

**EFEITOS DA FORMA, FONTE E PARCELAMENTO DO NITROGÊNIO  
(<sup>15</sup> N) NA CULTURA DO TRIGO (*Triticum aestivum* L.).**

**TAKASHI MURAOKA**  
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Otto J. Crocomo

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

PIRACICABA  
São Paulo  
Brasil  
1973

#### ERRATA

| <u>Página</u> | <u>Linha</u> | <u>onde se lê</u> | <u>leia-se</u> |
|---------------|--------------|-------------------|----------------|
| 9             | 14a.         | DOARK             | DOAK           |
| 9             | 18a.         | COOPER, 1966      | COOPER, 1956   |
| 9             | penúltima    | 1947              | 1946           |
| 10            | 7a.          | HOBBS, 1959       | HOBBS, 1953    |
| 10            | 29-30a.      | 1963, 1964        | 1964a.         |
| 11            | 4a.          | adequado          | adequados      |
| 11            | 21a.         | DUCHANAN          | BUCHANAN       |
| 19            | 16a.         | micro-kjeldahl    | micro-kjeldahl |
| 26            | última       | 0,55              | 0,65           |
| 27            | 16a.         | 39,15             | 33,15          |
| 51            | 28a.         | ns                | na             |
| 56            | 9a.          | 1953a             | 1953b          |
| 56            | 21a.         | 1960              | 1970           |

#### Acrescente-se

1. no final da 3a. linha, da página 27: no grão
2. na bibliografia
  - 2.1. na página 56, após 24a. linha:

BAILEY, C.H. - 1944 - The constituents of wheat and wheat products. ACS monograph series. Reinhold publishing corporation, New York
  - 2.2. na página 67, após a última linha:

WHITE, P.R. - 1939 - Glycine in the nutrition of excised tomato roots. Plant Physiol. 14: 527-538

Aos meus pais  
e  
aos meus irmãos,

dedico

## AGRADECIMENTOS

Agradeço às seguintes pessoas e instituições:

1. Ao Dr. André M.L. Neptune, pelo apoio e orientação no desenvolvimento do presente trabalho, até a obtenção dos dados.
2. Ao Dr. Otto J. Crocomo, pelo apoio e orientação na fase de interpretação dos resultados e discussão do presente trabalho.
3. Ao Dr. Sidival Lourenço e Dr. Carl G. Lamm, pelas sugestões, críticas e revisão do texto.
4. Ao sr. Osmar F. de Paula e José A. Scarassatti, pela colaboração nas análises.
5. A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), pela bolsa de estudo concedida.
6. Ao Departamento de Produção Vegetal, da Secretaria da Agricultura do Estado do Paraná, pela cessão das instalações da Estação Experimental de Vila Velha, e ao Eng. Agr. Dinalte João Voluz, Chefe da Estação, pela atenção dispensada.
7. Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), pelas facilidades que permitiram a condução deste trabalho.
8. A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), em cujo projeto, "Coordinated Programme on Use of Isotopes and Radiation in Wheat Fertilization Studies, 1970-71", o presente estudo se baseou.

