nitrato e amônio no solo - (ppm) em 4 profundidades (cm) para a cultura da alface .....	87
34. Quantidades de nitrato e amônio no solo (kg/ha) em 4 profundidades (cm) para a cultura da alface .....	88

LISTA DAS FIGURAS

	Página
1. Curvas representativas da tabela 3 (A).....	30
2. Curvas representativas da tabela 3 (B) .....	30
3. Produção de massa verde e seca pa a cultura da soja .....	37
4. Produção de massa verde e seca pa ra a cultura de vigna .....	39
5. Produção de massa verde e seca pa ra a cultura de brachiaria. ....	41
6. Produção de massa verde e seca pa ra a cultura de alface .....	43
7. Atividade da redutase do nitrato - ( . e. $\text{NO}_2^-$ /g tecido fresco/hora)- para soja e vigna .....	48
8. Atividade da redutase do nitrato - ( . e. $\text{NO}_2^-$ /g tecido fresco/hora)- para brachiaria e alface.....	49
9. N-total (%) na massa seca e grãos da soja .....	54
10. N-total (%) na massa seca e grãos da vigna .....	55
11. N-total (%) na massa seca da alfa- ce e brachiaria .....	56
12. Concentrações de nitrato (ppm) na massa seca da soja e vigna .....	62
13. Concentrações de nitrato (ppm) em grãos de soja e vigna .....	63

## Página

14. Concentrações de nitrato (ppm) na massa seca de brachiaria e alface.....	64
15. Concentrações médias de $\text{NO}_3^-$ no solo (ppm) em 4 profundidades com a fonte nítrica .....	73
16. Concentrações médias de $\text{NO}_3^-$ no solo (ppm) em 4 profundidades com a fonte amoniacal .....	74
17. Concentrações médias de $\text{NH}_4^+$ no solo (ppm) em 4 profundidades com a fonte amoniacal .....	75
18. Concentrações médias de $\text{NH}_4^+$ no solo (ppm) em 4 profundidades com a fonte nítrica .....	76

---

## 1. RESUMO

---

Procurou-se estudar, em condições de campo, os efeitos da adubação nítrica e amoniacal nas produções de massa verde e seca, atividade da redutase do nitrato e concentrações de nitrogênio total e nítrica nas partes vegetativas da soja, vigna, capim brachiaria e alface e, as concentrações de nitrogênio total e nítrica nos grãos da soja e vigna. Paralelamente, amostras de solo foram coletadas a 4 profundidades (0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm) determinando-se os teores de nitrato e amônio com a finalidade de estudar a magnitude da lixiviação em um Terra Roxa Estruturada.

Adotou-se 2 épocas de amostragens: a) aos 90 dias, coletando-se amostras de solo e das partes vegetativas das plantas; b) grãos, no final do ciclo vegetativo da soja e vigna. As plantas em geral desenvolveram-se bem melhor, fornecendo maiores produções de massa verde e seca, atividade da redutase do nitrato e concentrações de nitrogênio,

nio nítrico quando adubadas com a fonte nítrica, apresentando variações nas produções em função dos diferentes tratamentos (0, 50, 100, 200 e 400 kg de  $N-NO_3^-$  e  $N-NH_4^+$ /ha).

A adubação amoniacal comportou-se dentro de certos limites, como agente inibidor da atividade enzimática, principalmente nas doses de 200 e 400 kg de N/ha.

Todos os tratamentos aumentaram o N-total da massa seca para todas as culturas apresentando incrementos na produção, independente da forma de N aplicada, com exceção do capim brachiaria que 100 kg de N/ha na forma amoniacal apresentou maior produção. Nos grãos, observou-se maiores teores de N-total que na massa seca da soja e vigna.

Nos tratamentos com altas doses de N, houve um incremento muito alto de nitrato na parte vegetativa da alfaca e brachiaria e, grãos de vigna, fator de preocupação pois, estes teores ultrapassam os limites de segurança para a saúde dos seres vivos.

No solo, os teores de  $NO_3^-$  aumentaram com o aumento da profundidade e das doses de  $N-NO_3^-$ /ha, principalmente nas doses de 100, 200 e 400 kg de  $N-NO_3^-$ /ha. Os teores mais altos foram encontrados na profundidade de 60-80 cm, sendo: 2,31; 6,36; 7,74 e 11,17 ppm de  $NO_3^-$  para as doses de 50, 100, 200 e 400 kg de  $N-NO_3^-$ /ha, respectivamente.

Os teores mais altos de  $NH_4^+$  foram encontrados na profundidade de 0.20 cm, sendo: 2,41; 3,81; 5,55 e 8,01 ppm de amônio para as doses de 50, 100, 200 e 400 kg de  $N-NH_4^+$ /ha, respectivamente.

Observou-se uma menor "lixiviação" do iônio amônio em relação ao iônio nitrato mesmo quando o solo recebeu as mais altas doses de  $N-NH_4^+$ /ha.

---

## 2. INTRODUÇÃO

---

O nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas em condições de cultivo e em consequência disto, um dos que se acham mais deficientes para a maioria das culturas.

Cerca de 79,08% do ar atmosférico é nitrogênio e apenas alguns microrganismos conseguem utilizá-lo diretamente. O nitrogênio prontamente assimilável no solo representa de 0,02 a 0,4% do nitrogênio total.

As plantas absorvem o nitrogênio do solo como iônios amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), embora algumas formas orgânicas possam ser absorvidas. O nitrato uma vez absorvido pela planta é reduzido a amônia sob a ação da redutase do nitrato e a seguir transformado em amino ácido e proteína. Logo, um excesso de nitrato ou uma insuficiência daquela enzima pode realmente induzir a planta a um acúmulo de nitrato nos tecidos vegetais.

O amônio sendo um cátion, pode ser adsorvido

pelo complexo argilo-húmico do solo como também pode transformar-se em nitrato pelo conhecido processo microbiológico de nitrificação, SARAVIA e NEPTUNE (1976).

O nitrato sendo um aniônio é sujeito a lixiviação, o que se deve ao fato de ocorrer uma repulsão eletrostática entre este íon e as cargas negativas do complexo argilo-húmico do solo. Conforme frisa GASSER (1959 e 1961), também pode haver certas reações da matéria orgânica com os iônios nitrato e amônio alterando assim as suas disponibilidades para as plantas.

A maior parte da perda de nitrogênio mineral do solo pela lixiviação é na forma de nitrato conforme COLLISON e MENSCHING (1930) citado por BLACK (1968), os quais constataram que mais de 99% do nitrogênio lixiviado estava presente como nitrato, menos de 1% como amônio e apenas traços como nitrito. A média anual de perda provável de nitrogênio de um solo mineral representativo de região úmida, mediante lixiviação, pode variar de 15 a 330 kg/ha.

Por outro lado, existe também as perdas de  $\text{N-NO}_3^-$  por desnitrificação a qual é muito estimulada pela drenagem deficiente e pela má aeração. Essa forma de perda de nitrogênio assume magnitude considerável atingindo valores de 11 a 120 kg/ha/ano mesmo em solos cultivados e com manejo adequado.

O nitrato sendo muito solúvel, sofre lixiviação no solo como foi visto anteriormente e, como consequência pode contaminar rios, poços e outras fontes de captação de água a qual pode ser ingerida por seres vivos e absorvida pelas plantas em doses elevadas.

Altas concentrações de nitrato têm provocado sintomas de toxidez nos seres vivos despertando grande interesse pelo estudo deste problema. COWLY (1945), citou cerca de 2.000 casos nos Estados Unidos e Europa, onde tem ocorrido sintomas de toxidez pelo nitrato, principalmente em crianças.

A pesquisa de WALTON (1951), permitiu ao Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos em 1962, a adoção de

um limite padrão de 10 ppm de nitrato na água potável. Visto que a tolerância dos adultos ao consumo de nitrato não está bem definida, *HANWAY et alii (1963)*, citam como teor tóxico um valor superior a 45 ppm de nitrato na água potável, dos rios e nos alimentos em conservas. Atualmente, a Organização Mundial da Saúde adota uma concentração máxima de 45 ppm.

Níveis tóxicos podem ser encontrados nos vegetais desenvolvidos em solos que tenham recebido grandes aplicações de fertilizantes nitrogenados minerais ou orgânicos.

Pesquisas realizadas a respeito do efeito da contaminação da água e dos vegetais pelo nitrato ou seja, na qualidade da ambiência, além do comportamento das formas de nitrogênio no solo, foram incentivos para o presente trabalho o qual tem os seguintes objetivos:

- Estudar nas culturas: soja, vigna, brachia-ria e alface, os efeitos da aplicação de doses de nitrato e amônio nas produções de massa verde e seca, na atividade da redutase do nitrato e, nas concentrações de nitrogênio total e nítrica na massa seca e grãos;

- Estudar a magnitude da lixiviação através da determinação do nitrato e amônio no solo a diferentes profundidades.

---

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

---

#### 3.1. Efeitos do nitrogênio nítrico e amoniacal nas produções de massa verde e seca, na atividade da redutase do nitrato e nas concentrações de nitrogênio total e nítrica nas plantas.

De acordo com ARORA e LUTHRÁ (1971) citados por MAYNARD *et alii* (1976), a concentração de nitrato em vegetais é derivada primeiramente do nitrato adicionado ou formado no meio e o efeito comum é que aumentando o nível de nitrogênio no solo, aumentam as concentrações de nitrato em vegetais.

Todas as plantas contêm algum teor de nitrato, mas quantidades excessivas de significância tóxica, são mais encontradas em forragens desenvolvidas em solos que tenham recebido pesadas aplicações de fertilizantes nitrogenados minerais ou orgânicos sendo que o conteúdo de nitrato é frequentemente mais alto em plantas imaturas, HANWAY *et alii* (1963).

O problema das altas concentrações de nitrato

nas forrageiras tem chamado a atenção há muitos anos. Dados de vários pesquisadores indicaram valores de 0,067 - 0,15% - de  $\text{N-NO}_3^-$  como uma concentração ótima segura, VANDERLIP e PESEK (1970) e EMERICK (1963) citados por RYAN *et alii* (1972), enquanto que outros consideraram estes valores muito altos, SUMMER *et alii* (1965) e WRIGHT e DAVISON (1964).

Por outro lado, a função, do nitrato na deteriorização do meio aquático tem sido o assunto de recentes estudos, FETH (1966) e WICKLUND e RICHARDS (1962) citados por NEILSEN e MacKENZIE (1977).

A toxicidade de nitrato varia amplamente sendo que a dose letal para adultos nos humanos está na ordem de 15 a 70 mg de  $\text{NO}_3^-$  /kg de peso vivo, enquanto que uma dose letal de nitrito, embora também varie amplamente, parece ser de 20 mg de  $\text{NO}_2^-$  /kg de peso vivo, BURDEN (1961) e LEE (1970) citados por MAYNARD *et alii* (1976).

A redução de  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NO}_2^-$  pode ocorrer pela ação de microorganismos presentes em plantas, alimentos e água. LUH *et alii* (1973) evidenciaram este fato ao observarem que o nitrato acumulado em certos alimentos, causavam problemas toxicológicos quando consumidos pela população.

A distribuição do nitrato nas plantas tende a não ser uniforme acumulando-se em certas partes. De um modo geral, há uma concordância entre os autores de que a distribuição da concentração do nitrato nos vegetais é menor nas partes florais e crescente na seguinte ordem: frutos, grãos, folhas, raízes, pecíolos e caules, MAYNARD *et alii* (1976).

MINOTTI (1975) citado por MAYNARD *et alii* (1976), trabalhando com hortaliças, encontraram maiores concentrações de nitrato nos tecidos mais velhos.

Por outro lado, a alface apresentou uma maior concentração de nitrato nas folhas externas que nas internas tendo médias de 346 e 132 ppm de  $\text{NO}_3^-$  em peso fresco, respectivamente.

Trabalhos de pesquisa desenvolvidos sobre a acumulação de nitrato desde BERTHELOT (1884 a) citado por

MAYNARD *et alii* (1976), mostram que o acúmulo de nitrato re apresenta a diferença entre a sua absorção e a sua redução. Certas hortaliças devido a sua alta eficiência do sistema de absorção e um deficiente sistema de redução ou uma desfavorável combinação de ambos, tendem a acumular mais nitrato que outras.

LEE (1972) citado por MAYNARD *et alii* (1976) , apresentou como plantas acumuladoras de nitrato a beterraba, espinafre e rabanete. Uma comissão dos Estados Unidos em 1972 adicionou a esta lista: brocoli, aipo, alface, couve, repolho e mostarda.

Nenhuma evidência existe indicando que a presença de nitrato e amônio simultaneamente no meio nutritivo produza uma acumulação crescente de nitrato nas plantas, mas há evidências de que as concentrações de nitrato serão menores se parte do nitrogênio fornecido for amoniacal, MAYNARD *et alii* (1976).

KIRKBLV (1968) e KLEPPER *et alii* (1971), verificaram que o desenvolvimento de plantas cultivadas em presença de nitrogênio amoniacal era grandemente reduzido e LORENZ e WEIR (1974) citados por MAYNARD *et alii* (1976), mostraram que fontes de nitrato podem provocar altas acumulações de nitrato em vegetais, maiores que as fontes nitrogenadas amoniacais.

A absorção dos cations exercem influências sobre a absorção do nitrato e conseqüentemente na sua acumulação pelas plantas. MINOTTI *et alii* (1969) citado por MAYNARD *et alii* (1976), mostraram que a absorção do iônio nitrato era quase nula comparando relativamente o efeito inibidor de amônio com os efeitos inibidores dos iônios cálcio, potássio, sódio e magnésio.

A toxidez causada pelo amônio se evidencia especialmente com a aplicação de altas doses de nitrogênio amoniacal fazendo com que ocorra um decréscimo na produção.

PECK *et alii* (1971) citados por MAYNARD *et alii* (1976), observaram que a acumulação de nitrato em função do

tempo ocorreu quando aplicaram adubos nitrogenados nítricos e amídicos. Deste modo, durante o tempo em que a planta esteve em contato com os teores médios ou altos em nitrato, a tendência foi de aumentar a acumulação de nitrato.

MINOTTI *et alii* (1969) citados por MAYNARD *et alii* (1976), mostraram que o sódio é tão efetivo quanto o cálcio, potássio ou magnésio na manutenção da absorção de nitrato num período de 24 horas por plantas de trigo deficientes em nitrogênio, contudo, WADLEIGH e AVRES (1945) citados por MAYNARD *et alii* (1976), observaram que o aumento da concentração salina ou da pressão potencial no solo aumenta a porcentagem de nitrato em feijão.

Os níveis de 10, 20, 40 e 80 ppm de nitrato no solo usados por FERNANDES e FREIRE (1976) quando estudaram os efeitos do nitrogênio nítrico em brachiaria, não produziram acumulação excessiva de nitrato nos tecidos, porém as curvas da acumulação de peso de massa seca e de acumulação de nitrato na massa seca, sugerem que a níveis mais elevados de nitrato aplicado no solo, pode haver absorção em excesso e acumulação de nitrato na parte aérea. Acrescentam, estes pesquisadores, que os dados obtidos sugerem a existência de uma correlação positiva entre o teor de nitrato acumulado na parte aérea e o peso de massa seca ( $r = 0,89$ ), verificando-se uma rápida variação do peso de massa seca, com um aumento relativamente pequeno da acumulação de nitrato na parte aérea.

MASCARENHAS (1973) trabalhando com soja sob diferentes níveis de adubação, observou que no período entre 60 e 80 dias houve um acúmulo acentuado de matéria seca nas plantas passando a menos pronunciado após esse período e o nitrogênio absorvido e o total de matéria seca acumulado no fim do ciclo vegetativo foram de 628,85 kg/ha e 16,08 t/ha, respectivamente.

Trabalhos de MINOTTI (1976) citado por MAYNARD *et alii* (1976) sobre o efeito da dose, fonte de nitrogênio e tempo de plantio sobre a concentração de nitrato em alface, forneceram dados que evidenciam uma maior absorção do íon nitrato que o íon amônio pela alface, tanto na primavera

quanto no verão. A alface aumentou a produção de massa significativamente quando cultivada com as doses de 56,112 e 224 kg de  $N-NO_3^-$ /ha.

O estudo sobre o efeito do nitrogênio na alface tem sido objeto de investigação por vários pesquisadores. Entre eles, *RALEIGH et alii* (1947) os quais obtiveram produções de massa altamente significativas à aplicação de nitrogênio, observando que nas parcelas que não receberam este nutriente, houve um retardamento no desenvolvimento das plantas ao ponto de nenhuma delas chegarem a formar cabeça até a época normal de colheita. *LORENZ e HUBBARD* (s.d.) citados por *SIMÃO* (1959), verificaram que o nitrogênio para a alface exerceu influência sobre a época de maturação, além de aumentar o peso e a precocidade na formação de cabeças.

*SIMÃO* (1960) trabalhou com alface em uma terra roxa usando como fonte de nitrogênio o salitre do Chile e observou que houve um aumento de peso e uma antecipação da colheita.

De acordo com *ZINKE e YAMAGUCHI* (1962), uma cultura de alface extrai 106,4 kg de N/ha e *FERNANDES et alii* (1971), observaram que uma planta de alface (var. Vitória de Santo Antão) continha aos 65 dias, 224 mg de nitrogênio e que a absorção dos nutrientes acompanha o crescimento da planta.

*COUTO e BRANCO* (1963), usaram diferentes fontes de nitrogênio na adubação da alface e observaram que o salitre do Chile e a uréia foram os elementos responsáveis pelos maiores acréscimos verificados na produção, promovendo aumentos de 53% em relação aos tratamentos P e K. Em números absolutos, esses aumentos corresponderam a 13,60 e 15,52 t/ha, respectivamente, enquanto o sulfato de amônio, proporcionou o aumento de 34%, ou seja 8,73 t/ha, em relação aos tratamentos P e K.

A adubação nitrogenada para a alface, também foi estudada por *SPLITTSTOESSER et alii* (1974) e observaram que o peso de matéria verde e o teor de proteína aumentaram

à medida que aumentou o nível de fertilizante nitrogenado (de 22 a 448 kg de N/ha) e a concentração de nitrato aumentou somente nos níveis 112 e 448 kg de N/ha.

Para WEIR *et alii* (1972), à medida que aumentaram as concentrações de amônio na solução nutritiva, decresceu o desenvolvimento da alface sendo que o crescimento ótimo foi atingido com 36 ppm de amônio.

O iônio amônio parece exercer inibição nutricional, LOSADA *et alii* (1970) e SHEN (1969) citados por MAYNARD *et alii* (1976) e o nitrato, um indutor nutricional da atividade da redutase do nitrato em plantas, BEEVERS *et alii* (1965) citados por MAYNARD *et alii* (1976).

De um modo geral, a adubação nitrogenada excessiva, deficiências nutricionais e condições climáticas desfavoráveis, podem promover acúmulos de nitrato em plantas, LUH *et alii* (1973) e por outro lado, as condições que determinam este acúmulo são geralmente, as mesmas que promovem a diminuição da atividade da redutase do nitrato.

A redutase do nitrato é uma enzima que catalisa a redução catalítica do nitrato a nitrito sendo reduzida pela presença de substrato, BANDURSKI (1965) e EPSTEIN (1972) sendo a sua atividade influenciada pela luz e temperatura, - BEEVERS *et alii* (1965). Para HAGEMAN e FLESHER (1960), o maior desenvolvimento da planta se dá com o aumento do teor de proteína e da atividade da redutase do nitrato.

A redutase do nitrato é uma enzima exocloroplástica, não se eliminando a possibilidade da associação da enzima com a membrana externa do cloroplasto, RITENOUR *et alii* (1967) e segundo BEEVERS e HAGEMAN (1969), esta enzima está localizada no citoplasma.

A redução do nitrato está relacionada com a oxidação de carboidratos e segundo KLEPPER *et alii* (1971), para cada molécula de carboidrato oxidada, uma de nitrato é reduzida e se o suprimento de carboidrato for deficiente, haverá um acúmulo de nitrato. Para INGLE *et alii* (1966), este acúmulo de nitrato inibe a atividade da redutase do nitrato e

não o amônio, o que discorda de alguns pesquisadores.

Por outro lado, HARPER e HAGEMAN (1972), encontraram uma correlação positiva entre a atividade da redutase do nitrato e o conteúdo de nitrato durante o ciclo vital das plantas de soja cultivadas em solo e em solução nutritiva, observando que quando adicionaram nitrato à solução nutritiva, a atividade da redutase do nitrato foi significativamente maior nos estados tardios de crescimento, sugerindo que em condições normais de campo, o potencial para a utilização do nitrato pode não ser aproveitado em sua totalidade.

Pesquisas de MIFLIN (1967), citado por BEEVERS *et alii* (1969), mostram que a atividade da redutase do nitrato é ligeiramente mais alta nas raízes do que nas folhas.

Estudos realizados em café, CARVAJAL (1972) citado por VILLALOBOS e CARVAJAL (1977), tem indicado que além do nitrato, a deficiência individual de alguns nutrientes causa uma diminuição da atividade da redutase do nitrato.

BAR-AKIVA *et alii* (1970), têm sugerido a possibilidade de usar a redutase do nitrato como uma medida do estado nutricional do nitrogênio em plantas como gramíneas forrageiras, evidenciando a possibilidade de se poder induzir uma máxima atividade da enzima mediante adubação foliar com  $\text{KNO}_3$  0,1 M o que pode servir como indicativo do estado nutricional nitrogenado nestas plantas, pois quando existe deficiência deste nutriente, a diferença com respeito a atividade desenvolvida pelo tecido sem adubação prévia, resulta em grande evidência.

FERNANDES e FREIRE (1976), trabalhando com brachiaria eliminaram a interferência de agentes causadores da flutuação da atividade da redutase do nitrato na parte aérea do ecossistema, permitindo o isolamento do efeito indutor de nitrato sobre o sistema redutase do nitrato, indicando que o aumento do nível de nitrato aplicado no solo, produz um aumento significativo no total de N reduzido nas bainhas das folhas. Acrescentam, que este efeito é particularmente importante em gramíneas, como brachiaria, devido as suas caracte-

rísticas estruturais .

Estes mesmos autores indicaram em seus estudos que uma vez que a atividade do sistema redutase do nitrato esteja correlacionada com a acumulação de nitrato na parte aérea, a níveis mais elevados que 80 ppm de nitrato aplicado ao solo, o teor de nitrato acumulado e a atividade da redutase do nitrato podem se tornar independentes.

A níveis elevados de nitrato aplicado no solo, existe um correspondente aumento na atividade da redutase do nitrato nas bainhas das folhas de *brachiaria*, que passam a desempenhar um papel relevante na capacidade de produzir N reduzido, FERNANDES e FREIRE (1976).

O estudo do efeito de inibidores da fotossíntese na indução da redutase do nitrato foi discutido por ASLAM e HUFFAKER (1973) encontrando que os inibidores determinam um aumento na concentração de nitrato no interior da planta. Isto permitiu-lhe indicar que a redução do nitrato depende da fotossíntese. FRITH (1972), estudando a questão, também notou que inibidores da fotossíntese diminuem a atividade da redutase do nitrato.

FALEIROS *et alii* (1975), trabalhando com mudas de café, observaram que o tratamento à meia sombra exibiu maior atividade enzimática daquele a pleno sol e que a adubação nítrica determinou maior atividade da redutase do nitrato. Comparando a atividade da redutase do nitrato com o desenvolvimento vegetativo, verificaram que as plantas que apresentaram maior atividade enzimática foram também as que se desenvolveram melhor, tanto à meia sombra, quanto a pleno sol. Por outro lado, a atividade da redutase do nitrato nas plantas cultivadas em presença de N-nítrico foi maior que a das plantas cultivadas na presença de N-amoniacal.

Há autores como SCHRADER *et alii* (1968) citados por MAYNARD *et alii* (1976), que acreditam na essencialidade do grupo sulfidrila para a atividade da redutase do nitrato e NADH como cofator. A deficiência pode, portanto interferir com a atividade da redutase do nitrato in vivo e levar a um acú

culo de nitrato'.