## Í N D I C E

|  | <u>página</u> |
|--|---------------|
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 01            |
| 2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O USO DE ADUBOS ENRIQUECIDOS<br>COM <sup>15</sup> N .....                              | 05            |
| 3. OBJETIVO .....  | 06            |
| 4. REVISÃO DE LITERATURA .....   | 07            |
| 4.1. Forma nítrica x forma amoniacal .....   | 07            |
| 4.2. Comparação de fontes de nitrogenio .....  | 09            |
| 4.3. Épocas de aplicação e parcelamento .....  | 10            |
| 5. MATERIAL E MÉTODO .....   | 13            |
| 5.1. Local .....   | 13            |
| 5.2. Solo .....  | 13            |
| 5.3. Variedade de trigo .....  | 13            |
| 5.4. Fontes de nitrogenio .....  | 13            |
| 6. ENSAIO .....  | 15            |
| 6.1. Desenho experimental .....  | 15            |
| 6.2. Aplicação dos adubos .....  | 17            |
| 7. COLHEITA E ANÁLISE .....  | 19            |
| 8. DADOS METEOROLÓGICOS .....  | 20            |
| 9. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....  | 23            |
| 9.1. Produção de palha e grão .....  | 23            |
| 9.2. Extração de nitrogenio e produção de proteína .....   | 26            |
| 9.2.1. Teor de N total e quantidade extraída .....   | 26            |
| 9.2.2. Produção de proteína .....  | 29            |
| 9.3. Utilização de nitrogenio do fertilizante ( <sup>15</sup> N) pela<br>planta .....                                | 30            |
| 9.3.1. Porcentagem do N proveniente do fertilizante<br>( <sup>15</sup> N) na palha e grão .....                      | 30            |
| 9.3.2. Eficiência do fertilizante utilizado e a sua<br>eficienciiana conversão em proteína do trigo<br>em grão ..... | 36            |
| 9.3.3. Efeito do estágio de aplicação na utilização<br>da forma nítrica ou amoniacal .....                           | 41            |
| 9.3.4. Efeito de diferentes estágios de aplicação<br>sobre a utilização do nitrata de amonio e de<br>uréia .....     | 46            |

|                        | <u>página</u> |
|------------------------|---------------|
| 10. CONCLUSÕES .....   | 53            |
| 11. RESUMO .....       | 54            |
| 12. SUMMARY .....      | 55            |
| 13. BIBLIOGRAFIA ..... | 56            |

## 1. INTRODUÇÃO

De acôrdo com *JALIL e TAHIR, 1970*, o total de produção mundial de proteína vegetal em 1968 foi de 153,85 milhões de toneladas métricas e a produção "per capita" de 43,04 kg/ano.

Regiões desenvolvidas tendem a aumentar o rendimento ao passo que nos países subdesenvolvidos vem decrescendo. Assim, nos Estados Unidos, a produção "per capita" naquele ano foi de 156,36 kg/ano, em contraste com a África que foi de apenas 26,02 kg. Isso ocorre em virtude de, entre outros fatores responsáveis pela baixa produtividade, existir a falta de variedades que respondam a altas doses de fertilizantes. Além disso, há pequeno aumento na produção em comparação com o rápido crescimento populacional das regiões pouco desenvolvidas.

Os cereais, principalmente o trigo, contribuem com 65,5% do total de produção mundial de proteína vegetal. Maiores rendimentos de proteínas dos cereais poderiam ser obtidos através do aumento no seu teor. Sabe-se que o nitrogênio do solo (ou proveniente do fertilizante) é um dos principais fatores no rendimento em proteína no trigo.

A produção brasileira de trigo, ainda se encontra aquém do desejado pois apenas cerca da metade do consumo é produzido em nosso país. Na safra 1970/71 foram produzidos 1.946.044 toneladas ao passo que foram importados 1.969.300 toneladas de trigo em grão (*AN. EST. DO BRASIL, 1971 e AN. EST. DO TRIGO, safra 1970/71*).

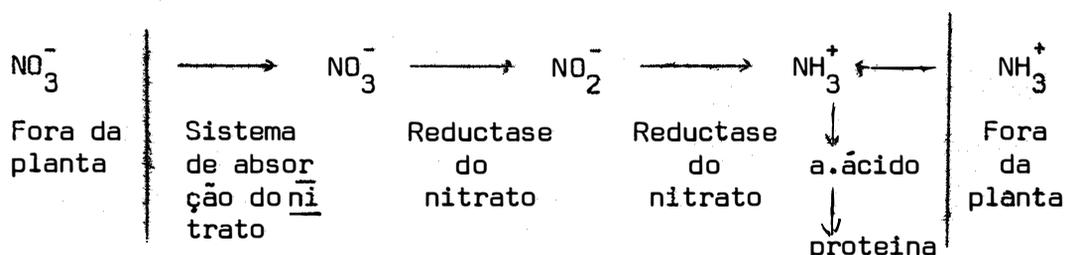
O nitrogênio é constituinte estrutural de proteínas, de muitos metabólitos envolvidos na síntese e transferência de energia e mesmo de ácidos nucleicos. É o elemento do solo mais absorvido pelas plantas em condições normais de cultivo. Por essa razão, é também, o elemento que se acha mais deficiente para a maioria das culturas em todas as partes do mundo (*BLACK, 1968*). A maior parte do nitrogênio no solo encontra-se combinado organicamente (*BREMNER,*

1965). Durante o processo de mineralização destes compostos nitrogenados orgânicos ocorre o estágio intermediário de formação de aminoácidos e outras formas orgânicas (WHITE, 1937; 1939; VIRTANEN e LINKOLA, 1946; KOJIMA, 1947; STEINBERG, 1947 e GHOSH e BURRIS, 1949), praticamente todo o nitrogênio absorvido do solo provém de duas formas de ions inorgânicos,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  (CROCOMO et al. 1965 e SCARSBROOK, 1965). Normalmente a planta, no início utiliza o nitrogênio da reserva da semente, em seguida amônia (ou nitrato), e finalmente aminoácidos (GHOSH e BURRIS, 1949).

Em solos bem arejados, a oxidação de amônia para nitrato se processa tão rapidamente que raramente a primeira forma persiste; assim, o nitrato é a forma normalmente considerada assimilável para as plantas (STEVENSON, 1965).

O  $\text{NO}_3^-$ , estando na forma aniônica, é particularmente sujeito a lixiviação (GASSER, 1959, 1961 e MALAVOLTA, 1967). Já o nitrogênio amoniacal,  $\text{NH}_4^+$ , é carregado positivamente, o que faz com que quando aplicado no solo, penetre menos rapidamente devido a troca iônica, reduzindo a perda por drenagem (HARMSSEN e KOLENBRANDER, 1965; SCARSBROOK, 1965 e MALAVOLTA, 1967). O nitrogênio amoniacal, aliás, pode ser fixado pelas argilas com predominância de vermiculita e montimorilonita (ALLISON et al., 1953a; 1953b e NÖMMIK, 1965). Essa fixação tem sido avaliada em cerca de 10% (SAUCHELLI, 1964).

A absorção do nitrato e amônia pela planta pode se dar de acordo com a seguinte sequência de reações (WRAY et al., 1970):



Uma forma nitrogenada pode ser preferencialmente absorvida conforme a espécie e idade da planta. Segundo JACKSON e VOLK, 1966,

a eficiência na utilização dessas fontes depende também da composição da solução do solo, acidez, estágio de desenvolvimento da planta e teor de carboidrato na planta.

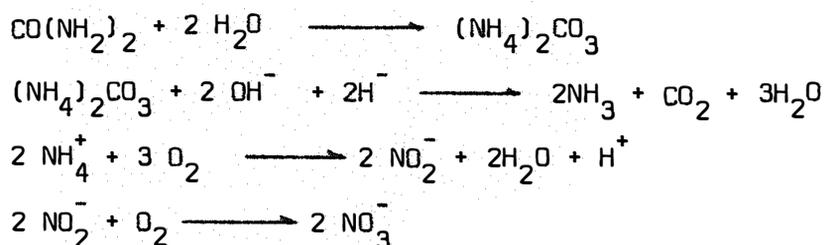
O efeito do pH na absorção do nitrogênio é marcante e se faz sentir principalmente sobre a forma amoniacal. Isso ocorre provavelmente em virtude do aumento da competição pelo  $H^+$  em pH baixo (ZSOLDOS, 1971).