A atividade da redutase do nitrato em soja foi avaliada por HARPER e HAGEMAN (1972), analisando perfis da redutase do nitrato na parte vegetativa da planta. Encontraram uma baixa atividade/grama de massa verde/hora em toda parte vegetativa da planta. A maior atividade encontrada foi no estágio de plântulas e a atividade total somente atingiu o máximo quando as plantas estavam do florescimento para o início do estágio de formação de vagem. A atividade da redutase do nitrato/gramas de tecido fresco/hora foi maior na folha mais alta, decrescendo com a posição da folha mais baixa da parte vegetativa.

Este fato também foi observado por PEREIRA *et alii* (1978), quando estudaram a distribuição da redutase do nitrato em folhas isoladas de milho ao longo do eixo da planta. Revelaram que a atividade dessa enzima é maior nas folhas superiores, decrescendo à medida que as folhas ocupam posições inferiores na planta. A atividade da redutase do nitrato em lâminas foliares foi consideravelmente maior durante toda a estação, nas plantas que receberam a maior dose de adubo (235 kg de N/ha).

A acumulação de nitrogênio total na parte aérea tem sido grandemente estudada em diferentes plantas e por vários pesquisadores encontrando incrementos no teor de nitrogênio total na planta à medida que se aumenta a dose de nitrogênio adicionada ao solo. Em trabalho recente de PEREIRA *et alii* (1972), observaram que a máxima taxa de acumulação de nitrogênio no milho ocorreu a partir dos 68 dias e a acumulação de N na parte aérea acompanhou estreitamente o acúmulo de massa seca através do ciclo de desenvolvimento da planta em ambos os níveis de N usados (35 a 235 kg de N/ha). A acumulação de N na massa seca das plantas foi maior nas parcelas que receberam a dose pesada de fertilizante nitrogenado (235 kg de N/ha).

### 3.2. Efeito da aplicação do $\text{NO}_3^-$ e $\text{NH}_4^+$ a diferentes profundidades.

A fração mineral de nitrogênio nos horizontes superficiais dos solos normais, está constituída por amônio solúvel, trocável e fixado, nitrato e nitrito.

Durante muitos anos, pesquisas em solo mostraram que as formas inorgânicas de N no solo eram somente as de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Mais tarde, interesses pela fixação do amônio foram surgindo. Desde então, muitos pesquisadores tem se interessado, dentre eles, NOMMIK (1965) e SARAVIA e NEPTUNE (1976). Dos trabalhos realizados, sabe-se agora que a maioria dos solos contém  $\text{NH}_4^+$  fixado. Evidências indicam que em muitos solos, a quantidade de  $\text{NH}_4^+$  fixado excede a quantidade combinada em todas as outras formas. ALLISON et alii (1953), observaram que o solo pode fixar 1 a 6 miliequivalentes de  $\text{NH}_4^+$  por 100 gramas de solo.

Quanto a forma mais disponível do nitrogênio no solo é o  $\text{NO}_3^-$ , mas pode ser prontamente removida do ambiente radicular pela lixiviação, SCARSBROOK (1965).

O  $\text{NH}_4^+$ , carregado positivamente, adsorve às cargas negativas dos minerais de argila principalmente do grupo 2:1, evitando a sua percolação nos solos.

O mecanismo de adsorção de  $\text{NO}_3^-$  é evidente quando ocorre a ligação deste aniônio com as cargas positivas - presumivelmente localizadas na borda das argilas, HAAN e BOLT (1963).

Exceto o amônio fixado, o nitrogênio mineral do solo é solúvel em água e pode sofrer migração por difusão ou ser arrastado pelo movimento da água para as camadas mais profundas do solo. O método geralmente empregado para a determinação do amônio e nitrato solúveis é o de BREMNER (1965).

Nas condições tropicais, a nitrificação pelos microrganismos do solo é um processo muito rápido, e desde que o iônio nitrato é extremamente móvel no solo, perdas de nitrato pela lixiviação ou volatilização através da redução

são altas.

A perda de nitrato pela lixiviação aumenta com a concentração de nitrato e perda de água do solo sendo mais rápida nos solos de textura grosseira do que naqueles com textura fina, pois os arenosos, têm baixa capacidade de retenção de água e conseqüentemente mais água é drenada do que em solos de textura fina, BLACK (1968).

WETSELAAR (1962) e GARDNER (1965), têm observado que a lixiviação do  $\text{NO}_3^-$  provocada pelas águas das chuvas não é suficiente para que ocorra uma completa extração deste iônio da solução do solo. Por outro lado, mostraram que na solução do solo o teor de  $\text{NO}_3^-$  tende a decrescer, aumentando acentuadamente em camadas mais profundas.

Uma vez solubilizado o  $\text{NO}_3^-$ , move-se com a água podendo ocorrer um considerável movimento descendente e outro ascendente quando ocorrer longos períodos de estiagem, KRANTZ *et alii* (1944).

Trabalho de MORGAN e JACOBSON (1942) citados por VIETS JR (1965), utilizando várias fontes de N durante 10 anos aplicando 200 kg de N/ha para o tabaco demonstraram que as quantidades médias lixiviadas de  $\text{NO}_3^-$  e sais de  $\text{NH}_4^+$  foram: 55% e 53%, respectivamente.

Procurando observar a oscilação natural do teor de nitrato, EIRA *et alii* (1968), estudaram a variação natural do teor de nitrato durante o ano em solo não adubado e, o movimento e as perdas de nitrato em solo adubado com 500 kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha. Assim, para o solo não adubado, observaram que os teores de nitrato oscilaram entre os seguintes limites: de 0-7 cm, 5 a 13 ppm; de 7-14 cm, 6 a 16 ppm; de 14-21 cm, 5 a 18 ppm e de 21-28 cm, 7 a 16 ppm. Acrescentaram, que os teores de nitrato até a profundidade de 28 cm, oscilaram entre 5 e 18 ppm sendo que os valores mais altos foram encontrados no período de agosto a outubro e os mais baixos no de dezembro e janeiro. Tanto os mais altos como os mais baixos foram verificados em períodos de chuvas, sendo os mais baixos após precipitações ininterruptas. Para o solo adubado, -

após 145 mm de chuva (30 dias), houve o desaparecimento do  $\text{NO}_3^-$  colocado como adubo até a profundidade de 28 cm; houve uma percolação até 14-21 cm, após uma precipitação pluviométrica total de 29,1 mm (15 dias) e após 145 mm de chuva (30 dias), todo o nitrato provavelmente foi carregado para profundidades superiores a 28 cm, pois não foi encontrado na quarta profundidade (21-28 cm).

ROCHA LEAL e ALVAHYDO (1971), trabalhando com as mesmas profundidades de EIRA *et alii* (1968), coletando amostras de solo em 7 épocas diferentes de parcelas adubadas com 700 kg/ha de sulfato de amônio e de testemunhas, analisaram os teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  e, a umidade concluindo que não houve perdas sensíveis de nitrogênio amoniacal por percolação, pois o  $\text{NH}_4^+$  atingiu no máximo a profundidade de 14 cm. Ao fim de aproximadamente 2 meses, todo o nitrogênio amoniacal foi nitrificado e a maior parte do nitrogênio adicionado foi perdido sob forma de nitrato. O efeito da adubação amoniacal nas condições do experimento (solo limpo durante 149 dias), foi de quatro meses e meio.

As quantidades de nitrato variam muito durante o ano, pois são intimamente dependentes da associação de calor e umidade do solo. Em geral, os teores de nitrato aumentam nas épocas quentes e chuvosas e diminuem nas épocas frias, VERDADE (1951), iniciando-se o acúmulo em fins de setembro e nota-se uma queda em dezembro; há novo aumento em fins de janeiro e retorna a níveis baixos no inverno. Em sua pesquisa, desenvolvida em uma terra roxa misturada e sujeita a vegetação espontânea, concluiu que em dezembro, houve lavagens e absorção intensa de  $\text{NO}_3^-$  pelo mato, reduzindo o teor de nitrato a alguns traços. Não se conseguiu estabelecer proporções entre mm de chuva caídos e lavagens de nitrato, parecendo que as chuvas de 40 mm, causam perdas por percolação.

HAAL (1924), achou que chuvas de mais de 76,2 mm, produzem perdas e SMITH (1928), admite que acima de 50,8 mm, as chuvas arrastam os nitratos para o subsolo. O problema é complexo, pois está condicionado ao tipo de solo, constância de chuvas e outros fatores.

Numa área de 30 ha, 15 locais foram estudados por *LUND et alii* (1974), para determinar o efeito das características do perfil do solo sobre as concentrações de nitrato abaixo da zona radicular e encontraram que a concentração de nitrato, variou com os locais e suas profundidades. A média da concentração de nitrato abaixo da zona radicular classificada foi de 4,9 a 15,3 ppm, teores expressos sobre um solo seco em estufa. A equação de regressão relatou que a média da concentração de nitrato esteve de 1,8 a 8,0 m de profundidade sendo altamente significativa. A variação na concentração de  $\text{NO}_3^-$  foi de 86%.

*PRATT et alii* (1972) citados por *LUND et alii* (1974), estudando teores de  $\text{NO}_3^-$  em perfis profundos do solo sob citrus, observaram que as concentrações de  $\text{NO}_3^-$  nestes perfis eram bastante variáveis. No solo que teve textura descontinua, 52% do  $\text{NO}_3^-$  adicionado na superfície foi encontrado naqueles perfis estudados e em outros dois perfis sem nenhuma descontinuidade, encontrou-se apenas uma média de 5%.

Após 4 anos de pesquisas, usando parcelas de campo em Missouri, *WAGNER* (1965), observou que quantidades significantes de nitrato tinham lixiviado através do subsolo. Este estudo foi concluído por *HERRON et alii* (1968), que indicaram haver pouco movimento do íon nitrato abaixo da zona radicular do milho cultivado.

Transformação do nitrogênio durante contínua lixiviação, tem sido estudada por vários pesquisadores observando-se a ocorrência simultânea da nitrificação e desnitrificação. Assim, *DEVITT et alii* (1976), estudando o movimento de  $\text{NO}_3^-$  através de solo afetado pelas características do seu perfil, obtiveram dados do potencial de redução e concentrações de  $\text{NO}_3^-$ . Indicaram valor muito baixo para o potencial de desnitrificação em perfis de solo com textura grosseira, enquanto que leitões sub-superficiais com alto teor de argila, promovia grande desnitrificação. O aumento da taxa de  $\text{NO}_3^-$  lixiviado, pode ser devido ao fenômeno da nitrificação o que se deve em grande parte ao uso de doses pesadas de adubos nitrogenados amoniacais e orgânicos. *AYRES e HAGIHARA* (1963),

trabalhando com 4 solos bem representativos sendo: cultivados e não cultivados com cana-de-açúcar no Hawaii, aplicaram como fonte nitrogenada, sulfato de amônio e amônia diluída e, observaram que o nitrogênio lixiviado foi quase totalmente na forma de  $\text{NO}_3^-$ .

SCHREVEN (1970), trabalhando em polders cultivados do Lago Ijssel com perdas de nitrogênio por lixiviação, concluiu que as perdas líquidas anuais de  $\text{NO}_3^-$  no polder Oriental variaram de 9,2 a 21,9 kg/ha e para o polder Norte Oriental, variaram de 10,1 a 24 kg/ha.

Estudando a magnitude da lixiviação, HOYT *et alii* (1977), trabalharam em condições de campo, usando material orgânico e diferentes fontes de adubos minerais para o trigo, submetendo os tratamentos a chuva artificial. Uma sequência de chuvas foi aplicada, variando a sua intensidade, duração e declives do solo e, observaram que quase a totalidade do nitrogênio mineral da lixiviação e aproximadamente a metade do que se movia na corrente, era na forma de nitrato.

Há trabalhos que citam a aplicação de adubos e o sistema de absorção das culturas como maiores responsáveis pela lixiviação do nitrato do que o próprio movimento da água nos períodos de maior precipitação e lixiviação de  $\text{NO}_3^-$ . FEIGIN *et alii* (1974), não encontraram variações significativas na quantidade total de  $\text{NO}_3^-$  no campo, tanto no outono como no inverno, apesar de que houve grandes precipitações entre algumas épocas de amostragens. Acrescentam no entanto, que a chuva afetou a distribuição do  $\text{NO}_3^-$  no perfil do solo.

---

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

---

O experimento foi instalado na área experimental da Fundação Faculdade de Agronomia "Luiz Meneghel" de Bandeirantes, Estado do Paraná, situado na micro-região homogênea do Norte Velho de Jacarezinho (PR), tendo como coordenadas geográficas: Latitude de 23° 06' S, Longitude de 50° 22' W.Gr. e Altitude de 440 m.

##### 4.1. Delineamento experimental

O delineamento constou de seis blocos, com quatro parcelas ao acaso por bloco e vinte microparcelas por bloco. Três blocos receberam adubação nítrica ( $\text{NaNO}_3$ ) e os outros três blocos, adubação amoniacal ( $\text{NH}_4$ )<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Os tratamentos foram em número de cinco, a saber: 0, 50, 100, 200 e 400 kg de N/ha.

As análises estatísticas foram feitas de acor

do com o delineamento apresentado na tabela 1.

TABELA 1 - Delineamento estatístico

Coefficientes de Variação	graus de liberdade
Blocos	5
Plantas	3
<u>Resíduo (a)</u>	<u>15</u>
Parcelas	23
Níveis de N	4
Plantas x níveis de N	12
<u>Resíduo (b)</u>	<u>80</u>
Sub parcelas	119
Profundidades	3
Plantas x Profundidades	9
Profundidades x níveis de N	12
<u>Plantas x prof. x níveis de N</u>	<u>36</u>
Resíduo (c)	300
Total	479

A área total do experimento foi de 624 m<sup>2</sup>, sendo: 104,24 e 2 m<sup>2</sup> para cada bloco, parcela e microparcela, respectivamente.

#### 4.2. Solo

De acordo com a Divisão de Pesquisa Pedológica do Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária do Ministério da Agricultura (1962/63), a área na qual se instalou o experimento, classifica-se como uma Terra Roxa Estruturada - (TEe), com A moderado e textura argilosa, fase floresta tropical sub perenefólia e com relevo suave ondulado e ondulado.

A declividade local é de 1,0%.

Antes da instalação do experimento foi feito-

uma amostragem de solo com trinta amostras simples por bloco a uma profundidade de 0-20 cm. Estas trinta amostras simples foram reunidas em um amostra composta. Então,houve seis amostras compostas da área experimental.

Os resultados analíticos foram fornecidos pelo Centro de Estudos de Solos da ESALQ-USP, Piracicaba-SP. e se encontram na tabela 2.

TABELA 2 - Análise do solo antes da instalação do experimento.

Nº da amostra	pH	%C	e.mg/100 g. T.F.S.A. <u>a/</u>						
			PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	CTC <u>b/</u>
1	6,7	1,56	0,53	0,90	9,47	2,13	0,08	1,68	18,4
2	7,3	1,41	0,74	0,90	9,36	1,84	0,08	1,60	18,4
3	6,6	1,26	0,77	0,94	9,44	1,76	0,08	2,48	20,6
4	6,3	1,35	0,31	0,77	7,63	1,73	0,08	3,04	24,0
5	6,5	1,59	0,39	0,94	7,60	1,92	0,08	2,96	21,0
6	7,3	1,38	0,35	0,76	7,52	2,43	0,08	1,44	18,8

a/ equivalentes miligramas/100 gramas de terra fina seca ao ar.

b/ capacidade de troca catiônica.

Além das amostras de solo que forneceram os resultados analíticos, foram tomadas outras duas amostras, compostas de solo (1 e 2), bem representativas da área experimental, - nas quais foram feitas as análises granulométricas. Cada amostra composta foi formada a partir de trinta amostras simples.

A amostra 1 representou os blocos 1, 2 e 3, - área que posteriormente recebeu a adubação nítrica (NaNO<sub>3</sub>) e a amostra 2 representou os blocos 4, 5 e 6, área que também posteriormente recebeu a adubação amoniacal (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Os resultados percentuais das análises granulométricas encontram-se na tabela 3.

TABELA 3 - Resultados (%) das análises granulométricas.

Amostra	Areia	Argila	Limo
1	14,31	64,86	20,83
2	14,35	66,85	18,80

#### 4.3. Plantas

As quatro plantas usadas foram:

- Soja (*Glycine max*, (L.) Merr.), variedade Paraná;
- Vigna (*Vigna unguiculata*, (L.) Walp.) variedade Branca H<sub>1</sub>, conhecida no Nordeste como - feijão de corda ou feijão macassar;
- capim brachiaria (*Brachiaria decumbens*, L.)e,
- alface (*Lactuca sativa*, L.), variedade Hanson Head.

#### 4.4. Fertilizantes

Usou-se duas fontes de nitrogênio, empregando-se como fonte nítrica o Salitre do Chile ( $\text{NaN}_3$ ) com 16% de N e como fonte amoniacal, o Sulfato de Amônio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  com 20% de N.

Foram dispensadas a calagem e a adubação fosfo potássica, tendo em vista os resultados da análise de solo - antes da instalação do experimento (tabela 2).

#### 4.5. Preparo do solo e adubação nitrogenada.

Consistiu de uma aração e duas gradeações, procedendo a homogeneização do terreno e posterior locação das microparcelas. A área experimental foi protegida contra ero

ção por curvas de nível.

As doses dos adubos foram misturadas com terra e distribuídas a lanco a fim de se conseguir uma distribuição uniforme em cada microparcela. Em seguida, foi feita a incorporação superficial das doses na profundidade de 1-2 cm.

Não foi usado inoculantes nas sementes de soja e vigna.

#### 4.6. Plantio

O capim brachiaria foi semeado a lanco nas microparcelsas em 17/06/76 usando 5 gramas/microparcela ( $2,5 \text{ g/m}^2$ ), sendo que as sementes foram cobertas por uma camada de terra peneirada (1,0-2,0 cm). Setenta dias após a semeadura (25/08/76), o capim foi cortado rente ao solo e todas as microparcelsas do experimento foram adubadas.

Efetuu-se a semeadura da soja e vigna em sulcos de 1,0-2,0 cm de profundidade, numa densidade de 30 sementes por metro linear de sulco e no espaçamento de 33 cm nas entre-linhas. Houve uma formação de crosta na superfície das microparcelsas que receberam as doses pesadas de nitrogênio (200 e 400 kg/ha), principalmente naquelas tratadas com a fonte nítrica. Este fato prejudicou parcialmente a germinação da soja e vigna fazendo-se necessário uma posterior semeadura nas folhas.

A alface foi semeada em canteiro primário no dia 20/08/76 e transplantada para as microparcelsas no dia 25/08/76, usando o espaçamento de 33 cm entre as linhas e 25 cm entre os pés.

A alface teve que ser reconduzida devido perda total das microparcelsas.

A área experimental foi melhor protegida, efetuando-se nova semeadura em 23/12/76 e transplante em 14/01/77 (21 dias após a semeadura).

#### 4.7. Desbaste

Aplicou-se o desbaste na soja e vigna 15 dias após a germinação deixando-se 20 plantas por metro linear de sulco.

Os pés de alface que fugiram ao padrão da cultura, foram replantados.

#### 4.8. Tratamento cultural e fitossanitário

A área experimental foi mantida no limpo. As ervas daninhas foram eliminadas manualmente a fim de que não houvesse prejuízos das microparcelas.

Além dos tratamentos culturais, fez-se um tratamento preventivo das sementes com 100 gr de benlate e três pulverizações contra cochonilha, pulgão e tripes principalmente, sendo: duas com o inseticida fosforado Folidol Em. 60%, a 0,1% e outra com o inseticida Dimetoato 50 E, usando 10 cc. para cada 10 l de água.

#### 4.9. Amostragem de plantas e grãos.

Adotou-se duas épocas de amostragem:

##### 4.9.1. Massa Verde

Noventa dias após a semeadura da soja e vigna, amostrou-se 10 plantas por microparcela correspondente a uma área de  $0,165 \text{ m}^2$  (33 cm x 50 cm).

O capim brachiaria foi amostrado na mesma época da soja e vigna. Para isso, usou-se um arco de metal com 30 cm de diâmetro, representando uma área de  $0,28 \text{ m}^2$ .

A alface foi amostrada aos 45 dias após transplante, colhendo 6 pés por microparcela, o que corresponde a uma área de  $0,5 \text{ m}^2$  (50 cm x 100 cm).

Todas as plantas amostradas foram cortadas -  
rente ao solo.

Retirou-se sub amostras (100 gramas) de mater  
rial vegetal que foram colocadas em estufa a 60-70°C, até pes  
so constante.

O material seco foi moído em micro moinho Wiley,  
atravessando a peneira de malha 20.

#### 4.9.2. Grãos

Esta amostragem foi feita no final do ciclo rep  
rodutivo da soja e vigna, colhendo-se os grãos encontrados-  
em 10 plantas, tomadas ao acaso em cada microparcela.

Os grãos foram secos em estufa a temperatura de  
60-70°C até peso constante, sendo posteriormente moídos em  
micro moinho Wiley, atravessando peneira malha 20.

#### 4.10. Amostragem de solo

Fez-se simultaneamente a amostragem de massa -  
verde (1ª amostragem de plantas).

Cada microparcela foi amostrada em 4 profundi-  
dades: 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm, totalizando 480 amo  
stras simples. Estas amostras foram imediatamente pesadas e  
colocadas em frascos contendo solução de KCl-2N (proporção -  
sólido/solvente, 1:1) para que houvesse a paralização total  
da nitrificação. Cinco gotas de tolueno p.a. foram colccad  
as nos frascos para impedir o crescimento e desenvolvimento  
de fungos.

Faz-se necessário observar que as amostras for  
am retiradas de um único "ponto" nas quatro profundidades.

#### 4.11. Produções (t/ha) de Massa Verde e Seca

A massa verde amostrada nas microparcelas de

cada cultura foi pesada imediatamente no campo.

Os pesos (gramas) obtidos nas áreas ( $m^2$ ) de cada amostragem, foram convertidos em toneladas de massa verde por hectare.

A produção de massa seca (t/ha) foi calculada-tomando-se por base as porcentagens de massa seca obtidas nas sub amostras que foram secas até peso constante.

#### 4.12. Análises do material vegetal

##### 4.12.1. Determinação do nitrogênio total

Usou-se a técnica descrita por SARRUGE e HAAG (1974) a qual se fundamenta na digestão úmida de 100 mg do material vegetal seco e destilação a vapor com NaOH-18,0 N.

##### 4.12.2. Determinação da concentração de nitrato

Usou-se a técnica descrita por JOHNSON E ULRICH (1950) que consiste no preparo de extrato com o ácido fenol dissulfônico e cloro a 1% em excesso, sobre 100 mg. de material vegetal seco.

##### 4.12.3. Determinação da atividade da redutase do nitrato

Usou-se o método proposto por MULDER *et alii* (1959), modificado por BAR-AKIVA (1967) e citado por FALEIROS *et alii* (1975).

Para o desenvolvimento da técnica, incubou-se 250 mg de material vegetal fresco.

#### 4.13. Análise de solo

##### 4.13.1. Determinação da concentração de nitrato e amônio

O método empregado foi o descrito por BREMNER

(1965) que se baseia na destilação a vapor da amostra em presença de MgO e liga de Devarda.

4.14. Dados acumulados (mm) de precipitação (P) e irrigação (IR) e, evapotranspiração potencial (EP).

Os dados meteorológicos foram fornecidos pela Estação Climatológica da Fundação Faculdade de Agronomia - "Luiz Meneghel" de Bandeirantes (PR).

Com o objetivo de visualizar melhor os efeitos da precipitação e irrigação e, da evapotranspiração sobre as 4 culturas, acumulou-se os dados de 10 em 10 dias dentro de dois períodos:

A) De 01/08 à 30/11/76, quando se cultivou a soja, vigna e brachiaria e,

B) De 01/01 à 31/03/77, quando se reconduziu a cultura da alface.