Embora as plantas possam ser similares na aparência e se desenvolvam igualmente bem em diferentes formas de nitrogênio, a sua composição pode variar muito. Por exemplo, para MEYER, *et al.*, 1960 (citado por SCARSBROOK, 1965), o teor de ácidos orgânicos das plantas é maior quando  $NO_3^-$  é utilizado como fonte de nitrogênio do que quando se utiliza  $NH_4^+$ .

Normalmente, no início do ciclo vegetativo, as plantas têm preferência pela forma amoniacal, pois a absorção de nitrato depende da existência da reductase do nitrato na planta, isto é, a planta absorve esse íon após a formação desta enzima (SHEN, 1969). Além disso, o amônio geralmente restringe a absorção de nitrato (JACKSON e VOLK, 1966); o  $NH_4^+$  apenas inibe a ação de reductase do nitrato, não impedindo a sua formação (SHEN, 1969). A presença de nitrato, entretanto, induz a sua formação (BEEVERS *et al.*, 1965 e MINOTTI *et al.*, 1969). O  $NH_4^+$  ainda inibe completamente a assimilação do  $NO_3^+$  e parcialmente a de  $NO_2^-$  nas células de *Chlorella* (SYRETT e MORRIS, 1963) e embriões de *Anagallis* (RIJVEN, 1958).

A Petrobrás está atualmente produzindo nitrato de amônio com teor relativamente alto de nitrogênio (33-35% de N), e também uréia (46% de N).

Quando se aplica uréia no solo este adubo sofre transformação convertendo-se em nitrato, de acordo com a seguinte série de reações:



A hidrólise de uréia em carbonato de amônio é imediata, embora dependa do tipo de solo, temperatura, pH e outros fatores (*BROADBENT et al.*, 1958; *FISHER e PARKS*, 1958 e *OVERREIN e MOE*, 1967). *CONRAD*, 1940 a,b; 1942 a,b, constatou a existência de urease elaborada por microorganismos do solo, e que pode funcionar mesmo na ausência destes. A hidrólise pode ocorrer até 3 a 4 dias, sob condições favoráveis de temperatura (*CONRAD*, 1940a.).

A uréia é um adubo que, estando na forma amídica, comporta-se como nitrato quanto a susceptibilidade para lixiviação; portanto a transformação que sofre imediatamente após a sua aplicação é benéfica (*GIBSON*, 1930; *BENSON e BARNET*, 1939 e *BROADBENT et al.* 1958). A reação subsequente de nitrificação é menos rápida comportando-se de maneira similar à conversão de outras fontes amoniacais (*BROADBENT et al.* 1958).

Inúmeros são os fatores que estão envolvidos na utilização do nitrogênio do solo (ou do adubo) pela planta. Portanto, quando o solo se encontra deficiente em nitrogênio, não basta aplicar fertilizante na cultura; tem-se de levar em consideração parâmetros como a melhor forma nitrogenada, melhor época de aplicação e também condições favoráveis para um bom aproveitamento de adubo pela planta.

## 2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O USO DE ADUBOS ENRIQUECIDOS COM $^{15}\text{N}$

Embora o  $^{15}\text{N}$  tenha sido descoberto em 1929 por *NAUDE (SMITH et al., 1963)*, as primeiras referências relativas ao uso desse isótopo nos estudos de nutrição de plantas datam de 1943, nos EUA por *NORMAN e WERKMAN*, e posteriormente por *NORMAN e KRANPITZ, 1945*, *BROADBENT e NORMAN, 1946*, *THORNTON, 1946*, *BROADBENT, 1947* e *THORNTON e BROADBENT, 1948*. Entretanto, os primeiros trabalhos aplicando fertilizantes isotopicamente enriquecidos em experimentos de campo, foram levados a efeito nos EUA, por *BARTHOLOMEW, 1950*. Desde então, inúmeras têm sido as contribuições feitas usando-se  $^{15}\text{N}$  nos estudos da relação solo/planta (veja-se o trabalho de revisão de *BARTHOLOMEW, 1970*).