Durante o primeiro período, nos dias em que não houve precipitação, cada microparcela foi irrigada com 20 l (10 mm) e para o segundo período, 40 l (20 mm), assim distribuídos: 20 l pela manhã e 20 l à tarde. Distribuiu-se a água por aspersão o mais homogêneo possível sobre cada microparcela.

Os dados acumulados de precipitação e irrigação e, evapotranspiração potencial para os dois períodos encontram-se na Tabela 4 e Figura 1 e 2.

A evapotranspiração potencial foi calculada segundo a metodologia usada por PENMAN (1948) e (1956).

TABELA 4 - Dados acumulados (mm) de precipitação (P) e irrigação (IR) e, evapotranspiração potencial (EP) para as culturas de soja, vigna, brachiaria e alface.

Dias Acumulados	A		B	
	Período de 01/08-30/11/76 Culturas: Soja, Vigna e Brachiaria		Período de 01/01-31/03/77 Cultura: Alface	
	Precipitação e Irrigação	Evapotranspiração Potencial	Precipitação e Irrigação	Evapotranspiração Potencial.
10	65,6	24,40	236,4	33,19
20	200,0	44,68	350,6	75,67
30	260,0	76,08	497,2	119,56
40	416,2	101,40	710,6	162,47
50	511,0	128,56	910,6	212,91
60	639,4	159,76	1094,0	262,91
70	784,0	204,50	1135,1	304,46
80	907,6	251,73	1157,3	348,66
90	999,5	294,09	1237,1	382,72
100	1220,0	338,87	-	-
110	1316,7	386,51	-	-
120	1437,6	434,14	-	-

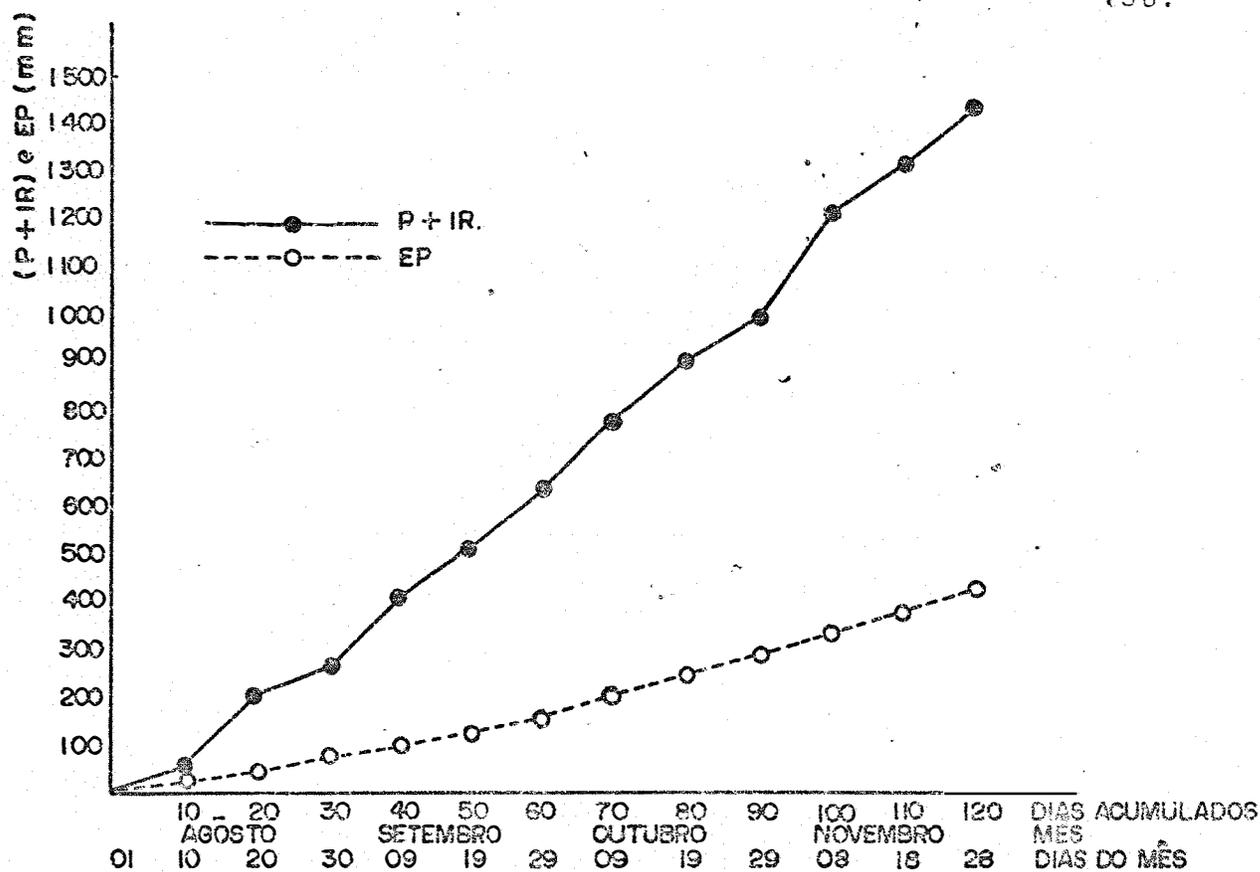


FIG. 1 - CURVAS REPRESENTATIVAS DA TABELA 3 (A)

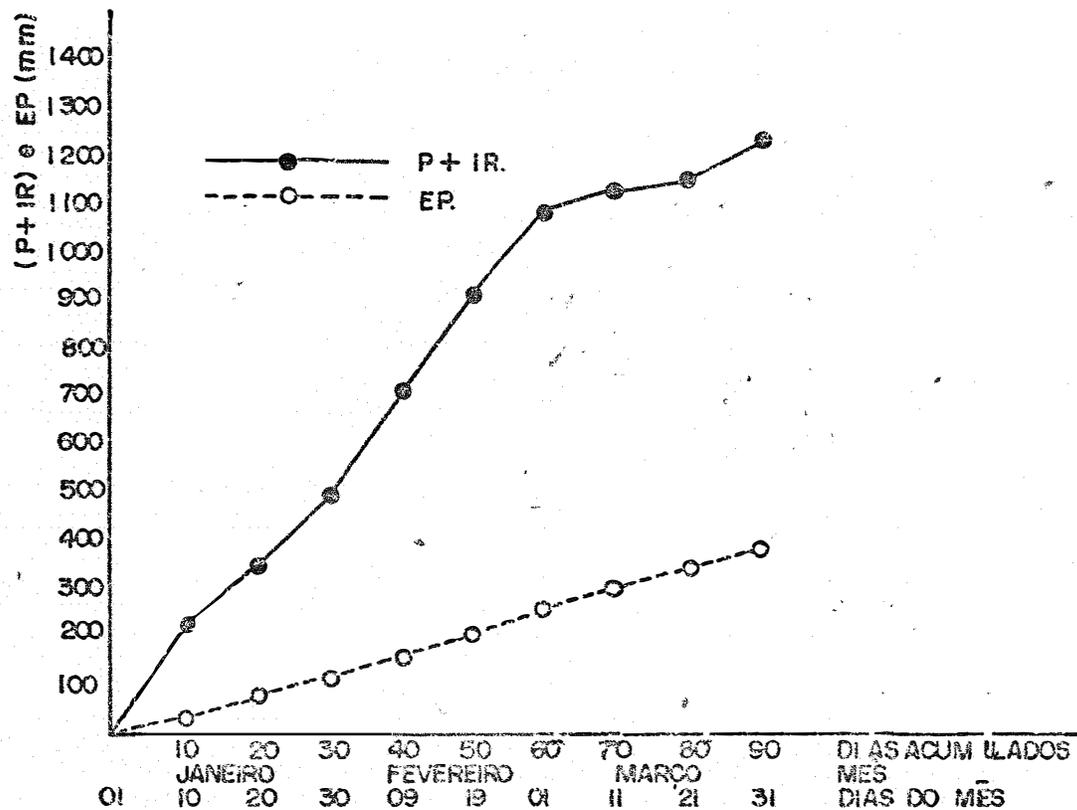


FIG. 2 - CURVAS REPRESENTATIVAS DA TABELA 3 (B)

---

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

---

### 5.1. Produções de Massa Verde e Seca

Os resultados obtidos quanto às produções (t/ha) de massa verde e seca estão contidos nas Tabelas 7 a 10 e Figuras 3 a 6 e os resultados das análises de variância encontram-se nas Tabelas 4 e 6.

Pelas análises de variância verifica-se uma interação significativa entre plantas e tratamentos, o que indica um comportamento diferente de pelo menos uma das culturas de um tratamento para outro, além dos efeitos gerais dos tratamentos.

Para a produção de massa verde da soja, houve uma significância ao nível de 5% para tratamentos (Tabela 5). Verifica-se na Tabela 7, ao comparar a testemunha com os tratamentos: 50, 100 e 200 kg de N/ha na forma nítrica, um aumento de produção de massa verde de 29,4; 38,4 e 47,0 t/ha, respectivamente. Quando se usou o  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , houve di

ferenças entre os tratamentos quando comparados com a testemunha, sendo mais pronunciados os acréscimos obtidos com a fonte nitríca e o tratamento 200 kg de N/ha na forma amoniacal possibilitou o maior incremento na produção.

TABELA 5 - Valores de F, C.V. e G.L. das análises de variância para massa verde (t/ha) e massa seca (t/ha).

Fontes de Variação	G.L.	Valores de F	
		Massa Verde (t/ha)	Massa Seca (t/ha)
Plantas (Pl.)	3	514,89 **	503,25 **
Tratamentos (Trat <sup>os</sup> )	4	11,73 **	20,32 **
Repetições	5	0,66 NS	0,57 NS
Pl. x Trat <sup>os</sup>	12	3,26 **	5,70 **
Trat <sup>os</sup> /soja	4	2,74 *	2,65 *
Trat <sup>os</sup> /vigna	4	11,18 **	12,34 **
Trat <sup>os</sup> /brachiaria	4	8,95 **	22,42 **
Trat <sup>os</sup> /alface	4	0,12 NS	0,01 NS
C.V. Plantas		19,46%	22,27
C.V. Tratamentos		22,21%	20,74

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

NS Não significativo

O teste F mostrou uma significância ao nível de 5% para os valores da produção de massa seca de soja e quando comparados com aqueles de *MASCARENHAS (1973)* para a mesma adubação e idade da planta, apresentam-se um pouco mais elevados excetuando a testemunha que para o  $\text{NaNO}_3$  foi menor.

Os tratamentos para vigna e brachiaria foram significativos ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 5). Observando as médias de produções de massa verde e seca para vigna (Tabela 8), verifica-se incrementos nas produções-

para todos os tratamentos com  $\text{NaNO}_3$ , havendo diferenças significativas entre as produções obtidas com a dose 0 (testemunha) e as doses de 50 e 100 kg de N/ha na forma nítrica, inclusive diferenciando entre si significativamente.

TABELA 6 - Médias e D.M.S. das análises de variância para massa verde (t/ha) e massa seca (t/ha).

Fontes de Variação	Massa Verde (t/ha)	Massa Seca (t/ha)
<u>Médias de Plantas</u>		
Soja	67,92	32,77
Vigna	181,35	70,56
Brachiaria	220,56	119,10
Alface	11,88	0,84
<u>Médias de Tratamentos</u>		
0 kg de N/ha	88,66	38,16
50 kg de N/ha	121,24	55,64
100 kg de N/ha	134,82	65,43
200 kg de N/ha	133,42	62,73
400 kg de N/ha	124,01	57,11
<u>Média Geral</u>	120,43	55,82
<u>D.M.S. (Tukey 5%)</u>		
Plantas	17,46	9,26
Tratamentos	21,62	9,36
Repetições	24,10	12,78
Pl. x Trat <sup>os</sup>	56,82	24,59
Trat <sup>os</sup> /Plantas	43,24	18,71

Observando-se as médias obtidas com os tratamentos 200 kg de N/ha na forma nítrica e 100 kg de N/ha na forma amoniacal, verifica-se quase o mesmo incremento na produção, permitindo sugerir a maior eficiência do sulfato de amônio para vigna.

Observando a Tabela 8 e Figura 4 é curioso sa

liantar que há um aumento de produção de massa verde e seca à medida que se aumenta as doses de nitrogênio aplicado na forma nítrica. Ao que parece, a vigna é uma planta mais tolerante a altas doses de  $\text{NO}_3^-$  diferenciando-se das outras - três culturas. Porém, quando o nitrogênio foi aplicado na forma amoniacal, houve uma diminuição na produção de massa verde e seca com as doses mais altas de nitrogênio (200 e 400 kg de N/ha).

Pelas análises de variância (Tabela 5), verifica-se além da interação significativa entre plantas versus tratamentos, uma significância ao nível de 1% para os trata-mentos efetuados na brachiaria. As maiores produções de massa verde e seca foram obtidas com a aplicação de 100 kg de N/ha tanto na forma nítrica como na amoniacal, havendo um declínio nas produções com as doses mais altas utilizadas. (Veja-se Tabela 9 e Figura 5).

Não se constatou diferenças significativas para a alface ao nível de 1% de probabilidade, o que se deve - ao fato das 4 culturas terem sido analisadas em conjunto.

Os dados da Tabela 10 e Figura 6 mostram que a alface na dose de 50 kg de N/ha na forma amoniacal deu, a maior produção, porém a partir da dose de 100 kg de N/ha em diante, a forma nítrica predominou com as maiores produções, concordando com as observações de *COUTO e BRANCO (1963)*.

Estes pesquisadores encontraram maiores acrês-cimos na produção com o uso das formas nítrica e amídica. Por sua vez, *SIMÃO (1959)*, mostrou que a adubação nitrogenada nítrica da alface permite, além do aumento de peso, uma colheita antecipada.

Em discordância com *SPLITTSTOESSER et alii* - (*1974*), as doses pesadas (200 e 400 kg de N/ha) não aumenta-ram o peso de massa verde, permitindo inclusive observar uma menor eficiência da nutrição amoniacal tanto na produção de massa verde como na produção de massa seca.

A resposta da alface ao tratamento de 100 kg - de N/ha na forma nítrica concorda com os resultados de *MINOT*

TI (1976) citado por MAYNARD *et alii* (1976); este pesquisa -  
dor estudou o efeito da dose e fonte de nitrogênio e encon -  
trou respostas significativas a dose de 112 kg de N/ha tam -  
bém na forma nítrica.

A partir da dose de 50 kg de N/ha na forma amô -  
niacal e 100 kg de N/ha na forma nítrica há uma diminuição -  
das produções de massa verde e seca.

TABELA 7 : Soja-Peso (t/ha) de massa verde e seca (média de 3 repetições).

Aubos	Tratamentos (kg de N/ha)	Massa Verde (t/ha)	Massa Seca (t/ha)
NaNO <sub>3</sub>	0	34,20	14,51
	50	63,60	28,64
	100	72,60	34,09
	200	81,20	39,32
	400	61,60	28,72
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	36,00	16,40
	50	70,80	33,09
	100	77,40	36,97
	200	84,00	47,67
	400	67,80	34,52

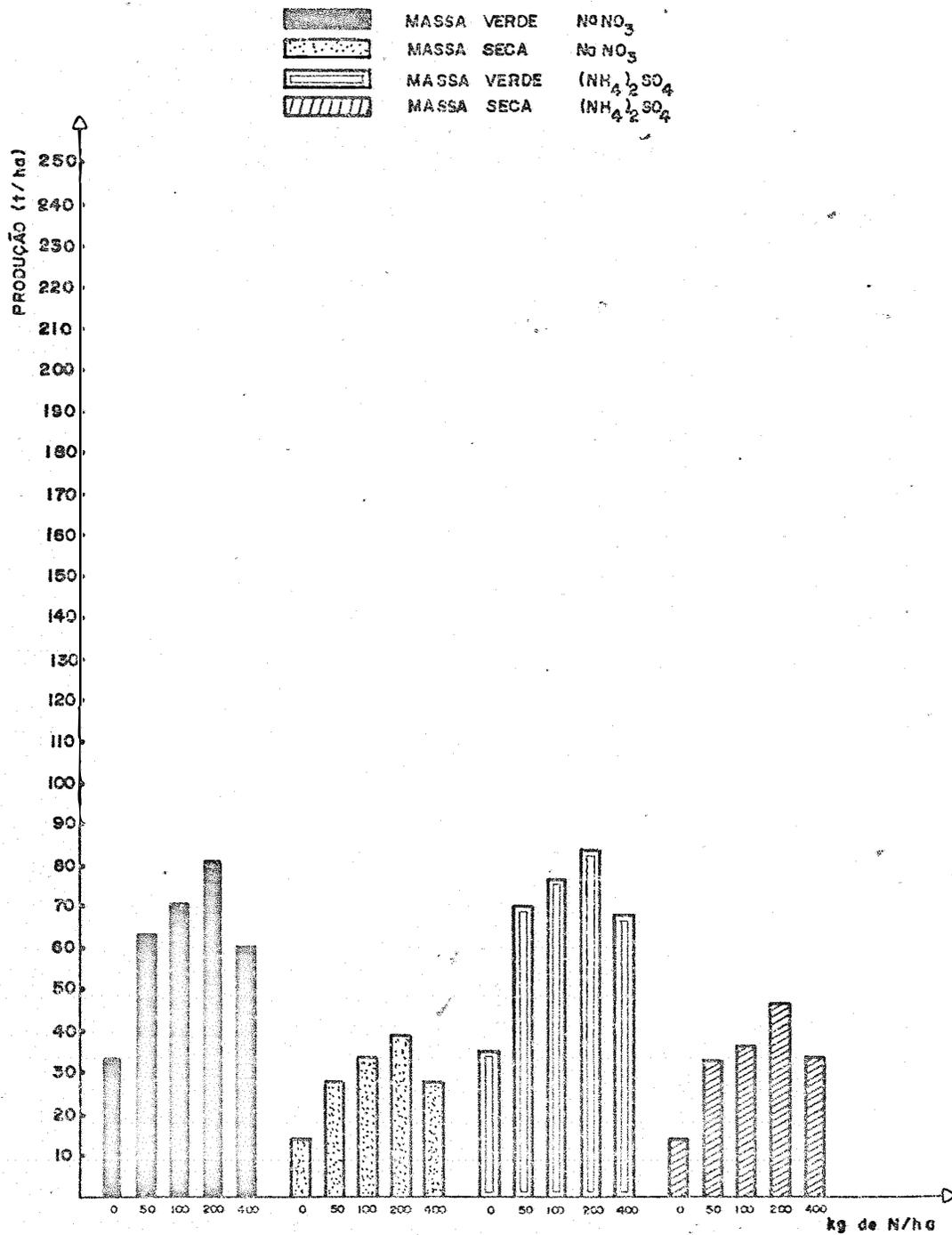


FIG. 3 - PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E SECA PARA A CULTURA DA SOJA

TABELA 8 : Vigna-Peso (t/ha) de massa verde e seca (média de 3 repetições).

Aubos	Tratamentos (kg de N/ha)	Massa Verde (t/ha)	Massa Seca (t/ha)
NaNO <sub>3</sub>	0	64,00	23,53
	50	114,40	43,18
	100	196,20	74,90
	200	224,40	86,72
	400	247,40	102,76
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	104,80	36,40
	50	124,60	46,79
	100	216,00	83,51
	200	187,80	69,65
	400	185,20	68,89

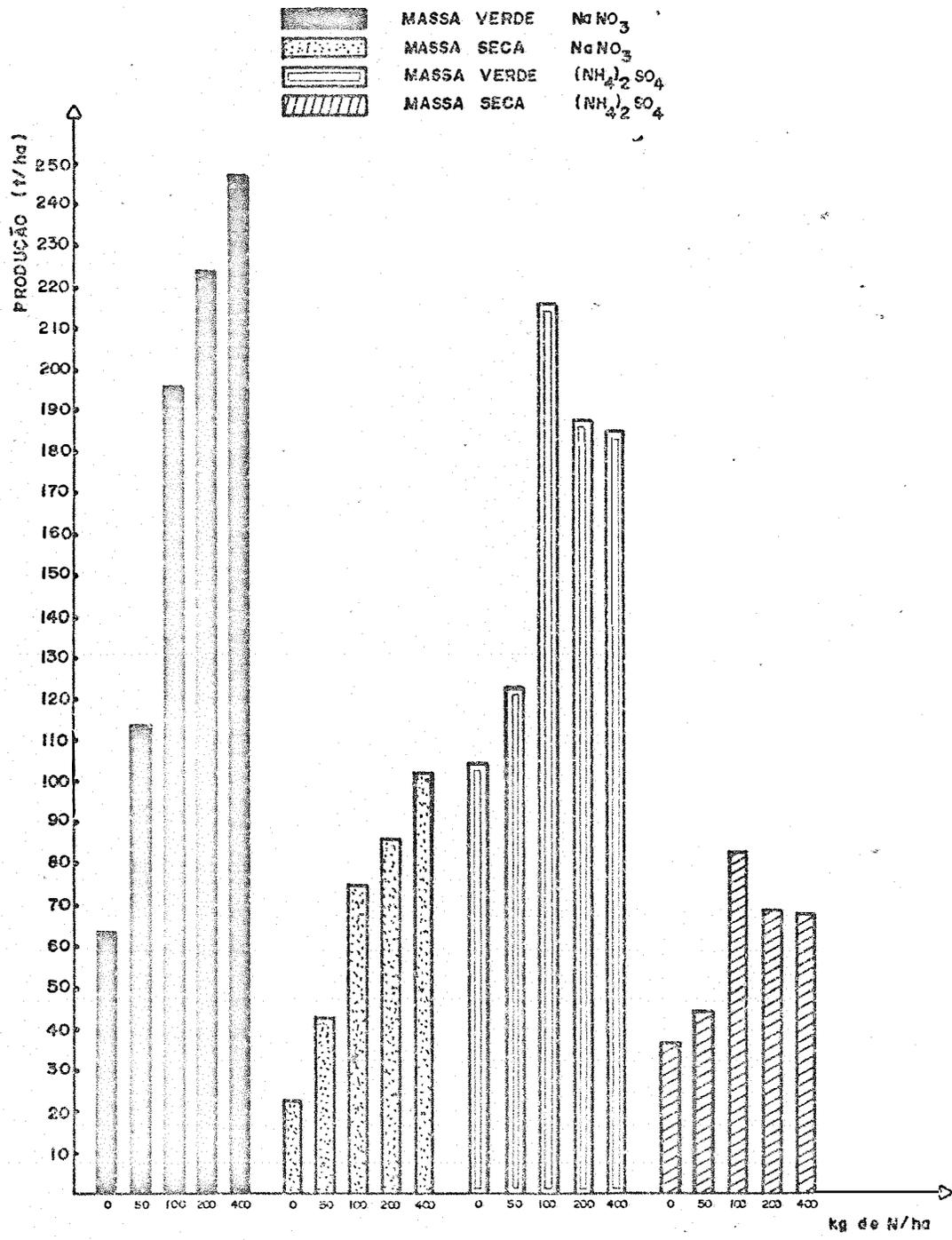


FIG. 4 - PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E SECA PARA A CULTURA DE VIGNA

TABELA 9 : Brachiaria-Peso (t/ha) de massa verde e seca  
(média de 3 repetições)

Adubs	Tratamentos (kg de N/ha)	Massa verde (t/ha)	Massa seca (t/ha)
NaNO <sub>3</sub>	0	180,28	88,10
	50	224,41	121,27
	100	259,15	144,57
	200	254,93	144,49
	400	225,35	120,78
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	164,31
50		240,84	128,26
100		258,68	147,01
200		209,39	112,34
400		188,26	100,15

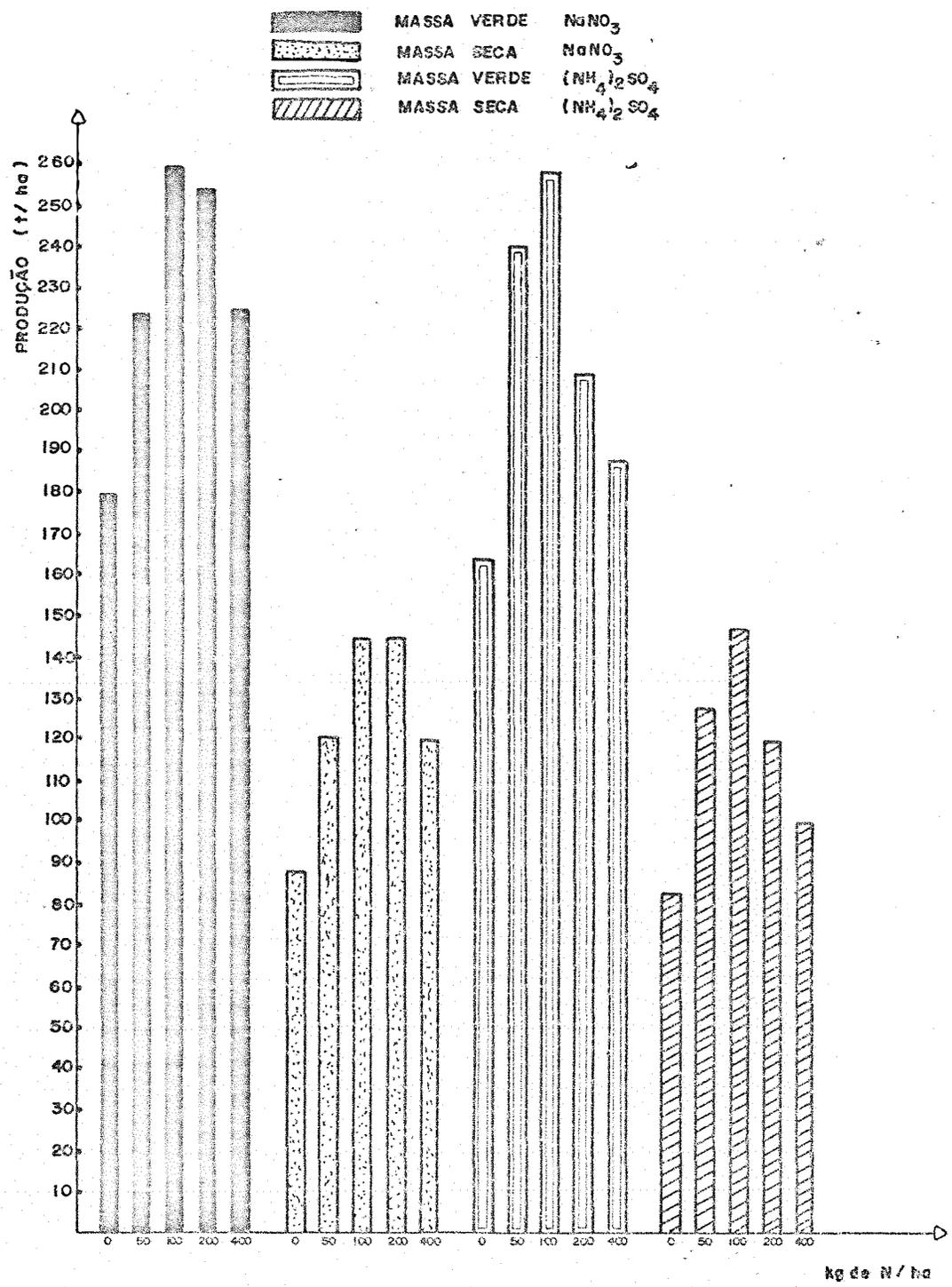
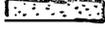
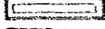
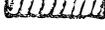


FIG. 5 - PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E SECA PARA A CULTURA DE BRACHIARIA

TABELA 10 : Alface-Peso (t/ha) de massa verde e seca (média de 3 repetições)

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	Massa verde (t/ha)	Massa seca (t/ha)
NaNO <sub>3</sub>	0	8,30	0,57
	50	15,01	1,13
	100	18,10	1,41
	200	13,53	0,91
	400	9,06	0,58
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	7,36	0,40
	50	16,22	1,23
	100	13,72	0,99
	200	10,09	0,68
	400	7,42	0,42

	MASSA VERDE	$\text{NaNO}_3$
	MASSA SECA	$\text{NaNO}_3$
	MASSA VERDE	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	MASSA SECA	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

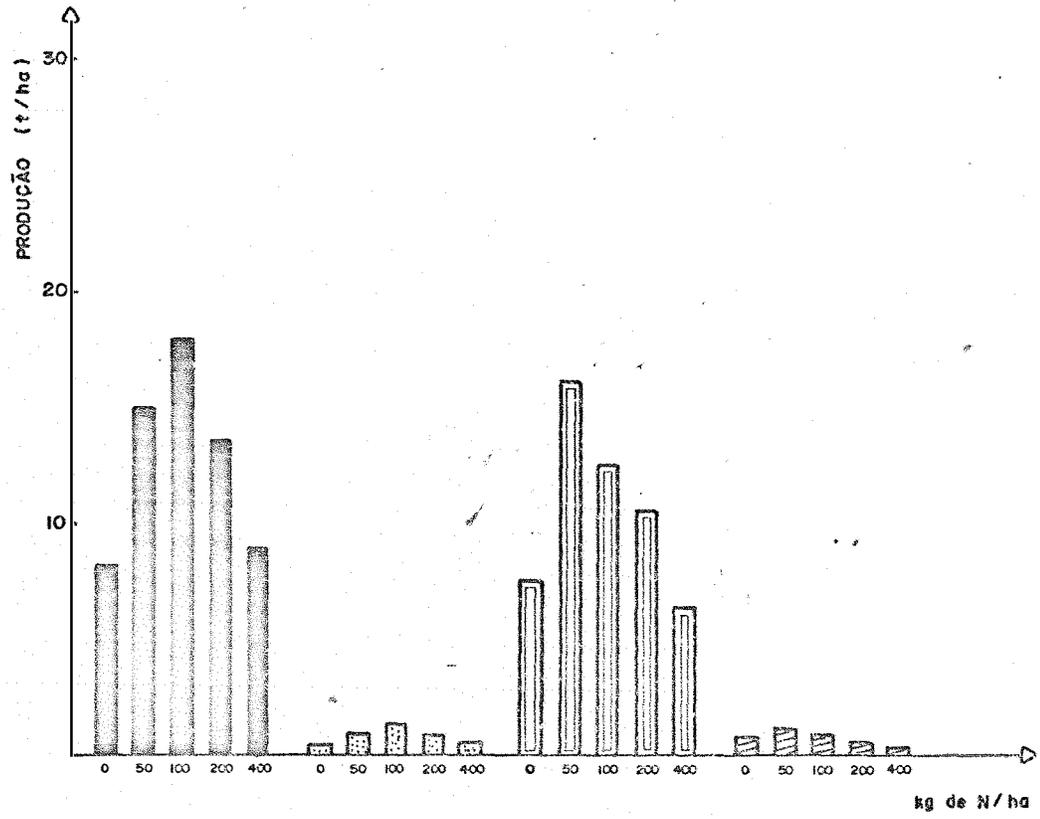


FIG. 6 - PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E SECA PARA A CULTURA DE ALFACE

## 5.2. Atividade da Redutase do Nitrato

Os valores médios para a atividade da redutase do nitrato obtidos para soja, vigna, brachiaria e alface com as fontes  $\text{NaNO}_3$  e  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , estão na Tabela 13 e Figuras 7 e 8.

Os resultados das análises de variância encontram-se nas Tabelas 11 e 12.

TABELA 11 - Valores de F., C.V. e G.L. das análises de variância para atividade da redutase do nitrato ( $\mu$ . e.  $\text{NO}_2^-$ /g tecido fresco/hora)

Fontes de Variação	G.L.	At. da Redutase do $\text{NO}_3^-$ ( $\mu$ . e. $\text{NO}_2^-$ /g tec. fr./hora)
Plantas (Pl.)	3	3,17 NS
Tratamentos (Trat <sup>os</sup> )	4	12,47 **
Repetições	5	10,77 **
Pl. x Trat <sup>os</sup>	12	1,87 NS
Trat <sup>os</sup> /Soja	4	-
Trat <sup>os</sup> /Vigna	4	-
Trat <sup>os</sup> /Brachiaria	4	-
Trat <sup>os</sup> /Alface	4	-
C.V. Plantas		53,41%
C.V. Tratamentos		13,86%

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

NS Não significativo

TABELA 12 - Médias e D.M.S. das análises de variância para atividade da redutase do nitrato ( $\mu$ . e. de  $\text{NO}_2^-$ /g tecido fresco/hora).

Fontes de Variação	At. da redutase do $\text{NO}_3^-$ ( $\mu$ . e. $\text{NO}_2^-$ /g tec. fr./hora)
<u>Médias de Plantas</u>	
Soja	28,38
Vigna	31,60
Brachiaria	20,54
Alface	28,88
<u>Médias de Tratamentos</u>	
0 kg de N/ha	23,38
50 kg de N/ha	27,00
100 kg de N/ha	30,65
200 kg de N/ha	29,00
400 kg de N/ha	26,72
<u>Média Geral</u>	27,35
<u>D.M.S. (Tuckey 5%)</u>	
Plantas	10,88
Tratamentos	3,06
Repetições	15,03
Pl. x Trat <sup>os</sup> .	8,05
Trat <sup>os</sup> /Plantas	6,13

As culturas que receberam nitrogênio na forma nítrica, apresentaram maiores atividades da redutase do nitrato quando comparadas com aquelas cultivadas com a forma amoniacal (Tabela 13), fato este evidenciado pela análise de variância (Tabela 11). Aliás, estes dados concordam com aqueles obtidos por MAYNARD *et alii* (1976) e FALEIROS *et alii* (1975).

Verifica-se através dos dados da Tabela 13 que a vigna apresentou maiores atividades enzimáticas, po

rém na presença da mais alta dose de  $N-NO_3^-$  aplicada houve um decréscimo na atividade da redutase do nitrato.

A atividade da redutase do nitrato para as culturas adubadas com a fonte amoniacal, foi crescente até a dose de 100 kg/ha de N, ocorrendo um decréscimo da atividade da redutase do nitrato nas doses de 200 e 400 kg de N/ha para a soja, vigna e brachiaria. A alface e a soja apresentaram as maiores atividades enzimáticas com a adubação amoniacal.

De acordo com os resultados obtidos por LOSADA *et alii* (1970) e SHEN (1969) citados por MAYNARD *et alii* (1976), parece o íon  $NH_4^+$  ser um inibidor da atividade da redutase do nitrato enquanto o íon  $NO_3^-$  um indutor como foi constatado por BEEVERS *et alii* (1965), citados por MAYNARD *et alii* (1976).

Observa-se que os valores para a atividade da redutase do nitrato na brachiaria foram menores que as outras três culturas nas duas fontes nitrogenadas.

Os dados obtidos permitem indicar que ocorre uma "preferência" das culturas ao nitrato como tem sido citado na literatura. A vigna foi mais eficiente na absorção do íon nitrato que o íon amônio. Por outro lado, a soja apresentou uma maior eficiência na absorção do íon  $NH_4^+$ .

TABELA 13 - Atividade da Redutase do Nitrato ( $\mu$ e. de  $\text{NO}_2^-$  / g tecido fresco/hora).

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	Soja	Vigna	Brachiaria	Alface
$\text{NaNO}_3$	0	26,85	46,32	24,26	29,52
	50	33,32	47,81	28,16	33,93
	100	38,83	48,78	34,42	36,01
	200	32,68	54,10	34,26	36,32
	400	26,10	48,40	31,51	50,97
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	20,60	12,22	10,08	17,80
	50	24,68	14,32	11,61	22,16
	100	31,44	19,94	12,22	23,58
	200	26,46	12,71	11,02	24,45
	400	23,40	11,41	7,93	14,04

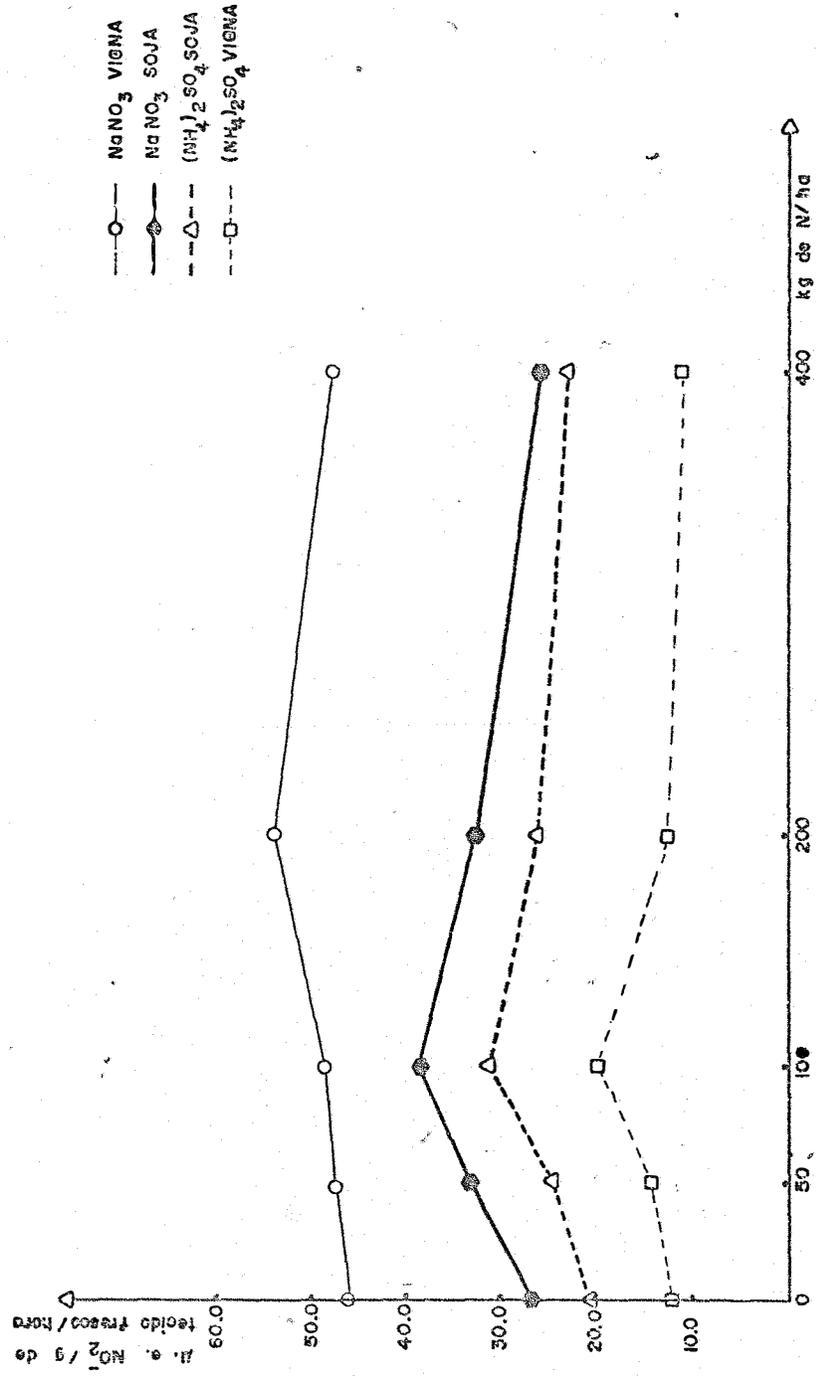


FIG. 7 - ATIVIDADE DA REDUTASE DO NITRATO ( $\mu. e. NO_2^- / g$  de tecido fresco / hora) PARA SOJA E VIGNA.

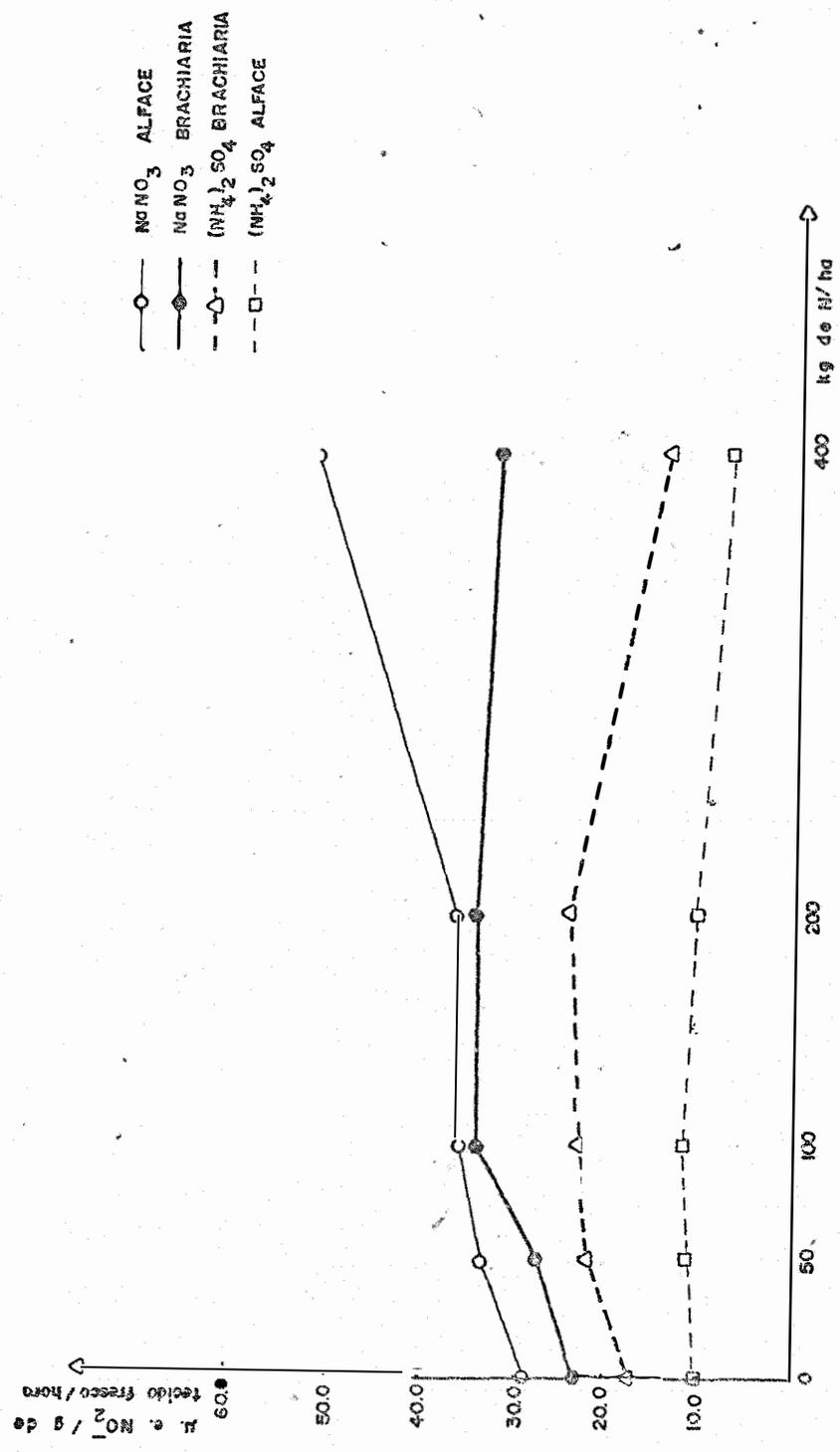


FIG. 8 - ATIVIDADE DA REDUTASE DO NITRATO ( $\mu. e. NO_2^- / g$  de tecido fresco/hora) PARA BRACHIARIA E ALFACE.

### 5.3. Concentração de Nitrogênio Total na Produção da Massa Seca e nos Grãos das Culturas

As médias das concentrações de N-total na massa seca e grãos obtidas com os tratamentos que receberam  $\text{NaNO}_3$  e  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  nas culturas de soja, vigna, brachiaria e alface, estão contidas na tabela 16 representadas nas Figuras 9 a 11.

Os resultados das análises de variância se encontram nas Tabelas 14 e 15 e indicam que os tratamentos diferiram significativamente ao nível de 1% de probabilidade para todas as culturas quanto as concentrações de N total na massa seca.

Pela análise do N-total na massa seca (Tabela 16) pode-se observar que as 4 culturas de uma maneira geral, responderam a todos os tratamentos com  $\text{NaNO}_3$  e  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . As maiores concentrações de N-total foram encontradas na alface nas duas formas e as menores, na brachiaria.

A análise estatística para as concentrações de N-total nos grãos, revelou significância ao nível de 5% de probabilidade somente para a variação dos tratamentos na soja. As maiores concentrações de N-total nos grãos foram encontradas na vigna tanto na forma nítrica quanto na amoniacal, enquanto nos grãos da soja, a fonte amoniacal determinou uma maior concentração de N-total que a fonte nítrica.

A dose de 400 kg de N/ha na forma amoniacal e nítrica, aumentou a concentração de N-total na massa seca para a soja, vigna e alface, sendo que para a brachiaria somente foi verificado com a forma nítrica.

Observa-se que os tratamentos com  $\text{NaNO}_3$  para vigna superaram as médias alcançadas com a mesma fonte para a cultura da soja; tal não acontece com a fonte amoniacal.

TABELA 14 - Valores de F., C.V. e G.L. das análises de variância para N-total (%) na massa seca e grãos.

Fontes de variação	G.L.	Valores de F.	
		massa seca	grãos
Plantas (Pl)	3	693,83**	2,36NS
Tratamentos (Trat <sup>o</sup> s)	4	117,59**	0,96NS
Repetições	5	0,26NS	0,40NS
Pl x Trat <sup>o</sup> s	12	6,01**	2,99 *
Trat <sup>o</sup> s/Soja	4	41,87**	2,91 *
Trat <sup>o</sup> s/Vigna	4	25,67**	1,04NS
Trat <sup>o</sup> s/Brachiaria	4	7,24**	-
Trat <sup>o</sup> s/Alface	4	60,86**	-
C. V. Plantas		7,52%	27,50%
C. V. Tratamentos		4,31%	7,83%

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

NS Não significativo

TABELA 15 - Médias e D.M.S. das análises de variância para N-total (%) na massa seca e grãos.

Fontes de Variação	massa seca	grãos
<u>Médias de Plantas</u>		
Soja	3,13	3,99
Vigna	3,11	4,45
Brachiaria	1,42	-
Alface	3,90	-
<u>Médias dos Tratamentos</u>		
0 kg de N/ha	2,49	4,30
50 kg de N/ha	2,77	4,21
100 kg de N/ha	2,96	4,12
200 kg de N/ha	3,01	4,33
400 kg de N/ha	3,22	4,13
<u>Média Geral</u>	2,89	4,22
<u>D.M.S. (Tuckey 5%)</u>		
Plantas	0,16	0,77
Tratamentos	0,10	0,38
Repetições	0,22	2,21
Pl. x Trat <sup>o</sup> s	0,26	0,64
Trat <sup>o</sup> s/Plantas	0,20	0,54

Observa-se ainda, que as concentrações de nitrogênio total nos grãos da soja e vigna foram maiores que as concentrações de nitrogênio total da massa seca. Considerando que as amostragens de grãos foram feitas posterior a massa seca (90º dia), tudo indica que grande parte do nitrogênio absorvido tenha sido armazenado nas sementes ou ainda, tenha ocorrido uma redistribuição do nitrogênio da parte vegetativa para os grãos, indicada pelo declínio dos órgãos vegetativos da planta após atingir a sua maturidade.

Este fato concorda com os trabalhos de *HAMMOND et alii* (1951), onde observaram que a soja, do 87º dia à maturidade (136º dia), o nitrogênio existente na cultura amentou em 48 kg/ha, o contido nas vagens e sementes aumentou em 121 kg/ha e o restante da planta diminuiu em 73 kg/ha.

Analisando os dados da Tabela 16, encontrou-se incrementos no teor de nitrogênio total na planta com o amento da dose de nitrogênio adicionado ao solo. É evidente a correlação entre nitrogênio total na massa seca e produção - de massa verde e seca até a dose de 200 kg de N/ha nas duas formas.

TABELA 16 - Porcentagem de Nitrogênio total na massa seca aos 90 dias e nos grãos no final do ciclo reprodutivo.