A Divisão de Agricultura da FAO/IAEA (Joint FAO/IAEA Division of Atomic Energy in Food and Agriculture) desde 1963 vem realizando em colaboração com diversos países, entre eles o Brasil, pesquisas coordenadas sobre o uso de fertilizantes isotopicamente enriquecidos, em diversas culturas, como arroz, milho e trigo, e no futuro próximo, com leguminosas.

O presente trabalho faz parte desse programa internacional. As nossas amostras foram analisadas para  $^{15}\text{N}$ , nos laboratórios de Seisbersdorf, em Viena. Essa análise envolve tipicamente três passos (*RENNIE, 1968*):

- a. conversão de N enriquecido para amônia;
- b. conversão da amônia para  $\text{N}_2$  e
- c. determinação da composição isotópica do gás  $\text{N}_2$  por análise em espectrômetro de massa.

### 3. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é estudar o efeito do parcelamento de duas fontes de nitrogênio (nitrato de amônio e uréia) em trigo, quanto a eficiência na utilização de adubo e conversão em proteína no trigo em grão. E também comparar o comportamento das formas de nitrogênio,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  do nitrato de amônio, quando sofre parcelamento.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1. Forma Nítrica x Forma Amoniacal

A preocupação em relação ao problema de utilização e absorção das formas de nitrogênio,  $\text{NH}_3^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , não é recente, pois desde LIEBIG, no século passado, diversos pesquisadores tem-se dedicado a esse assunto.

A absorção de nitrogênio na forma amoniacal, em geral decresce com a idade da planta, ao passo que a absorção do nitrato aumenta com a idade do vegetal.

*JONES e SKINNER, 1927* (citado por *STAHL e SHIVE, 1933*) constatarem que a absorção da amônia pela aveia decresce com a idade da planta, embora haja aumento com respeito ao nitrato. Esses autores também observaram que a absorção de  $\text{NH}_4^+$  não aumentava com o aumento na concentração de sal amoniacal na solução, apesar de, por outro lado, a de nitrato aumentar com o seu aumento no meio. *STAHL e SHIVE, 1933*, obtiveram resultados semelhantes com a mesma cultura. A absorção quantitativa de nitrogênio como  $\text{NH}_4^+$  era maior no início diminuindo gradativamente e tornando-se mínima na maturidade; já com o  $\text{NO}_3^-$ , foi mínima no início, rapidamente aumentando e alcançando o máximo no estágio da inflorescência e então rapidamente declinando até a aproximação da maturação. O total de nitrogênio absorvido alcançou o máximo quando a absorção do  $\text{NO}_3^-$  foi máxima, o que se verificou no período de florescimento.

Já, *GHOSH e BURRIS, 1949* obtiveram resultados um tanto contraditórios. No estágio inicial do ciclo, a aveia cresceu bem tanto em solução amoniacal como em nítrica, embora nos estágios finais as plantas tenham se desenvolvido bem menos em solução amoniacal do que em solução nítrica.

Para o citrus o  $\text{NO}_3^-$  foi duas até cinco vezes mais rapidamente absorvido do que  $\text{NH}_4^+$  (*WALLACE, 1954*).

*NAFTEL, 1931*, estudando algodão, milho e trigo, constatou

que mais nitrogênio era absorvido da fonte amoniacal, depois de 28 dias, mas aos 35 dias, ocorria o contrário.

*ARNON, 1937* obteve melhor eficiência com o nitrato para a cevada, embora às vezes a amônia tenha sido também uma ótima fonte.

Em algumas culturas, a resposta para fonte de nitrogênio depende do nível desse elemento. Assim, a absorção do amônio é favorecida por uma alta concentração (200 ppm de N) e a de nitrato, por uma baixa dose (*NIELSEN e CUNNINGHAM, 1964*).

Certas plantas, tais como "blueberries" (*Vaccinum spp*) desenvolvem melhor em meio amoniacal, dependendo do pH e as condições do meio (*OERTLI, 1963 e CAIN, 1952*).

*Pinus radiata e Picea glauca*, cultivadas em solução nutritiva, solo e resina, apresentaram maior desenvolvimento e absorção com fonte amoniacal do que com o nitrato, a diversos níveis de acidez (*MCFEE e STONE, 1967*).

Experimentos realizados por *JACKSON e VOLK, 1966*, usando  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  com  $^{15}\text{N}$  marcado na porção amoniacal ou nítrica mostraram que "seedlings" de fumo previamente cultivados com nitrato, absorveram mais amônio que nitrato, durante um período de 6 horas. Em contraste, constatou-se que, durante o florescimento, mais nitrato era absorvido que amônio.

*BELIER e GUIRAUD, 1966* constataram que em gramíneas (aveia e "rye-grass"), a absorção de  $^{15}\text{N}$  e sua incorporação nas proteínas ocorriam mais na forma amoniacal do que na forma nítrica.

*FRIED et al., 1968* (citados por *ZSOLDOS, 1970*), utilizando raízes destacadas de arroz, também constataram que a absorção de  $^{15}\text{N}$  era muito mais intensa do que a do nitrato.

*LUGO, 1970* obteve maior eficiência com a forma amoniacal,  $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  do que nítrica na semeadura; no período entre 30 e 70 dias o trigo preferiu o nitrogênio na forma de nitrato.

#### 4.2. Comparação de Fontes de Nitrogênio

Nos estudos de comparação entre fontes de nitrogênio, normalmente a uréia tem se mostrado inferior na produção aos demais adubos nitrogenados (*BURTON e DEVANE, 1952* em grama bermuda; *GIL BE-NAVIDES, 1959*, em milho; *PARISH e FEILLAFÉ, 1960* em cana de açúcar e *TEMPLEMAN, 1961*, em diversas culturas). Isto tem sido atribuído a perda sofrida por volatilização da amônia. Há uma concordância geral de que essas perdas são diminuídas com a aplicação da uréia misturada no solo ou quando é coberta com uma camada de solo (*ERNST e MASSEY, 1960; GASSER, 1964 e OVERREIN e MOE, 1966*). É também sabido que as perdas por volatilização aumentam com o aumento do pH do solo (*MEYER et al., 1961; WAHHAB et al., 1960*), tendo sido relatado inclusive, que pode ser desenvolvido pH do solo acima de 8,8 na zona de aplicação da uréia (*DOARK, 1952; COURT et al., 1964 e OVERREIN e MOE, 1966*).

Outras pesquisas, entretanto, têm demonstrado que a uréia se comporta de maneira idêntica a outros adubos nitrogenados. É o que foi obtido por *COOPER, 1966*, trabalhando com feno, e *STEVENSON e BALDWIN, 1969* com milho, embora neste último caso, nitrato de amônio e uréia tivessem sido inferior a amônia anidra. *MORRIS e JACKSON, 1959*, em centeio, constataram que nitrato de amônio, nitrato de sódio, uréia e sulfato de amônio tinham comportamento idêntico, porém todos inferiores a calciocianamida. Sulfato de amônio, uréia e uma mistura de fosfato de amônio com uréia se mostraram idênticos em cultura de arroz (*CHIU e HUANG, 1970*). Também em arroz *RODRIGO et al., 1969* obtiveram o mesmo resultado quando aplicaram uréia, sulfato de amônio, sulfonitrato de amônio, nitrato de cálcio amoniacal, nitrato de amônio ou cloreto de amônio, tendo sido este último superior aos demais.