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	Massa Seca				Grãos	
		Soja	Vigna	Brachiaria	Alface	Soja	Vigna
NaNO <sub>3</sub>	0	2,58	2,48	1,36	3,40	3,22	4,56
	50	2,69	3,08	1,45	3,88	3,51	4,65
	100	3,21	3,15	1,46	3,99	3,47	4,27
	200	3,09	3,27	1,55	4,15	3,52	4,72
	400	3,62	3,54	1,73	4,29	2,53	4,68
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	2,84	2,97	1,09	3,20	4,29	4,12
	50	3,12	3,03	1,26	3,68	4,37	4,30
	100	3,37	3,10	1,49	3,93	4,46	4,30
	200	3,27	3,16	1,46	4,14	4,77	4,33
	400	3,48	3,32	1,40	4,39	4,77	4,57

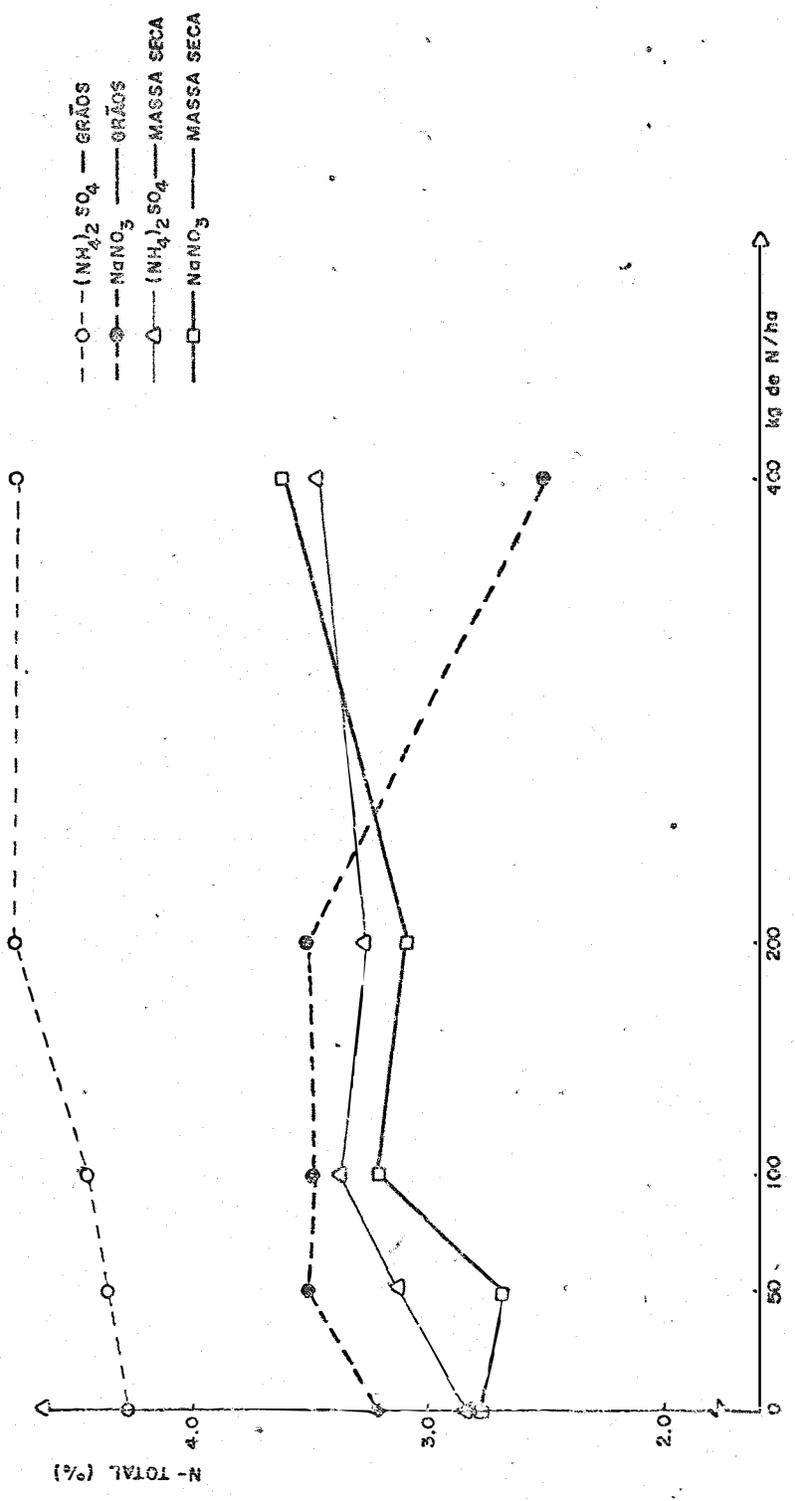


FIG. 9 - N-TOTAL (%) NA MASSA SECA E GRÃOS DA SOJA

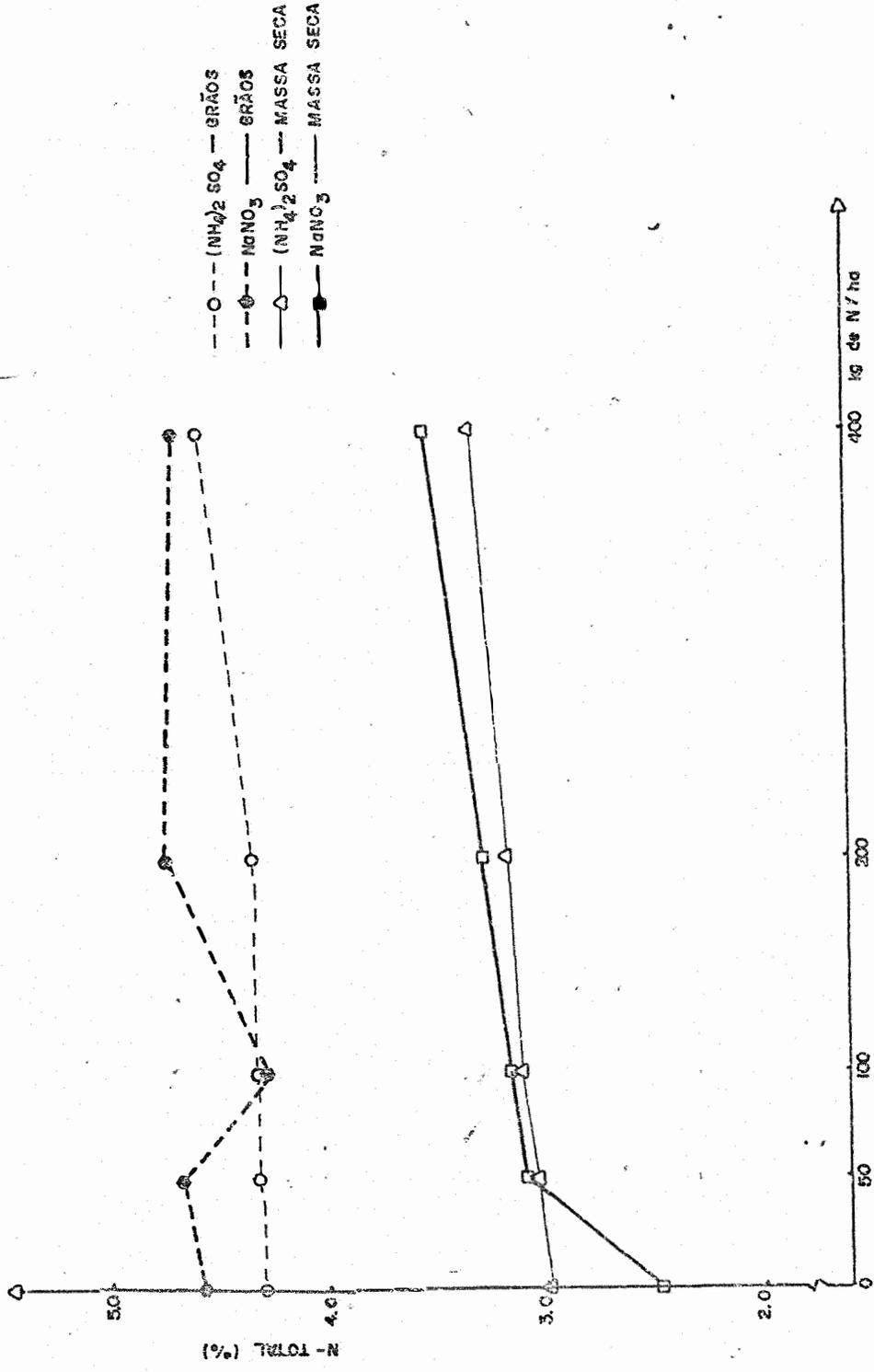


FIG. 10 - N-TOTAL (%) NA MASSA SECA E GRÃOS DA VIGNA

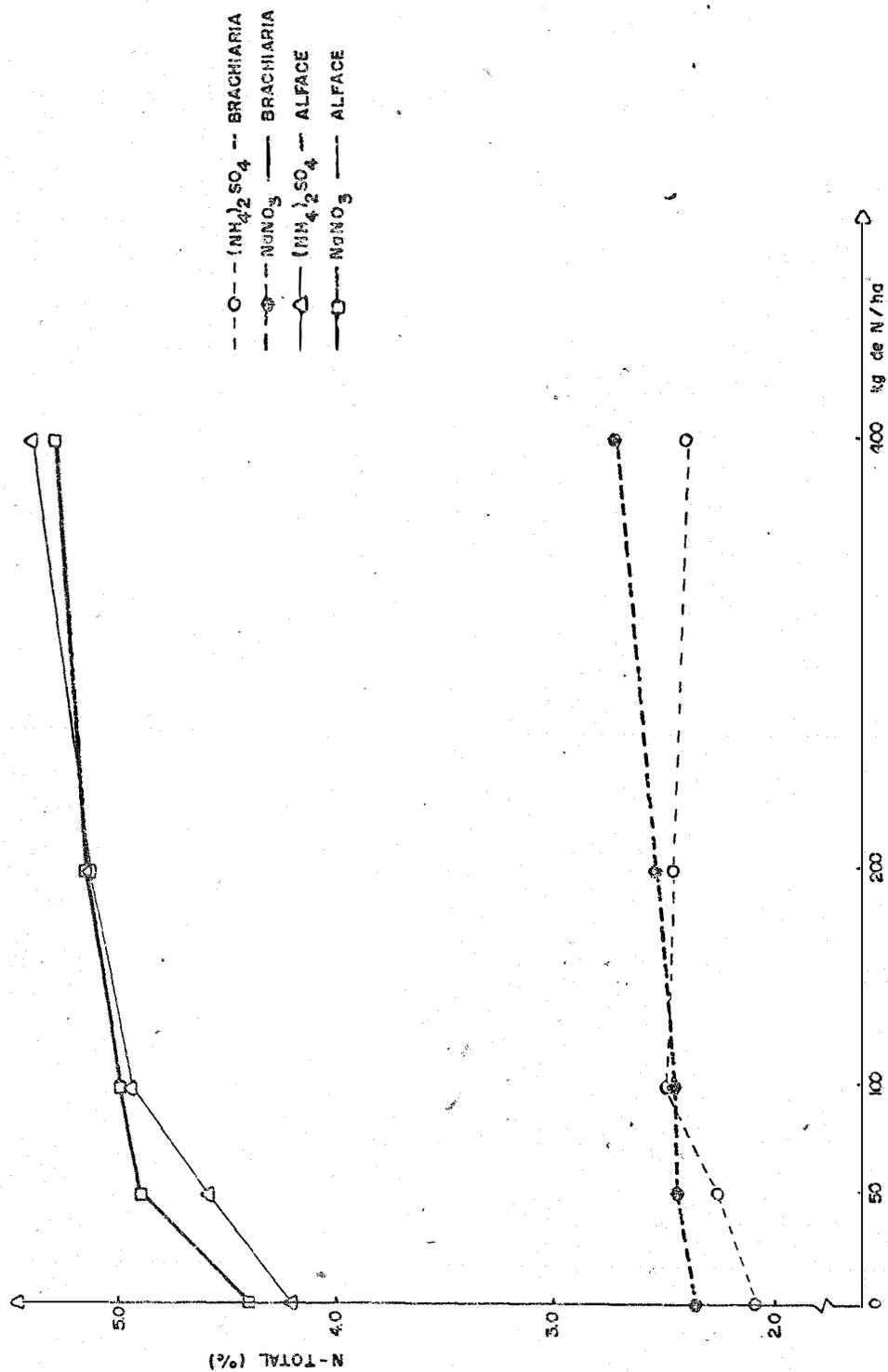


FIG. 11 - N-TOTAL (%) NA MASSA SECA DA ALFACE E BRACHIARIA

#### 5.4. Concentração de Nitrato na Massa Seca e Grãos

As médias das concentrações de  $\text{NO}_3^-$  obtidas na massa seca e grãos das 4 culturas com os tratamentos com  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  estão na tabela 19 e ilustradas nas figuras 12, 13 e 14 e, os resultados das análises de variância se encontram nas tabelas 17 e 18.

Os valores de F para concentração de  $\text{NO}_3^-$  na massa seca foram significativos ao nível de 1% de probabilidade para as culturas de soja e alface e não houve diferenças significativas para a vigna e brachiaria.

Para a concentração de  $\text{NO}_3^-$  nos grãos, houve uma significância estatística ao nível de 1% de probabilidade para a vigna e a 5% para a soja quando cultivadas nas duas fontes nitrogenadas.

A análise da tabela 19 mostra que fontes de nitrato no solo levam as plantas a uma alta acumulação de  $\text{NO}_3^-$ , mais do que as fontes amoniacais.

Assim sendo, parece que durante o tempo em que as culturas estiveram em contacto com as dosagens médias e altas de  $\text{N-NO}_3^-$ , houve uma tendência de aumentar a acumulação de nitrato na massa seca e nos grãos o que concorda com pesquisas de *PECK et alii (1971)* citados por *MAYNARD et alii, (1976)* os quais evidenciaram a acumulação de nitrato em função do tempo quando cultivaram plantas com as fontes de N-nítrico e N-amídico.

Apesar dos dados não serem significativos para  $\text{NO}_3^-$  na massa seca da vigna e brachiaria, encontram-se as maiores concentrações de  $\text{NO}_3^-$  nos tratamentos que receberam a fonte nítrica quando comparados com a fonte amoniacal.

Há certas plantas que são tipicamente acumuladoras de  $\text{NO}_3^-$  enquanto outras não; além disso, variações consideráveis na concentração de  $\text{NO}_3^-$  podem ocorrer no mesmo órgão de diferentes plantas. No presente trabalho, estas variações também ocorrem nas concentrações de  $\text{NO}_3^-$  na massa seca da vigna e brachiaria. Por outro lado, talvez a época de amos

TABELA 17 - Valores de F, C.V. e G.L. das análises de variância para N-nítrico (ppm) na Massa Seca e Grãos.

Fontes de Variação	G.L.	Valores de F	
		ppm de N-nítrico na parte aérea	ppm de N-nítrico nos grãos
Plantas (Pl.)	3	38,55**	27,44**
Tratamentos (Trat's)	4	15,33**	0,44NS
Repetições	5	3,71 *	0,82NS
Pl. x Trat's	12	4,18**	7,00**
Trat's/soja	4	8,89**	2,76 *
Trat's/vigna	4	0,31NS	4,67**
Trat's/brachiaria	4	0,58NS	-
Trat's/alface	4	18,10**	-
C.V. Plantas		49,41%	62,73%
C.V. Tratamentos		27,41%	21,18%

\* Significativo ao nível de 5%

\*\* Significativo ao nível de 1%

NS Não significativo

TABELA 18 - Médias e D.M.S. das análises de variância para N-nítrico (ppm) na Massa Seca e Grãos.

Fontes de Variação	ppm de N-nítrico na parte aérea	ppm de N-nítrico nos grãos
<u>Médias de Plantas</u>		
Soja	278,20	8,84
Vigna	287,30	21,84
Brachiaria	299,52	-
Alface	736,58	-
<u>Médias dos Tratamentos</u>		
40 kg de N/ha	271,96	15,10
50 kg de N/ha	362,70	15,08
100 kg de N/ha	406,12	14,54
200 kg de N/ha	481,00	16,10
400 kg de N/ha	479,96	15,79
Média Geral	400,40	15,34
<u>D.M.S. (Tukey 5%)</u>		
Plantas	147,42	6,38
Tratamentos	88,66	3,64
Repetições	203,58	18,20
Pl. x Trat's	233,22	6,24
Trat's/Plantas	177,32	5,46

tragem tenha sido um pouco tardia, ocorrendo uma redistribuição do  $\text{NO}_3^-$  para os grãos e sementes. Esta hipótese se baseia no fato de ter havido uma significância ao nível de 1% de probabilidade quando se analisou as médias de nitrato nos grãos da vigna.

A análise da tabela 19 mostra uma tendência de todas as culturas acumularem nitrato na massa seca quando cultivadas com altas doses de nitrogênio, principalmente na forma nítrica destacando-se as concentrações encontradas na alface. Este fato também foi observado por *MINOTTI (1975)* citado por *MAYNARD et alii (1976)*, quando cultivou a alface nas doses de 56, 112 e 224 kg de  $\text{N-NO}_3^-$ /ha obtendo respostas altamente significativas ao acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  na massa seca. Também *SPLITTSTOESSER et alii (1974)* encontraram respostas significativas para a alface somente nas doses de 112 e 448 kg de  $\text{N-NO}_3^-$ /ha.

As altas concentrações de  $\text{NO}_3^-$  encontradas nos alimentos, neste caso na massa seca da alface (Tabela 19), podem ocasionar um problema de toxidez induzida pelo íon  $\text{NO}_3^-$ . Vários pesquisadores como *VANDERLIP e PESEK (1970)* e *EMERICK (1963)* citados por *RYAN et alii (1972)* fixaram como tóxicas as concentrações de  $\text{NO}_3^-$  acima da faixa de 0,067 a 0,15% de  $\text{NO}_3^-$  e *SUMMER et alii (1965)* e *WRIJHT e DAVISON (1964)* consideraram os valores daquela faixa muito altos.

As médias de  $\text{NO}_3^-$  na massa seca para brachiaria evidenciam a dose de 100 kg de N/ha nas formas nítrica e amoniacal como responsáveis pelo maior incremento na acumulação de  $\text{NO}_3^-$ , ocorrendo um decréscimo quando se aplicou 200 e 400 kg de N/ha.

Comparando as médias de nitrato entre as duas leguminosas em função da adubação nítrica, verifica-se que as culturas atingiram uma máxima acumulação de nitrato com o tratamento de 200 kg de N/ha, havendo um declínio com a dose de 400 kg de N/ha e, todos os tratamentos nítricos apresentaram melhores respostas a cultura de vigna.

Por outro lado, essas culturas responderam diferentemente quando adubadas com  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Considerando a eficiência da adubação nitríca- para quase todas as culturas nos seus respectivos tratamen- tos, sugere-se uma nitrificação do amônio adicionada naque las microparcelas ou uma "preferência" da cultura quanto à absorção da forma nitríca.

As altas concentrações de  $\text{NO}_3^-$ , além do N-total e atividade da redutase do nitrato encontradas na alface, per- mitem incluí-la no grupo das plantas tipicamente acumulado ras de nitrogênio. Além do quê, o aumento das doses nitroge- nadas, principalmente as nitrícas, exercem influência sobre a época de maturação. Estas evidências também foram consta- tadas por SIMÃO (1959) quando trabalhou com a alface em uma terra roxa usando como fonte nitríca o  $\text{NaNO}_3$  e observou que o nitrogênio promoveu incrementos no peso e precocidade na - formação de cabeças permitindo uma antecipação da colheita.

TABELA 19 - Concentração de nitrato (ppm) na massa seca e grãos.

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	Massa Seca				Grãos	
		Soja	Vigna	Brachiaria	Alface	Soja	Vigna
NaNO <sub>3</sub>	0	164,3	328,9	290,7	418,1	6,00	21,5
	50	188,0	384,0	340,6	732,9	14,6	21,6
	100	207,0	389,2	354,4	941,2	7,3	22,4
	200	480,0	436,5	336,2	1.109,2	7,3	31,5
	400	334,0	414,7	349,7	1.382,4	7,0	27,3
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	124,3	180,2	201,5	467,5	7,5	15,6
	50	154,2	224,4	285,7	593,1	10,4	14,0
	100	265,0	144,0	324,0	625,3	10,7	17,7
	200	368,2	169,5	274,6	674,2	7,8	17,9
	400	497,1	201,8	237,9	641,7	9,9	19,0

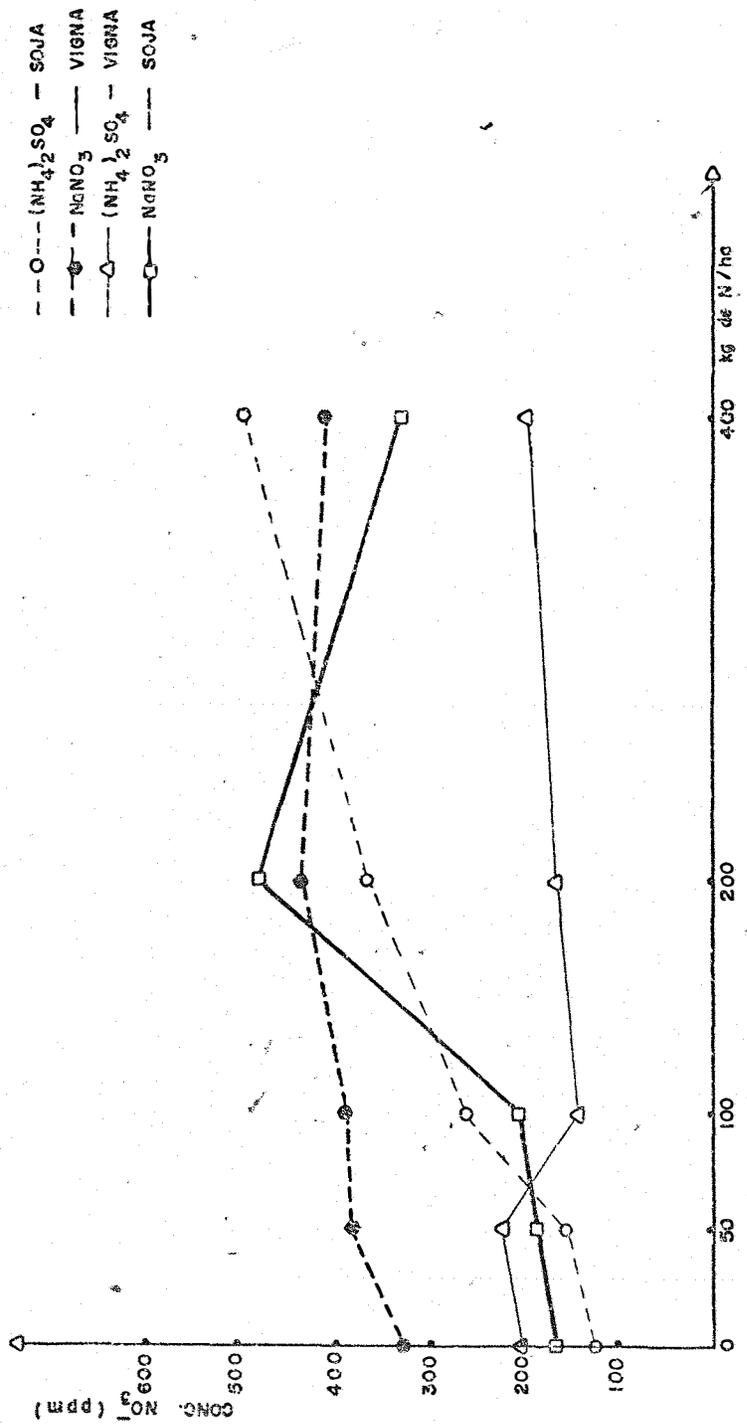


FIG. 12 - CONCENTRAÇÕES DE NITRATO (ppm) NA MASSA SECA DA SOJA E VIGNA

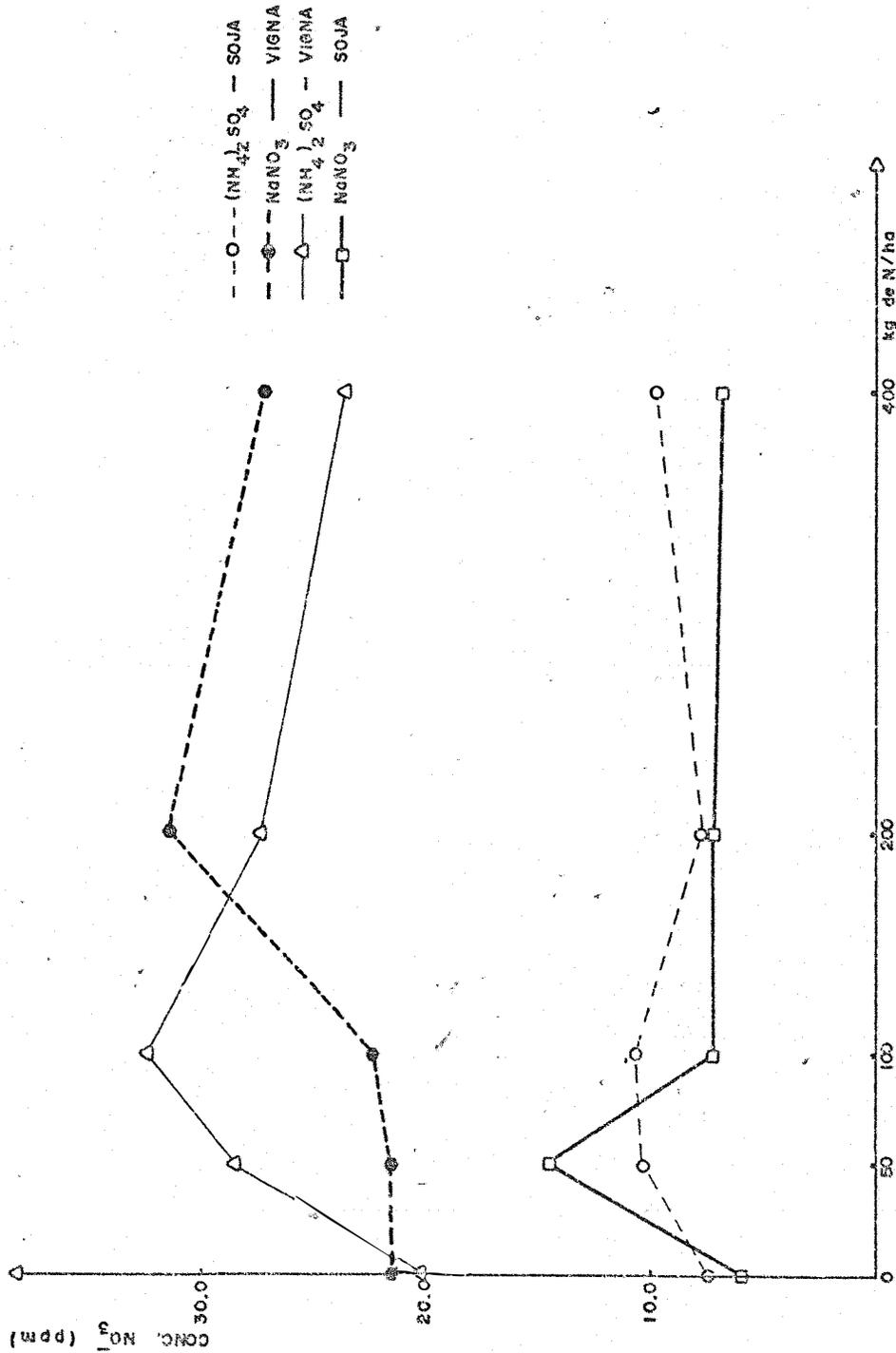


FIG. 13 - CONCENTRAÇÕES DE NITRATO (ppm) EM GRÃOS DE SOJA E VIGNA

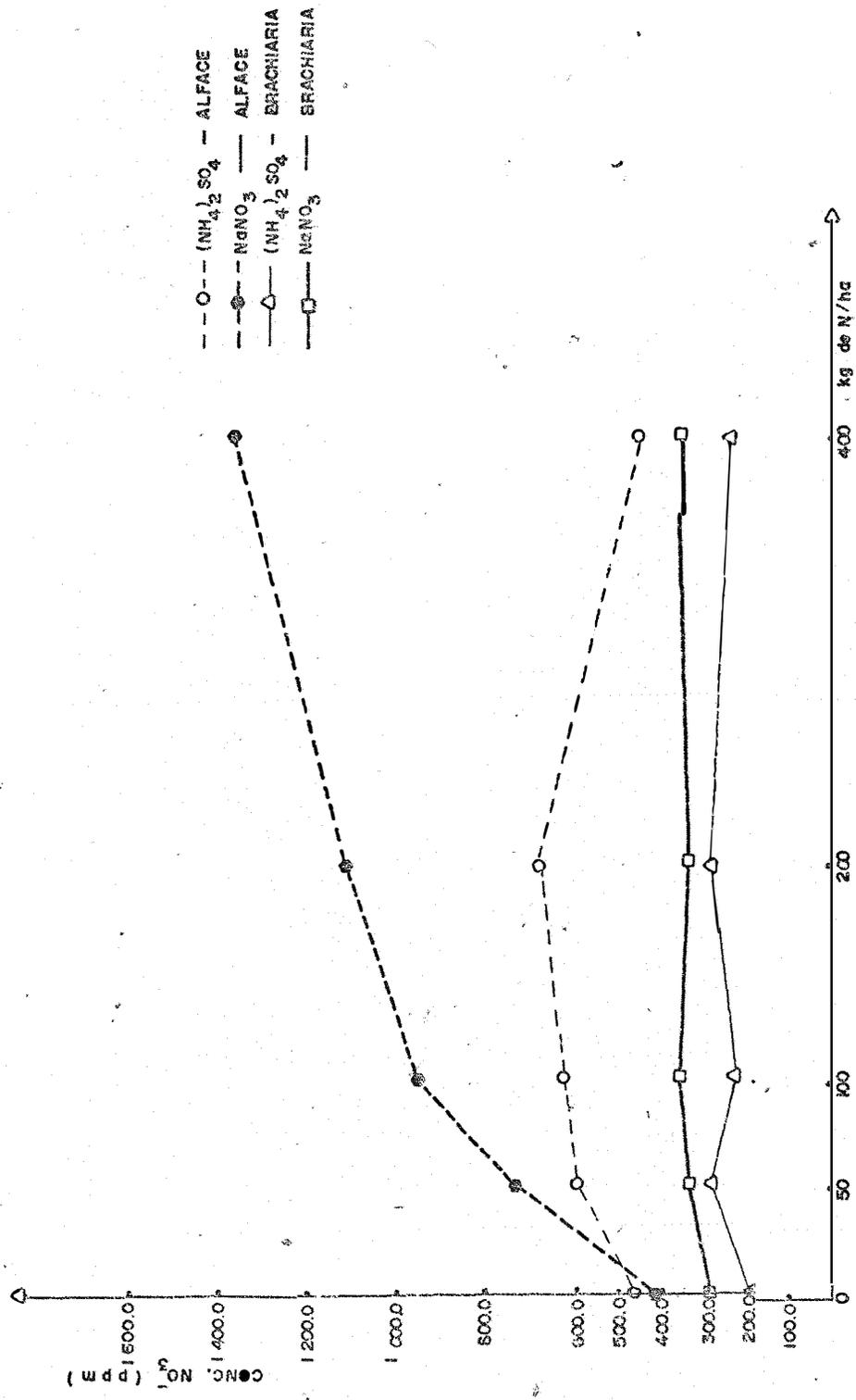


FIG. 14 - CONCENTRAÇÕES DE NITRATO (PPM) NA MASSA SECA DE BRACHIARIA E ALFACE

### 5.5. Efeito da Aplicação de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ no Solo a Diferentes Profundidades.

As concentrações médias de nitrato e amônio no solo (ppm) em 4 profundidades (cm) para as culturas de soja, vigna, brachiaria e alface encontram-se nas tabelas 27, 29, 31 e 33.

Estas concentrações foram convertidas em kg/ha nas duas fontes de nitrogênio para cada cultura podendo ser vistas nas Tabelas 28, 30, 32 e 34.

Os resultados das análises de variância estão nas Tabelas 20 e 21. Observa-se uma significância ao nível de 1% para as variações entre os tratamentos e profundidades em função das concentrações de  $NO_3^-$  e  $NH_4^+$  no solo.

A análise dos efeitos entre repetições para as concentrações de  $NO_3^-$  e  $NH_4^+$  no solo revelou uma significância aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. Tudo indica que estas variações se devem ao fato dos blocos 1, 2 e 3 terem sido cultivados com a fonte nítrica e os blocos 4, 5 e 6, com a fonte amoniacal.

O teste F para tratamentos nítricos x profundidades não foi significativo e para os tratamentos amoniacais x profundidades foi significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tendo em vista um número relativamente grande de amostras de solo (480 para as 4 profundidades), resolveu-se fazer uma média geral das concentrações de nitrato e amônio do solo com a preocupação de que ela possa representar uma melhor estimativa da situação, uma vez que houve muitas variações nos dados, o que pode ser observado nas Tabelas citadas. Aliás, como frisa BREMNER (1965), o seu método apresenta algumas limitações, como possíveis interferências de constituintes orgânicos e inorgânicos do solo, além da falta de sensibilidade a extratos turvos.

As médias gerais das concentrações de  $NO_3^-$  e  $NH_4^+$  no solo (ppm) a diferentes profundidades (cm) sob as 4

TABELA 20 - Valores de F, C.V. e G.L. das análises de variância para concentrações (ppm) de nitrato e amônio no solo.

Fontes de Variação	G.L.	Valores de F	
		Nitrato no Solo (ppm)	Amônio no Solo (ppm)
Plantas (Pl.)	3	69,28**	187,17**
Tratamentos (Trat's)	4	124,56**	96,14**
Profundidades (Prof.)	3	6,21**	392,45**
Repetições	5	4,36*	16,48**
Pl. x Trat's	12	11,82**	1,01NS
Pl. x Prof.	9	58,58**	24,89**
Trat's x Prof.	12	1,15NS	2,29**
Pl. x Trat's. x Prof.	36	2,94**	0,86NS
C.V. Plantas		90,44%	31,76%
C.V. Tratamentos		25,59%	17,20%
C.V. Profundidades		18,60%	15,01%

\* significativo ao nível de 5%

\*\* significativo ao nível de 1%

NS não significativo

TABELA 21 - Médias e D.M.S. das análises de variância para concentrações (ppm) de nitrato e amônio no solo.

Fontes de variação	Nitrato no solo (ppm)	Amônio no solo (ppm)
<u>Médias de Plantas</u>		
Soja	7,20	8,64
Vigna	6,12	7,40
Brachiaria	8,06	7,04
Alfaca	19,93	15,15
<u>Médias de Tratamentos</u>		
0 kg de N/ha	6,24	7,41
50 kg de N/ha	8,16	8,69
100 kg de N/ha	9,57	9,45
200 kg de N/ha	11,62	10,82
400 kg de N/ha	13,55	11,64
<u>Médias de Prof.</u>		
0 - 20 cm	9,69	12,65
20 - 40 cm	10,39	10,35
40 - 60 cm	9,84	8,73
60 - 80 cm	9,39	8,51
<u>Média Geral</u>	9,83	9,56
<u>D.M.S. (Tukey-5%)</u>		
Plantas	3,31	1,13
Tratamentos	1,02	0,66
Profundidades	0,81	0,48
Repetições	4,57	1,56

culturas, encontram-se na Tabela 22. Ao se fazer estas médias não se considerou os diferentes sistemas radiculares destas 4 culturas, como também a possibilidade de alguma delas fixarem simbioticamente o nitrogênio, apesar de que uma dose de 100 - kg de N/ha ou mais, inibe este processo.

Os dados da tabela 22 mostram que a concentração de  $\text{NO}_3^-$ , aumentou, com o aumento das doses de  $\text{NO}_3^-$  e da profundidade. Este fato concorda com os resultados encontrados por HALL (1924), SMITH (1928), AYRES e HAGIHARA (1963), WAGNER (1965), EIRA *et alii* (1968), SCHREVEN (1970), LUND *et alii* (1974), DEVITT *et alii* (1976); SHUFORD *et alii* (1977) e HOYT *et alii* (1977).

As doses de  $\text{NO}_3^-$  para cada profundidade mostraram variações significativas nos teores de  $\text{NO}_3^-$  (Tabela 22). Para a dose de 0 kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha nas 4 profundidades, os teores de  $\text{NO}_3^-$  encontrados foram respectivamente: 6,43; 7,00; 7,11 e 6,86 ppm e para a dose de 400 kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha também nas 4 profundidades, os teores de  $\text{NO}_3^-$  foram bem superiores, sendo: 14,33; 16,24; 17,45 e 18,03 ppm.

Para a mesma dose de N- $\text{NO}_3^-$ /ha nas 4 profundidades, não se observa grandes variações entre os teores de  $\text{NO}_3^-$ , exceto nas microparcelas que receberam as doses mais pesadas: 100, 200 e 400 kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha.

Os teores de  $\text{NO}_3^-$  no solo para a dose de 100 - kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha foram: 10,31; 11,28; 12,19 e 13,22 ppm, nas 4 profundidades (0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm), respectivamente.

Com o tratamento de 200 kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha foram: 13,34; 13,07; 14,79 e 14,60 ppm e, com a dose de 400 kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha foram: 14,33; 16,24; 17,45 e 18,03 ppm.

O menor teor de  $\text{NO}_3^-$  (6,43 ppm) foi obtido com a dose de 0 kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha na profundidade de 0-20 cm e o maior teor de  $\text{NO}_3^-$  (18,03 ppm), com a dose de 400 kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha na profundidade de 60-80 cm.

Para as doses de 0, 50, 100, 200 e 400 kg de N- $\text{NH}_4^+$ /ha em uma mesma profundidade, as diferenças encontradas entre os teores de  $\text{NO}_3^-$  foram significativas, todavia me

nores que àqueles teores encontrados no solo quando se aplicou as mesmas doses, porém com  $\text{N-NO}_3^-$ .

Observa-se ainda um aumento crescente do teor de  $\text{NO}_3^-$  até a profundidade de 40 cm em todas as doses de  $\text{N-NH}_4^+$  (Tabela 22).

O menor teor de  $\text{NO}_3^-$  (6,43 ppm) foi encontrado nas microparcelas que receberam a dose de 0 kg de  $\text{N-NH}_4^+$  / ha a uma profundidade de 0,20 cm e o maior teor de  $\text{NO}_3^-$  (9,02 ppm), com a dose de 400 kg de  $\text{N-NH}_4^+$  / ha na profundidade de 60-80 cm.

Por outro lado, os teores de  $\text{NH}_4^+$  / ha mostraram uma distribuição ao longo do perfil contrária à do  $\text{NO}_3^-$ , enquanto os maiores teores de  $\text{NO}_3^-$  foram encontrados na profundidade de 60-80 cm, os maiores teores de  $\text{NH}_4^+$  estavam na profundidade de 0-20 cm.

As doses de  $\text{NH}_4^+$  para cada profundidade mostraram variações significativas nos teores de  $\text{NH}_4^+$  (veja-se Tabela 22). Para a dose de 0 kg de  $\text{N-NH}_4^+$  / ha nas 4 profundidades, os teores de  $\text{NH}_4^+$  encontrados foram: 10,54; 9,05; 7,51 e 4,83 ppm e para a dose de 400 kg de  $\text{N-NH}_4^+$  / ha nas mesmas profundidades (0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm), os teores de  $\text{NH}_4^+$  foram bem superiores, sendo: 18,55; 14,96; 12,72 e 8,79 ppm.

Para uma mesma dose de  $\text{N-NH}_4^+$  / ha nas 4 profundidades, as variações entre os teores de  $\text{NH}_4^+$  foram significativas.

O menor teor de  $\text{NH}_4^+$  (4,83 ppm) foi encontrado na profundidade de 60-80 cm que recebeu a dose de 0 kg de  $\text{N-NH}_4^+$  / ha e o maior teor de  $\text{NH}_4^+$  (18,55 ppm), na profundidade de 0-20 cm quando se aplicou 400 kg de  $\text{N-NH}_4^+$  / ha.

Os valores encontrados para  $\text{NH}_4^+$  nas profundidades estudadas, mostraram decréscimos nos teores com o aumento das profundidades. Este fato também foi observado por ROCHA LEAL e ALVAHYDO (1971).

O fato do  $\text{NH}_4^+$  concentrar-se nas camadas superficiais do solo, possivelmente seja explicado em parte pelos altos teores de argila e matéria orgânica existentes neste solo (veja-se Tabela 3).

Nas microparcelas cultivadas com as doses de  $\text{N-NO}_3^-$ , foram encontrados teores de  $\text{NH}_4^+$ , possivelmente oriundos da mineralização do material orgânico do solo ou formado no próprio meio, uma vez que não existe a possibilidade do  $\text{NO}_3^-$  adicionado ao solo ser convertido a  $\text{NH}_4^+$ . Estes teores foram bem menores àqueles oriundos dos tratamentos com  $\text{N-NH}_4^+$ , porém as suas distribuições nas profundidades estudadas foram semelhantes.

O menor teor de  $\text{NH}_4^+$  (4,76 ppm) foi encontrado à profundidade de 60-80 cm nas microparcelas que receberam 0 kg de  $\text{N-NO}_3^-$ /ha e o maior teor de  $\text{NH}_4^+$  (12,26 ppm), com a dose de 400 kg de  $\text{N-NO}_3^-$ /ha a uma profundidade de 0-20 cm.

Os teores de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  mostrados na Tabela 22 estão representados graficamente nas figuras 15 a 18.

Na Tabela 23 estão as médias gerais de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  subtraídas das respectivas testemunhas o que facilita a compreensão do comportamento destes dois íons em função das doses de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  e, das profundidades estudadas.

Nesta Tabela, se observa uma maior "lixiviação" do íon  $\text{NO}_3^-$  ao  $\text{NH}_4^+$ , como também os teores de  $\text{NO}_3^-$  oriundos das doses de  $\text{NO}_3^-$  terem sido maiores que os teores de  $\text{NH}_4^+$  advindos das doses de  $\text{NH}_4^+$ . Possivelmente, tenha ocorrido uma nitrificação (conversão de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$ ) parcial do amônio adicionado ao solo. Esta hipótese se baseia nos aumentos dos teores de  $\text{NO}_3^-$  ocorridos quando se aumentou o fornecimento de  $\text{N-NH}_4^+$  (Tabela 23).

Ainda, nesta Tabela pode-se observar que os teores de  $\text{NO}_3^-$  provenientes das doses de  $\text{NH}_4^+$  não aumentaram até a profundidade de 60-80 cm, possivelmente porque a quantidade de  $\text{NH}_4^+$  nitrificado na camada arável (0-20 cm) não tenha sido suficiente para promover uma "lixiviação", até aquela profundidade ou por outro lado, nas profundidades abaixo de 40 cm não existe altos teores de  $\text{NH}_4^+$ , população satisfatória de microorganismos, aeração e energia necessários ao desenvolvimento do processo de nitrificação.

Os teores de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  mostrados na Tabela -

23, foram convertidos em porcentagens e se encontram na Tabela 24. Estas porcentagens foram calculadas a partir dos valores da coluna B da Tabela 22 aos quais atribuiu-se o valor 100%, obtendo-se constantes que foram multiplicadas pelos teores de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  da Tabela 23.

Os valores da Tabela 24 mostram que as maiores porcentagens de  $\text{NO}_3^-$  "lixiviadas" nas microparcelas que receberam as doses de  $\text{NO}_3^-$  encontram-se crescentes de 40 para 80 cm de profundidade. As porcentagens de  $\text{NO}_3^-$  encontradas entre a profundidade de 0 a 40 cm não sofreram muitas variações.

Se a expressão "lixiviação do  $\text{NO}_3^-$ " puder ser usada a partir da superfície do solo, os dados das Tabelas 22, 23 e 24 e as curvas representativas da figura 15, mostram que as maiores lixiviações ocorreram quando se aplicou as doses mais pesadas de nitrogênio (100, 200 e 400 kg de  $\text{N-NO}_3^-$ /ha). A dose de 50 kg de  $\text{N-NO}_3^-$ /ha aumentou os teores de  $\text{NO}_3^-$  até a profundidade de 40 cm e não houve variação nos teores de  $\text{NO}_3^-$  em função da profundidade com a dose de 0 kg de  $\text{N-NO}_3^-$ /ha.

Na Tabela 25, as quantidades de  $\text{NO}_3^-$  em kg/ha (3a. coluna), foram calculadas a partir dos dados (ppm de  $\text{NO}_3^-$  na profundidade de 60-80 cm) da 6a. coluna da Tabela 23, considerando nos cálculos uma profundidade de 20 cm e uma densidade de 1,2.

Na 4a. coluna, as quantidades de  $\text{NO}_3^-$ /ha foram convertidas em kg de N ( $\text{NO}_3^-$ )/ha e na 5a. coluna, estão as porcentagens de N( $\text{NO}_3^-$ ) que foram calculadas a partir de um valor 100 para cada uma das doses de fertilizantes aplicadas. Por outro lado, se a expressão "lixiviação do  $\text{NO}_3^-$ " for considerada abaixo da zona radicular das culturas, neste caso, abaixo de 60 cm de profundidade, pode-se verificar pelos dados da Tabela 25 que as maiores porcentagens de  $\text{NO}_3^-$  "lixiviadas" (3,45 e 0,74%) ocorreram com as doses de 100 kg de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$ /ha, embora as quantidades de  $\text{NO}_3^-$  lixiviadas tenham aumentado com as doses, sendo de: 1,25; 3,45; 4,20 e 6,06 kg de N( $\text{NO}_3^-$ )/ha (para as doses de  $\text{NO}_3^-$ ) e 0,36; 0,74 ;

1,42 e 2,44 kg de N ( $\text{NO}_3^-$ )/ha (para as doses de  $\text{NH}_4^+$ ).

Na Tabela 27 estão as quantidades de nitrogênio no solo em kg de N/ha (3a. coluna), calculadas a partir das concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  da Tabela 22. Na 4a. coluna, - estão as quantidades de N-inorgânico efetivamente existentes no solo (N oriundo dos fertilizantes) e, na 5a. coluna, as - quantidades de N-inorgânico exportadas do solo (N absorvido pelas culturas + N perdido do solo pelas várias formas).

Pelas quantidades encontradas de N-total nas - culturas e N-inorgânico no solo, pode-se admitir que a maior parte do nitrogênio adicionado como adubo, tenha sido apro - veitado pelas culturas, se bem que existe a possibilidade da soja, vigna e brachiaria terem fixado simbioticamente o ni - trogênio atmosférico quando cultivadas com a menor dose ( 50 kg de N/ha) ou talvez uma pequena fixação com as doses pasa - das (100, 200 e 400 kg de N/ha).

Entretanto, uma vez que os teores de  $\text{NO}_3^-$  au - mentaram com o aumento da profundidade, torna-se prático ad - mitir que parte das quantidades de N( $\text{NO}_3^-$ ) perdidas do so - lo nas várias formas possam ter alcançado profundidades maio - res de 80 cm.

TABELA 22 - Médias das concentrações de nitrato e amônio no solo (ppm) e diferentes profundidades (cm).

Fontes	Tratamentos (kg de N/ha)	ppm de $\text{NO}_3^-$										ppm de $\text{NH}_4^+$			
		Profundidades (cm)					Profundidades (cm)					Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	A(0-80)	B	0-20	20-40	40-60	60-80	C(0-80)	D		
$\text{NaNO}_3$	0	6,43	7,00	7,11	6,86	27,40	-	9,80	6,93	5,78	4,76	27,27	-		
	50	9,04	10,10	9,70	9,17	38,01	10,61	9,95	7,80	7,48	5,68	30,91	3,64		
	100	10,31	11,28	12,19	13,22	47,00	19,60	10,78	8,54	7,86	6,65	33,23	5,96		
	200	13,34	13,07	14,79	14,60	55,80	28,40	11,28	9,72	8,66	6,62	36,28	9,01		
	400	14,33	16,24	17,45	18,03	66,05	38,65	12,26	10,59	8,65	6,53	38,03	10,76		
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	6,43	6,53	5,01	4,53	22,50	-	10,54	9,05	7,51	4,83	31,93	-		
	50	7,63	7,65	6,67	5,20	27,35	4,85	12,95	10,72	8,23	8,48	38,38	6,45		
	100	7,76	8,59	7,30	5,89	29,54	7,04	14,35	11,45	9,38	9,65	44,83	12,90		
	200	10,29	11,57	8,20	7,15	37,21	14,71	16,09	13,50	10,99	8,06	48,64	16,71		
	400	11,36	11,65	10,07	9,02	42,10	19,60	18,55	14,96	12,72	8,79	55,02	23,09		

- A = Somatória de  $\text{NO}_3^-$  ao longo do perfil
- B = Tratamentos (50, 100, 200 e 400 kg de  $\text{N-NO}_3^-/\text{ha}$ ) - Testemunha (0)
- C = Somatória de  $\text{NH}_4^+$  ao longo do perfil
- D = Tratamentos (50, 100, 200 e 400 kg de  $\text{N-NH}_4^+/\text{ha}$ ) - Testemunha (0)

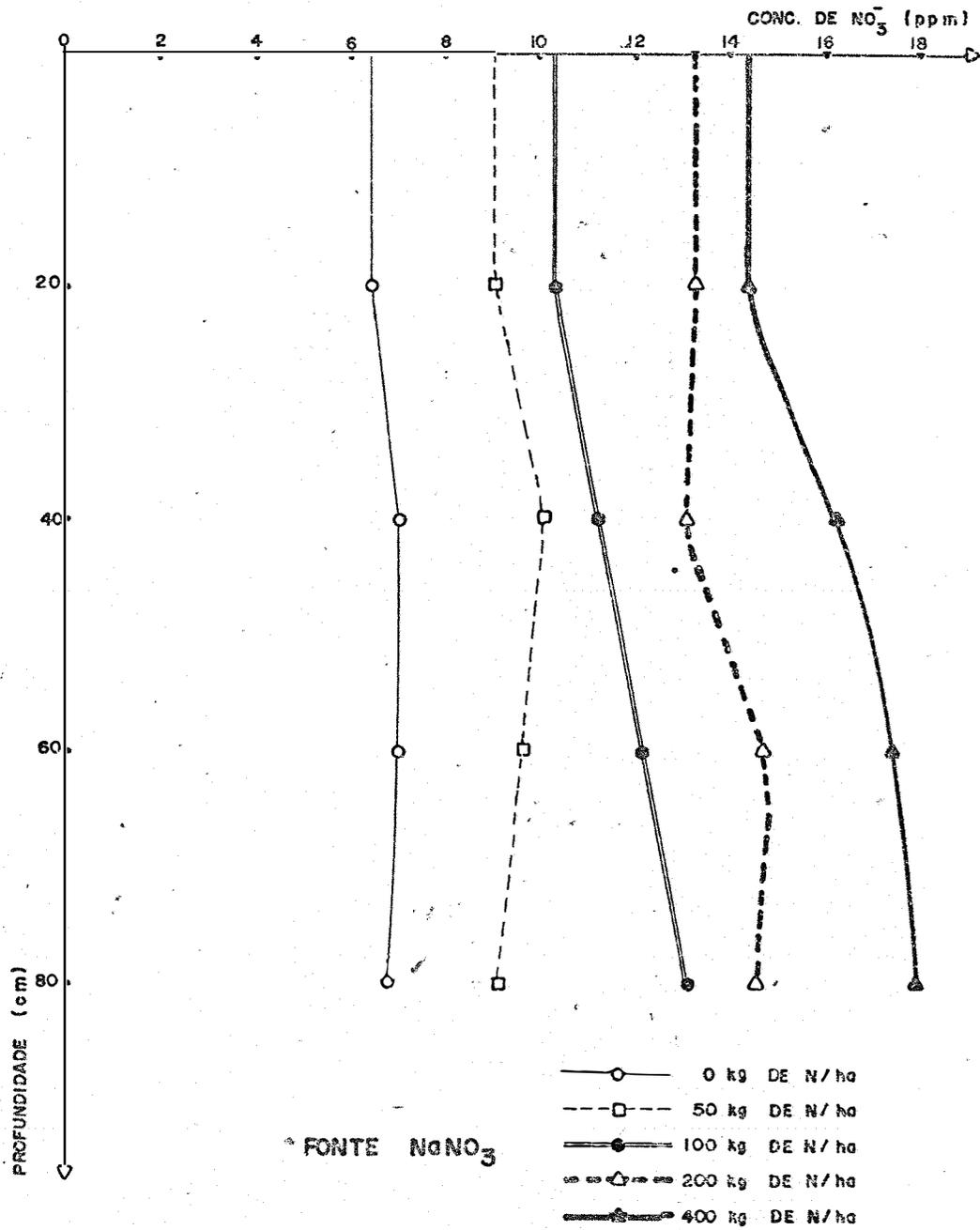


FIG. 15 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE NO<sub>3</sub><sup>-</sup> NO SOLO (ppm) EM 4 PROFUNDIDADES

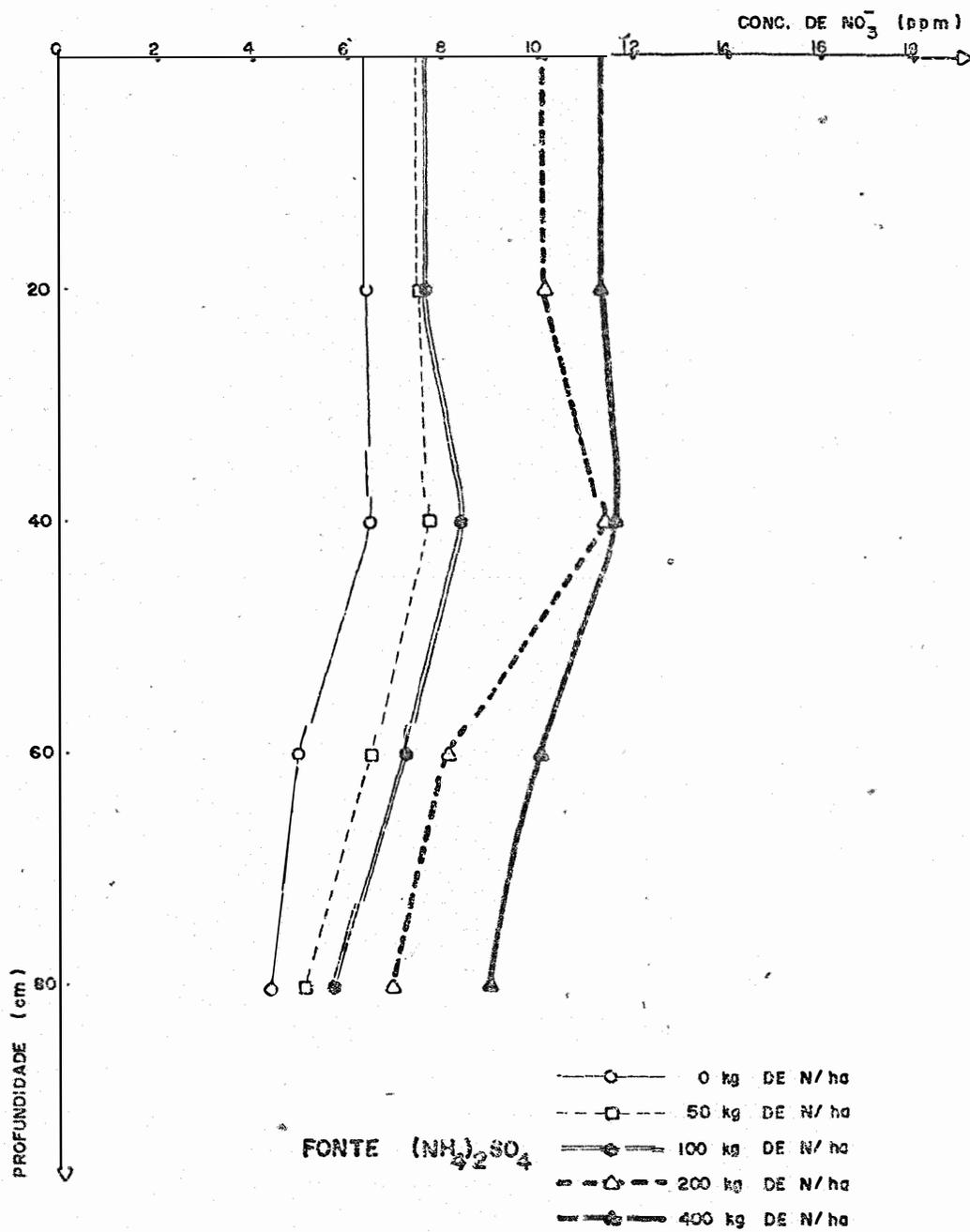


FIG. 16 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE NO<sub>3</sub><sup>-</sup> NO SOLO (ppm) EM 4 PROFUNDIDADES

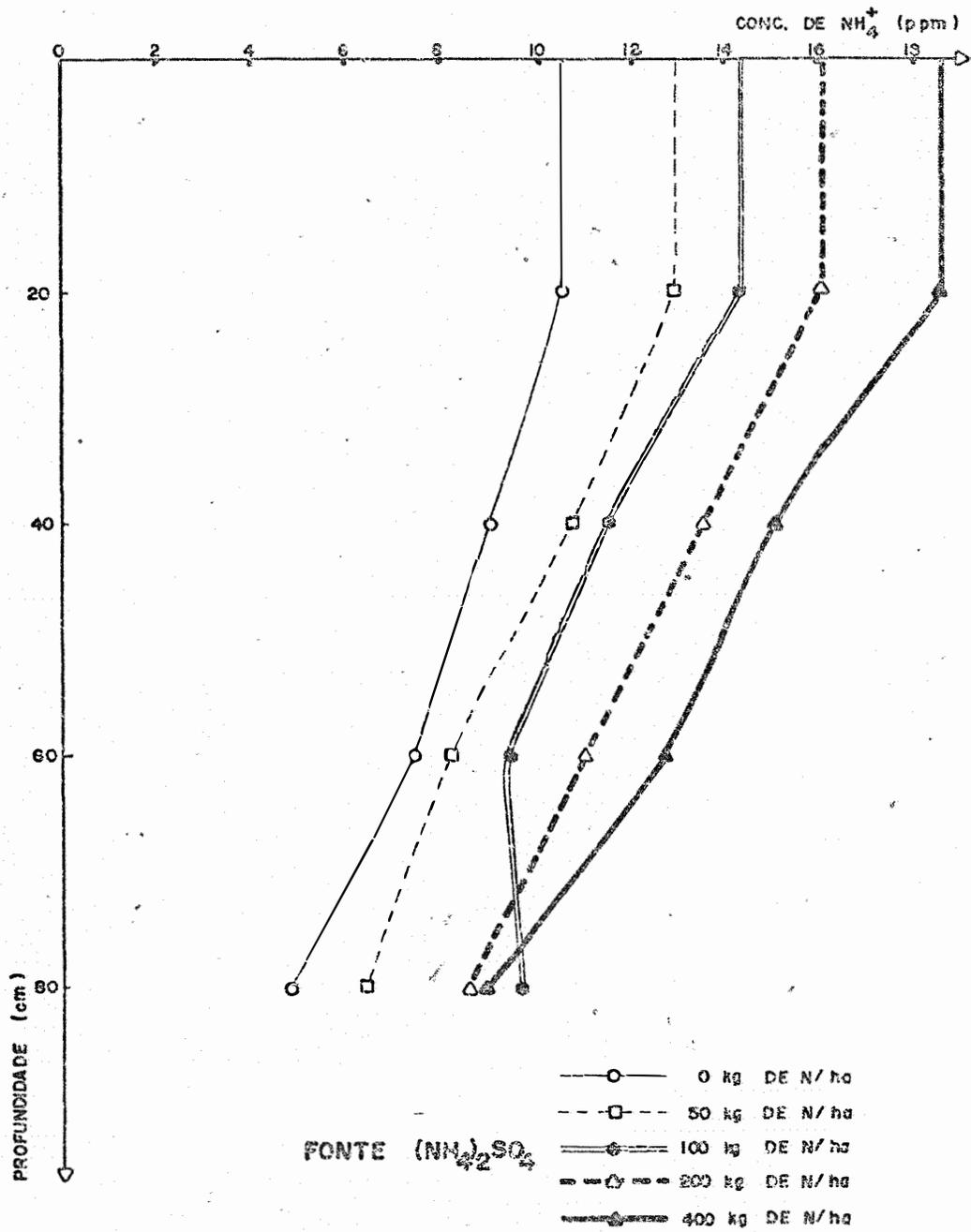


FIG. 17 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE NH<sub>4</sub><sup>+</sup> NO SOLO (ppm) EM 4 PROFUNDIDADES

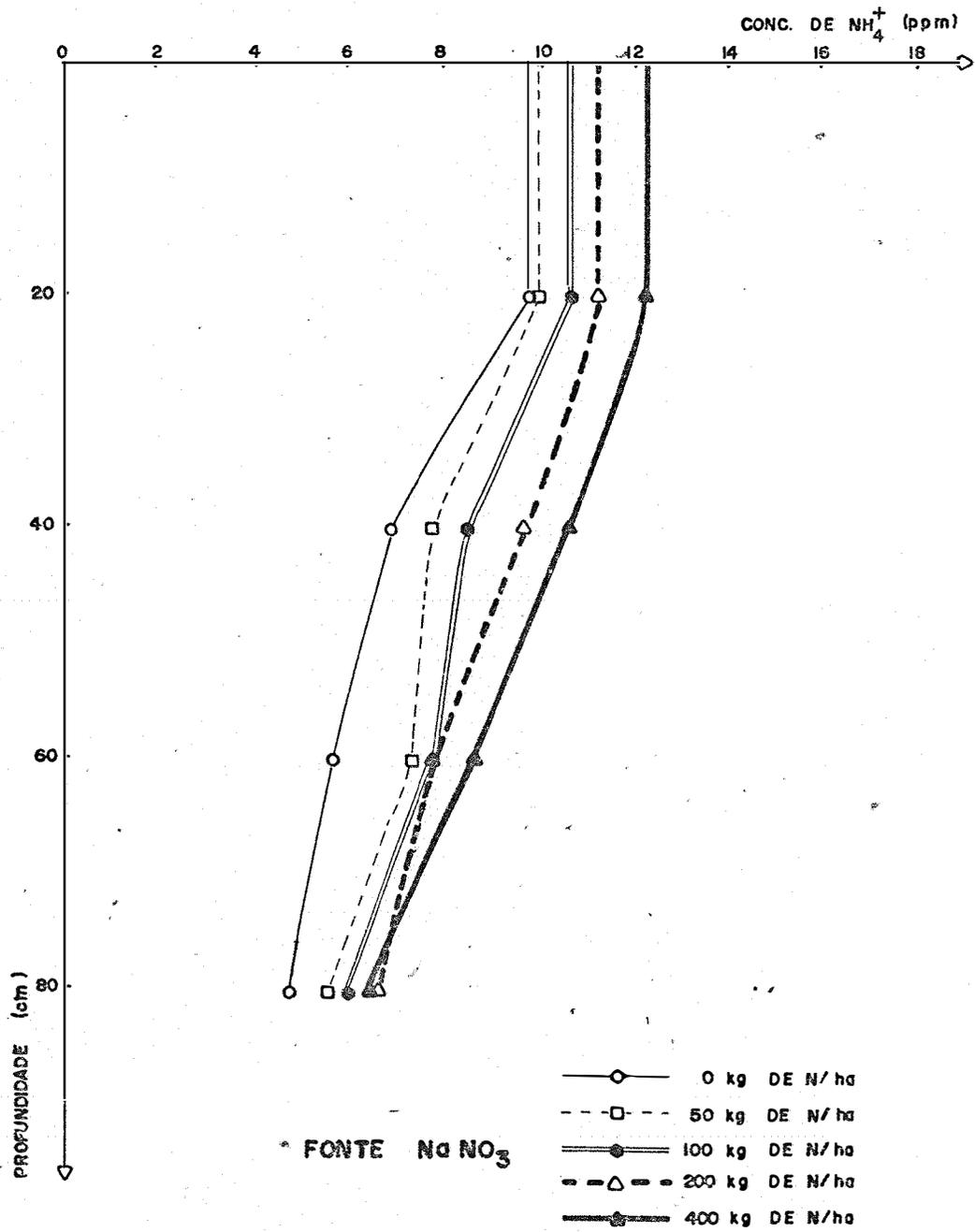


FIG 18 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE  $\text{NH}_4^+$  NO SOLO (ppm) EM 4 PROFUNDIDADES

TABELA 23 - Médias das concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  no solo (ppm) menos testemunhas, a diferentes profundidades (cm).

Fontes	Tratamentos (kg de N/ha)	ppm de $\text{NO}_3^-$				ppm de $\text{NH}_4^+$			
		Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
$\text{NaNO}_3$	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	2,61	3,10	2,59	2,31	0,15	0,87	1,70	0,92
	100	3,88	4,28	5,08	6,36	0,98	1,61	2,08	1,89
	200	6,91	6,07	7,68	7,74	1,48	2,79	2,88	1,86
	400	7,90	9,24	10,34	11,17	2,46	3,66	2,87	1,77
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	1,20	1,32	1,66	0,67	2,41	1,67	0,72	1,65
	100	1,33	2,06	2,29	1,36	3,81	2,40	1,87	4,82
	200	3,86	5,04	3,19	2,62	5,55	4,45	3,48	3,23
	400	4,93	5,12	5,06	4,49	8,01	5,91	5,21	3,96

TABELA 24 - Porcentagens de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  menos testemunha, a diferentes profundidades (cm).

Fontes	Tratamentos (kg de N/ha)	Porcentagem de $\text{NO}_3^-$					Porcentagem de $\text{NH}_4^+$						
		Profundidades (cm) <sup>+</sup>					Profundidades (cm)						
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80				
$\text{NaNO}_3$	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	24,60	29,22	24,41	21,77	4,12	23,90	46,70	25,27				
	100	19,79	21,84	25,92	32,45	16,44	27,01	34,90	31,71				
	200	24,33	21,37	27,04	27,25	16,43	30,97	31,96	20,64				
	400	20,44	23,90	26,75	28,90	22,86	34,02	26,67	16,45				
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	24,74	27,21	34,22	13,81	37,36	25,89	11,16	25,58				
	100	18,89	29,26	32,53	19,32	29,53	18,60	14,50	37,36				
	200	26,24	34,26	21,68	17,81	33,21	26,63	20,82	19,33				
	400	25,15	26,12	25,82	22,91	34,69	25,60	22,56	17,15				

TABELA 25 - Nitrogênio "lixiviado" em kg/ha e porcentagem.

Fontes	Tratamentos (kg de N/ha)	kg de nitrato/ha à profundidade de 60-80 cm	kg.de N (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )/ha à profundidade de 60-80 cm	Porcentagem de N(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
NaNO <sub>3</sub>	0	-	-	-
	50	5,54	1,25	2,50
	100	15,26	3,45	3,45
	200	18,58	4,20	2,10
	400	26,81	6,06	1,51
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	-	-	-
	50	1,61	0,36	0,72
	100	3,26	0,74	0,74
	200	6,29	1,42	0,71
	400	10,78	2,44	0,61

TABELA 26 - Quantidades de nitrogênio no solo em kg de N/ha.

Fontes	Tratamentos (kg de N/ha)	N-inorgânico encon- trado no solo (kg de N/ha)	(N-inorgânico no solo - testemunhas) (kg de N/ha)	N - disponível do fertilizante às 4 culturas(kg de N/ha)
NaNO <sub>3</sub>	0	65,91	-	-
	50	73,22	7,31	42,69
	100	87,70	21,79	78,21
	200	98,18	32,27	167,73
	400	107,01	41,10	358,90
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	71,98	-	-
	50	86,68	14,70	35,30
	100	99,94	27,96	72,04
	200	111,23	39,25	160,75
	400	125,83	53,85	346,15

TABELA 27 - Teores de nitrato e amônio no solo (ppm) em 4 profundidades (cm) para a cultura da soja (média de 3 repetições).

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	ppm de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				ppm de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
		Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
NaNO <sub>3</sub>	0	3,54	3,53	3,97	4,85	7,73	5,57	6,08	5,57
	50	5,15	4,45	6,16	9,63	8,59	6,09	8,44	7,76
	100	5,56	5,13	6,33	13,43	8,37	8,36	8,25	7,62
	200	7,33	6,47	13,11	15,96	8,33	8,79	9,00	7,61
	400	7,83	7,89	15,56	21,58	10,07	9,52	8,11	7,09
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	5,49	4,85	4,05	3,21	10,71	8,03	6,84	3,32
	50	6,17	5,61	6,08	4,31	11,97	9,45	6,25	5,83
	100	5,84	6,37	6,77	4,63	13,07	9,87	7,61	5,64
	200	6,93	6,71	7,21	5,84	16,51	11,88	9,15	6,15
	400	8,69	7,16	8,21	6,92	16,43	12,75	10,57	6,39

TABELA 28 - Quantidades de nitrato e amônio no solo (kg/ha) em 4 profundidades (cm) para a cultura da soja (média de 3 repetições).

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	kg de $\text{NO}_3^-$ /ha				kg de $\text{NH}_4^+$ /ha			
		Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
$\text{NaN}_3$	0	8,50	8,47	9,53	11,64	18,55	13,37	14,59	13,37
	50	12,36	10,68	14,78	23,11	20,62	14,62	20,26	18,62
	100	13,34	12,31	15,19	32,23	20,09	20,06	19,80	18,29
	200	17,60	15,53	31,46	38,30	19,99	21,10	21,60	18,26
	400	18,79	18,94	37,34	51,74	24,17	22,85	19,46	17,02
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	13,18	11,64	9,72	7,70	25,70	19,27	16,42	7,97
	50	14,81	13,46	14,58	10,34	28,73	22,68	15,00	13,99
	100	14,02	15,29	16,25	11,11	31,37	23,69	18,26	13,54
	200	16,63	16,10	17,30	14,02	39,62	28,51	21,96	14,76
	400	20,86	17,18	19,70	16,61	39,43	30,60	25,37	15,34

TABELA 29 - Teores de nitrato e amônio no solo (ppm) em 4 profundidades (cm) para a cultura de vigna (média de 3 repetições).

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	ppm de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				ppm de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
		Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
NaNO <sub>3</sub>	0	3,91	3,63	4,23	4,47	7,77	5,40	3,20	2,97
	50	3,92	4,71	5,65	6,93	7,99	5,88	4,76	4,25
	100	4,95	5,83	6,84	8,19	8,58	5,31	5,52	4,81
	200	5,95	6,96	8,76	11,72	8,45	5,97	6,35	6,20
	400	6,95	9,00	11,65	14,69	8,45	6,79	6,51	5,73
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	3,79	3,95	3,39	3,55	6,01	5,93	5,32	4,05
	50	4,05	4,45	4,57	5,29	11,43	8,01	5,99	5,15
	100	4,72	5,21	5,25	5,44	13,76	8,03	6,88	6,17
	200	5,98	5,83	6,27	6,48	13,44	12,45	9,76	5,83
	400	6,17	6,31	7,08	8,09	15,27	12,64	11,25	7,60

TABELA 30 - Quantidades de nitrato e amônio no solo (kg/ha) em 4 profundidades (cm) para a cultura de vigna (média de 3 repetições).

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	kg de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha				kg de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /ha			
		Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
NaNO <sub>3</sub>	0	9,38	8,71	10,15	10,73	18,65	12,96	7,68	7,13
	50	9,41	11,30	13,56	16,63	19,18	14,11	11,42	10,20
	100	11,88	14,00	16,42	19,66	20,59	12,74	13,25	11,54
	200	14,28	16,70	21,02	28,13	20,28	14,33	15,24	14,88
	400	16,68	21,60	27,96	35,26	20,28	16,30	15,62	13,75
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	9,10	9,48	8,14	8,52	14,42	14,23	12,77	9,72
	50	9,72	10,68	10,97	12,70	27,43	19,22	14,38	12,36
	100	11,33	12,50	12,60	13,06	33,02	19,27	16,51	14,81
	200	14,35	14,00	15,05	15,55	32,26	29,88	23,42	14,00
	400	14,81	15,14	17,00	19,42	36,45	10,34	27,00	18,24

TABELA 31 - Teores de nitrato e amônio no solo (ppm) em 4 profundidades (cm) para a cultura de brachiaria (média de 3 repetições).

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	ppm de $\text{NO}_3^-$				ppm de $\text{NH}_4^+$			
		Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
$\text{NaNO}_3$	0	3,55	4,05	4,53	4,55	7,53	4,80	3,44	2,41
	50	5,83	6,08	6,41	5,81	6,95	7,07	6,28	3,48
	100	6,67	7,19	7,88	8,59	7,89	8,31	5,79	3,92
	200	7,00	8,28	7,93	8,51	9,15	7,59	5,68	4,77
	400	7,75	9,80	9,65	11,15	9,39	8,40	5,85	5,28
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	3,68	3,79	3,95	3,95	5,93	4,97	4,75	3,07
	50	4,03	3,96	4,9	3,85	7,79	6,59	6,01	4,76
	100	3,93	4,15	5,05	4,47	9,64	7,77	6,93	6,52
	200	5,69	5,92	5,47	5,32	11,64	8,87	8,28	7,35
	400	6,63	7,17	7,84	7,67	17,01	11,48	10,96	7,35

TABELA 32 - Quantidades de nitrato e amônio no solo (kg/ha) em 4 profundidades (cm) para a cultura de brachiaria (média de 3 repetições).

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	kg de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /ha				kg de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /ha			
		Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
NaNO <sub>3</sub>	0	8,52	9,72	10,87	10,92	18,07	11,52	8,26	5,78
	50	13,99	14,59	15,38	13,94	16,68	16,97	15,07	8,35
	100	16,01	17,26	18,91	20,62	18,94	19,94	13,90	9,41
	200	16,80	19,87	19,03	20,42	21,96	18,22	13,63	11,45
	400	18,60	23,52	23,16	26,76	22,54	20,16	14,04	12,67
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	8,83	9,10	9,48	9,48	14,23	11,93	11,40	7,37
	50	9,67	9,50	11,76	9,24	18,70	15,82	14,42	11,42
	100	9,43	9,96	12,12	10,73	23,14	18,65	16,63	15,65
	200	13,66	14,21	13,13	12,77	27,94	21,29	19,87	17,64
	400	15,91	17,21	18,82	18,41	40,82	27,55	26,30	17,64

TABELA 33 - Teores de nitrato e amônio no solo (ppm) em 4 profundidades (cm) para a cultura da alface (média de 3 repetições).

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	ppm de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				ppm de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>			
		Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
NaNO <sub>3</sub>	0	14,72	16,79	15,71	13,57	16,17	11,96	10,40	8,11
	50	21,28	25,15	20,56	14,31	16,28	12,95	10,43	7,25
	100	24,07	26,96	27,71	22,67	16,27	12,20	11,88	7,85
	200	33,08	30,57	29,35	22,21	19,19	16,55	13,63	7,92
	400	34,79	38,27	32,96	25,80	21,12	17,64	14,13	8,01
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	12,77	13,53	8,67	7,43	19,51	17,29	13,13	8,89
	50	16,29	17,39	11,12	7,35	20,60	18,84	14,68	10,17
	100	16,55	18,65	12,13	9,04	20,93	20,13	16,11	20,28
	200	22,57	27,81	13,84	10,97	22,77	20,80	16,79	12,91
	400	23,97	25,96	17,15	13,40	25,48	22,99	18,11	13,84

TABELA 34 - Quantidades de nitrato e amônio no solo (kg/ha) em 4 profundidades (cm) para a cultura da alface (média de 3 repetições).

Adubos	Tratamentos (kg de N/ha)	kg de $\text{NO}_3^-$ /ha				kg de $\text{NH}_4^+$ /ha			
		Profundidades (cm)				Profundidades (cm)			
		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
$\text{NaNO}_3$	0	35,33	40,30	37,70	32,57	38,81	28,70	24,96	19,46
	50	51,07	60,36	49,34	34,34	39,07	31,08	25,03	17,40
	100	57,77	64,70	66,50	54,41	43,85	29,28	28,51	18,84
	200	79,39	73,37	70,44	53,30	46,06	39,72	32,71*	19,01
	400	83,50	91,85	79,10	61,92	50,69	42,34	33,91	19,22
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	30,65	32,47	20,81	17,83	46,82	41,50	31,51	21,34
	50	39,10	41,74	26,69	17,64	49,44	45,22	35,23	24,41
	100	39,72	44,76	29,11	21,70	50,23	48,31	38,66	48,67
	200	54,17	66,74	33,22	26,33	54,65	49,92	40,30	30,98
	400	57,53	62,30	41,16	32,16	61,15	55,18	43,46	33,22

---

## 6. CONCLUSÕES

---

As conclusões a que se pode chegar, nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, foram:

- De um modo geral, a soja, vigna, capim brachiaria e alface cultivadas com a forma nítrica desenvolveram-se bem melhor, apresentando maiores produções de massa verde e seca quando comparadas com as mesmas doses de sulfato de amônio. Por outro lado, faz-se exceção ao capim brachiaria que apresentou maior incremento em massa verde e seca quando recebeu 100 kg de N/ha, respondendo indiferentemente as duas formas aplicadas.

- As culturas que apresentaram maiores atividades enzimáticas foram as que receberam tratamentos nítricos.

- As microparcelas adubadas com a fonte amoniacal, além de apresentarem menores atividades enzimáticas que a forma nítrica em todos os tratamentos, sobressai o efeito inibidor do  $\text{NH}_4^+$  quando aplicou-se as doses de 200 e 400 kg de N/ha.

- A concentração de N-total na massa seca de todas as culturas aumentou praticamente em todos os tratamentos independente da fonte de nitrogênio aplicada. Exceção ao capim brachiaria que 100 kg de N/ha na forma amoniacal forneceu o maior incremento na massa seca.

- A soja e vigna apresentaram maiores teores de N-total nos grãos que na massa seca, indicando possivelmente uma redistribuição do nitrogênio da parte aérea para os grãos devido o declínio dos órgãos vegetativos após atingirem a sua maturidade.

- No geral, a forma nítrica no solo levou as culturas a uma acumulação de  $\text{NO}_3^-$  na massa seca e grãos evidenciando maiores teores na massa seca da vigna e alface e, nos grãos da vigna.

- Altas concentrações de  $\text{NO}_3^-$  encontradas na massa seca da alface e da brachiaria e, grãos da vigna podem ser prejudiciais aos seres vivos, pois ultrapassam os limites de segurança.

- As altas concentrações de N-total,  $\text{NO}_3^-$  e atividades da redutase do nitrato encontradas na alface, caracterizam-na como planta tipicamente acumuladora de nitrogênio.

- No solo, os teores de  $\text{NO}_3^-$  aumentaram com o aumento da dose de nitrato e da profundidade, sendo que os teores mais altos encontrados estavam na profundidade de 60-80 cm, sendo: 2,31; 6,36; 7,74 e 11,17 ppm de  $\text{NO}_3^-$  para as doses de 50, 100, 200 e 400 kg de N ( $\text{NO}_3^-$ )/ha, respectivamente.

- As maiores oscilações entre os teores de  $\text{NO}_3^-$  ocorreram com as doses de 100, 200 e 400kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha para as quatro profundidades (0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm).

- Os teores de  $\text{NO}_3^-$  oriundos da nitrificação do  $\text{NH}_4^+$  aumentaram até a profundidade de 40 cm, sendo de: 1,32; 2,06; 5,04 e 5,12 ppm de  $\text{NO}_3^-$  para as doses de 50, 100, 200 e 400 kg de N- $\text{NO}_3^-$ /ha, respectivamente.

- Os teores mais altos de  $\text{NH}_4^+$  foram encontrados

dos na profundidade de 0-20 cm, sendo: 2,41; 3,81; 5,55 e 8,01 ppm de  $\text{NH}_4^+$  para as doses de 50, 100, 200 e 400 kg de N- $\text{NH}_4^+$ /ha, respectivamente.

- Houve uma menor "lixiviação" do íon  $\text{NH}_4^+$  em relação ao íon  $\text{NO}_3^-$  mesmo quando o solo recebeu as mais altas doses de N- $\text{NH}_4^+$ /ha.

---

## 7. SUMMARY

---

This work was carried out with the aim of studying, in field conditions, the effects of different levels nitrogen fertilizers in the nitric and ammonium forms. Yield of fresh and dry masses, activity of nitrate reductase, total and nitric concentrations of nitrogen in the vegetative parts of *Glycine max*, (L.) Merr., *Vigna unguiculata*, (L.) - Walp., *Brachiaria decumbens*, (L.) and *Lactuca sativa*, (L.), total and nitric concentrations of nitrogen in *G.max* and *V. unguiculata* grains, were the parameters selected to evaluate these effects. Soil samples were also taken at 4 different depths (0-20, 20-40, 40-60 and 60-80 cm), and nitrate and ammonium contents were determined for evaluating leaching extent in Textural B Terra Roxa.

Ammonium sulphate and sodium nitrate were the fertilizers applied as the ammonium and nitrate sources. Five rate of nitrogen in both forms were used: 0, 50, 100, 200 and 400 kg of N/ha.

Two periods of sampling were adopted: a) at 90 days, samples of soil and vegetative part of the plants were taken; b) at the end of the vegetative cycle, grains of *G. max* and *V. unguiculata* were taken. In general, the plants showed a better development, higher productions of fresh and dry masses, higher activity of nitrate reductase and nitrogen concentrations, with the applications  $N-NO_3^-$ .

The ammonium fertilizers behaved, within certain limits, as an inhibitor agent of the enzymatic activity, specially at the doses of 200 and 400 kg of N/ha.

All treatments increased the N-total of dry mass for all crops, presenting an increase in production, independent of N form applied, exception made to *B. decumbens*, in which 100 kg of N/ha in ammoniacal form, showed a better yield. It was observed higher N-total contents in the *G. max* and *V. unguiculata* grains than in the yield of dry masses.

In the treatments with high N dosages, there was a too high increase of nitrate in the vegetative part of *L. sativa* and *B. decumbens* and in the *V. unguiculata* grains, which was worrying, because these contents surpass the security limits for the health of human beings.

In the soil,  $NO_3^-$  increased as the depths and  $N-NO_3^-$ /ha dosages increased, specially in the doses of 100, 200 and 400 kg of  $N-NO_3^-$ /ha. The highest contents were found in depths of 60-80 cm, being: 2.31, 6.36, 7.74 and 11.17 ppm of  $NO_3^-$  for the doses of 50, 100, 200 and 400 kg of  $N-NO_3^-$ /ha, respectively.

The highest contents of  $NH_4^+$  were found in depths of 0-20 cm, being: 2.41, 3.81, 5.55 and 8.01 ppm of  $NH_4^+$  for doses of 50, 100, 200 and 400 kg of  $N-NH_4^+$ /ha, respectively.

It was observed a smaller leaching of the  $NH_4^+$  in relation to the  $NO_3^-$ , even when the soil received the highest doses of  $N-NH_4^+$ /ha.

---

8. LITERATURA CITADA

---

ALLISON, F.E.; J.H. DOETSCH e E.M. ROLLER, 1953. Availability of fixed ammonium in soils containing different clay minerals. Soil Sci. 75: 373-381.

ASLAM, M. e R.C. HUFFAKER, 1973. Effect of dcmu, simazine - and atrazine on nitrate reductase activity in Hordeum vulgare in vitro and in vivo. Plant Physiology, 28 : 137-141.

AYRES, A.S. e H.H. HAGIHARA, 1963. Alisimeter study of losses of nitrogen and potassium. Hawaiian Plant. Rec., 56: 255-275.

BANDURSKI, R.S., 1965. Biological reduction of sulfate and nitrate. In : BENNER, I. e E.E. VARNER, eds. Plant biochemistry. New York, Academic Press. p. 467-490

- BAR-AKIVA, A.; J.SAGIV e L. LESHEM, 1970. Nitrate reductase activity as indicator for assessing the nitrogen requirements of grass crops. J. Sci Food. Agric., 21: 405-407.
- BEEVERS, L. e R.H. HAGEMAN, 1969. Nitrate reduction in higher plants. Ann. Rev. of Plant Physiol., 20: 495-522.
- BEEVERS, L.; L.E. SHRADER; D. FLESHER e R.H. HAGEMAN, 1965. The role of light and nitrate in the induction of nitrate reductase in radish cotyledone and maize seedlings. Plant Physiology, 40 : 691-698.
- BLACK, C.A. 1968. Soil plant relationships. 2 ed. New York, John Willey. 792 p.
- BREMNER, J.M., 1965. Total nitrogen. In: BLACK, C.A., Ed. Methods of soil analysis. Madison, American Soc. of Agronomy. pte. 2 p. 1149-1178.
- COMLY, H.H., 1945. Human Hazards, In: HANWAY, J.J.; J.B. HERRICK; T.L. WILLRICH; P.C. BENNETT e J.T. McCALL, 1963. The nitrate problem. Ames, Iowa State University of Science and Technology. p 7 (Special Report, 34).
- COUTO, F.A.A. e A.A. BRANCO, 1963. Efeito de fontes de azoto na fertilização da alface. Olericultura, 3: 1-5.
- DEVITT, D.; J. LETEY; L.J. LUND e J.W. BLAIR, 1976. Nitrate nitrogen movement through soil as affected by soil profile characteristics. J. Environ. Quality, 5 (3): 283-288.
- EIRA, P.A. da; D.L. de ALMEIDA e R. ALVAHYDO, 1968. Movimento do íon nitrato, em solo da série Itaguaí, nas condições naturais de campo. Pesq. Agropec. bras., 3 : 267-273.
- EPSTEIN, E., 1975. Nutrição mineral das plantas: princípio e perspectivas. Trad. de E. Malavolta. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. Ed. da USP. 341 p.

- FALEIROS, R.R.S.; W. J. MELO; F. CARVALHO e A.T. MIRANDA NETO, 1975. Atividade da nitrato redutase e desenvolvimento de mudas de café (coffea arabica, L.). Científica, 3 (2) : 277-283.
- FEIGIN, A.; G. SHEARER; D. H. KOHL e B. COMMONER, 1974. The amount and nitrogen-15 content of nitrate in soil profiles from two Central Illinois fields in a corn-soybean rotation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38 : 465-471.
- FERNANDES, M.S. e L.R. FREIRE, 1976. Efeitos de nitrogênio-nítrico aplicado ao solo na atividade da nitrato redutase e na acumulação de nitrogênio solúvel em Brachiaria sp. Turrialba, 26 (3) : 268-273.
- FERNANDES, P.D.; G.D. de OLIVEIRA e H.P. HAAG, 1971. Nutrição mineral de hortaliças. XIV. Absorção de macronutrientes pela cultura da alface. O Solo, 63 (2) : 7-10.
- FRITH, G.J.T., 1972. Effect of ammonium nutrition on the activity of nitrate reductase in the roots of apple seedlings. Plant and Cell Physiology, 13: 1085-1090.
- GARDNER, W.R. 1965. Movement of nitrogen in soil. In: Soil Nitrogen, cap. 15, p. 555-572. (Agronomy, 10).
- GASSER, J.K. R., 1959. Soil nitrogen, IV. Transformations and movement of fertilizer nitrogen in a light soil. J. Food. Agr., 10: 1927-1997.
- GASSER, J.K. R., 1961. Transformation, leaching and uptake fertilizer nitrogen applied in autumn and spring to winter wheat on a heavy soil. J. Sci. Food. Agr., 12 : 375-380.
- HAAN, F.A. de e G.H. BOLT, 1963. Determination of anion adsorption by clays. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 27: 636-640.

- HAGEMAN, R.H. e D. FLESHER, 1960. Nitrate reductase activity in corn seedlings as affected by light and nitrate content of nutrient media. Plant Physiology., 35 : 700-708.
- HALL, T.D., 1924. Nitrification in some South African Soils. Part II. Soil Sci., 18 : 219-235.
- HANWAY, J.J.; J.B. HERRICK; T.L. WILLRICH; P.C. BENNETT e J. T. McCALL, 1963. The nitrate problem. Ames, Iowa State University of Science and Technology. 20 p. (Special Report, 34).
- HARPER, J.E. e R.H. HAGEMAN, 1972. Canopy and seasonal profiles of nitrate reductase in soybean, Glycine max, (L.) Merr. Plant Physiology, 49 : 146-154.
- HERRON, G.M.; G.L. TERMAN; A. F. DREIER e R.A. OLSON, 1968. Residual nitrate nitrogen in fertilized deep loess derived soil. Agron. J., 60 : 477-482.
- HOYT, G.D.; E. O. McLEAN; G.V. REDDY e T.J. LOGAN, 1977. Effects of soil, cover crop, and nutrient source on movement of soil, water, and nitrogen under simulated rain - slope conditions. J. Environ. Qual., 6 (3): 285-290.
- INGLE, J.; K.W. JOY e R.H. HAGEMAN, 1966. The regulation of activity of the enzima involved in the assimilation of nitrate by higher plants. Bioch. Jour., 100: 577-586.
- JOHNSON, C.M. e A. ULRICH, 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Calif. Agr. Exp. Sta. Bull., 765 : 25-78.
- KIRKBLV, E.A., 1968. Influence of ammonium and nitrate on the cation-anion and nitrogen and carbohydrate metabolism of white mustard plants grown in dilute nutrient solution. Soil Sci., 105: 133-141.

- KLEPPER, L.; D. FLESHER e R.H. HAGEMAN, 1971. Generation of reduced nicotinamide adenine dinucleotide for nitrate reduction in green leaves. Plant Physiol., 48: 580-590.
- KRANTZ, B.A.; A.J. OHLROGGE e G.D. SCARSETH, 1944. Movement of nitrogen in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 8: 189 - 195.
- LUH, B.S.; N. UKAI e J.I. CHUNG, 1973. Effects of nitrogen nutrition and day temperature on composition, color and nitrate in tomato fruit. J. Food Sci., 38: 29-32.
- LUND, L.J.; D.C. ADRIANO e P.F. PRATT, 1974. Nitrate concentrations in deep soil cores as related to soil profile characteristics. J. Environ. Quality, 3 (1): 77-82.
- MASCARENHAS, H.A.A., 1973. Acúmulo de matéria seca, e absorção de macro e micronutrientes, durante o ciclo vegetativo da soja. Campinas, Instituto Agronômico, 48 p. (Boletim Técnico, 6).
- MAYNARD, D.N.; A.V. BARKER; P.L. MINOTTI e N.H. PECK, 1976. Nitrate accumulation in vegetables. Advancds in Agronomy, 28 : 71-118.
- NEILSEN, G.H. e A.F. MacKENZIE, 1977. Soluble and sediment nitrogen losses as related to land use and type of soil in eastern Canada. J. Environ. Qual. 6 (3): 318-321.
- NOMMIK, H., 1965. Ammonium fixation and other reactions involving a nonezymatic immobilization of mineral nitrogen, in soil. In: Soil nitrogen, p. 200-251. (Agronomy, 10).
- PENMAN, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. Série A., 193:120 - 145.

- PENMAN, H.L., 1956. Estimating evaporation. Trans. Am. Geophys. Union., 37 : 43-46.
- PEREIRA, P.A.A.; J.F. W. Von BÜLOW e C.A. NEYRA, 1978. Atividade de nitrogenase, nitrato redutase e acumulação de nitrogênio em milho braquiético (Zea mays, L.) cv. Piranão, - em dois níveis de adubação nitrogenada. R. bras. Ci. Solo, 2 (1): 28-33.
- RALEIGH, G. J.; J.F. HARRINGTON; R. KUNKEI e W.E. CHAPPEL, 1947. Fertilizing 456 lettuce on muck soils. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 49: 275-276.
- RITENOUR, G.L.; K.W. JOY; J. BUNNING e R.H. HAGEMAN, 1967. In traceular localization of nitrate reductase, nitrite reductase and glutamic acid dehydrogenase in green leaf tissue. Plant Physiol., 42 : 233-237.
- ROCHA LEAL, J. e R. ALVAHYDO, 1971. Transformação e deslocamento do íon amônio em solo da série Itaguaí. Pesq. Agropec. bras., série Agron., 6 : 129-135.
- RYAN, M.; W.F. WEDIN e W.B. BRYAN, 1972. Nitrate-N levels of perennial grasses as affected by time and level of nitrogen application. Agron. J. , 64 : 165-168.
- SARAVIA, A.M. e NEPTUNE, A.M.L., 1976. Process of fixation, immobilization and mineralization of ammonium in soil using N-15. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 33 : 685-704.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ/USP, 56 p.
- SCARSBROOK, C.E., 1965. Nitrogen availability. In Soil Nitrogen. p. 486-501. (Agronomy, 10).

- SCHREVEN, D.A. Van, 1970. Leaching losses of nitrogen and potassium in polders reclaimed from Lake Ijssel. Plant and Soil, 33: 629-643.
- SIMÃO, S. 1959. Adubação nitrogenada da alface. Revista da Agricultura, 34 (1) : 71-76.
- SIMÃO, S., 1960. Adubação da alface. R. de Agricultura, 35 (1): 151-154.
- SMITH, J.B., 1928. Distribution of nitrates in three layers of fallow soil. Soil Sci., 26: 347-350.
- SPLITTSTOESSER, W.E.; J.S. VANDEMARK e S.M. A. KHAN, 1974. Influence of nitrogen fertilization upon protein and nitrate concentration in some vegetable. Crops. Hort. - Sci., 9 (2): 124-125.
- SUMMER, D.C.; W.E. MARTIN e H.S. ETCHEGARAY, 1965. Dry matter and protein yields and nitrate content of Piper sudan grass, Sorghum sudanense (Piper) Stapf., in response to nitrogen fertilization. Agron. J., 57: 351-354.
- VERDADE, F.C., 1951. Estudo da variabilidade dos nitratos - num solo tipo terra roxa-misturada. Bragantia, 11 (10 - 12): 269-276.
- VIETS, Jr., F.G., 1965. The plant's need for and use of nitrogen. In: Soil nitrogen, cap. 14, p. 503-548. (Agronomy, 10).
- VILLALOBOS, E. e J.F. CARVAJAL, 1977. La actividad de la redu tasa del nitrato como guia de la fertilization nitrogenada de cinco especie agrícolas. Agron. cost., 1 (1):57-63.
- WAGNER, G.H., 1965. Changes in nitrate nitrogen in field plot profiles as measured by the porous cup technique. Soil Sci., 100 : 397-402.

- WALTON, G. 1951. Survey of literature relating to infant methemoglobinemia due to nitrate-contaminated water. Amer. Jour. Pub. Health., 41 : 986-996.
- WEIR, B.L. ; K. N. PAULSON e O.A. LORENZ, 1972. The effect of ammoniacal nitrogen on lettuce, Lactuca sativa, L. and radish, Raphanus sativus L., plants. Soils Sci. Soc. Am. Proc., 36 (3) : 462-465.
- WETSELAAR, R., 1962. Nitrate distribution in tropical soils. III. Downward movement and acumulation of nitrate in the subsoil. Plant and Soil, 16: 19-31.
- WRIGHT, M.J. e K.L. DAVISON, 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. Advances in Agron. 16: 197-247.
- ZINK, F.W. e M. YAMAGUCHI, 1962. Studies on the growth rate an nutrient absortion of head lettuce: Hilgardia, 32 : 471-500.