Para a cultura de trigo, o nitrogênio disponível do solo tem sido demonstrado como um importante fator de produção (*RANKIN, 1947; MCNEAL e DAVIS, 1954 e WAHHAB e HUSSAIN, 1957*). Entretanto, alguns autores não tem constatado diferença na produção devido a

fonte de nitrogênio (*PUENTE et al.*, 1963; 1964a; *DEVINE e HOLMES*, 1963; *MISSÃO AGRÍCOLA ALEMÃ*, 1969, *NEPTUNE et al.*, 1970). Já *VERTII e MALYUGA*, 1970, obtiveram maior produção com uréia do que com nitrato de amônio.

Geralmente um aumento na disponibilidade de nitrogênio no solo acarreta um acréscimo no teor de proteína (*GERICKE*, 1927; *BAINS* 1949; *GARDNER*, 1950; *LONG*, 1951; *HOBBS*, 1959; *HUCKLESBY et al.* 1971). *MCNEAL e DAVIS*, 1954, porém, aplicando dose de 45 e 90 kg/ha constataram que a primeira dose diminuía o teor de proteína no grão, embora com a outra, tenham conseguido um aumento considerável. *FERNANDEZ e LAID*, 1959, também observaram um decréscimo no teor de proteína com a dose de 40 kg/ha enquanto que houve aumento quando foram usadas doses de 80 e 120 kg/ha. A fonte de nitrogênio parece não influenciar o teor de proteína no trigo. *VERTII e MALYUGA*, 1970, não constataram diferença entre uréia e nitrato de amônio.

#### 4.3. Épocas de aplicação e parcelamento

Com respeito a época de aplicação e parcelamento, os resultados na literatura são um tanto contraditórios.

Nos estudos de épocas de aplicação do nitrogênio para cereais, *VIETS*, 1965, relata que em geral a produção de grãos e palha são maiores quando uma parte é aplicada no meio do ciclo. *MORRIS e JACKSON*, 1959, em centeio forrageiro e *JAIN et al.*, 1971, em trigo, corroboram essa idéia. Uma explicação desse fato talvez seja que o parcelamento reduz, em parte, a perda por lixiviação e desnitrificação, tendo conseqüentemente mais nitrogênio em disposição para a planta. Então, teoricamente, quanto mais parcelamos o nitrogênio, melhor deveria ser o efeito, mas tal parece não acontecer sempre. Geralmente, a aplicação na sementeira tem mostrado melhor efeito na produção (*COOPER*, 1956; *WAHHAB e HUSSAIN*, 1957; *PUENTE et al.*, 1963; 1964; *DEVINE e HOLMES*, 1964; *BHATTACHARYA*, 1969 e *STEVENSON e BALDWIN*, 1969). *SINGH e TIWARI*, 1971, também não obtiveram melhor resultado, mesmo quando metade da dose era aplicada em cobertura, quan

do porém a segunda dose era aplicada em pulverização, os resultados foram superiores.

De acôrdo com *THENABADU, 1972*, para o caso de arroz parece haver pelo menos três estágios de desenvolvimento mais adequado para a adubação: na semeadura (ou transplante); no início da formação das panículas e na formação dos grãos.

*BARTHOLOMEW, 1950*, utilizando sulfato de amonio-<sup>15</sup>N, constatou que, com relação a época de aplicação, o aproveitamento de nitrogênio pela aveia seguia a seguinte ordem:

- a. semeadura
- b. "grass stage" (8 a 10' de altura);
- c. "boot stage" (cerca de dois meses após a semeadura)

A época de aplicação do nitrogênio parece ser o fator mais importante sobre o teor de proteína no grão. *DAVIDSON e LE CLEARC, 1923* observaram que o fertilizante nítrico quando aplicado na semeadura afetava muito pouco o teor de proteína, embora aumentasse a produção; quando a aplicação era feita no espigamento, aumentava o teor de proteína, sem contudo afetar a produção.

*GERICKE, 1927 e 1933*, notou que o trigo adubado no espigamento continha mais nitrogênio total do que naquele que recebeu adubação na semeadura. O trabalho de *DAVIDSON e DUCHANAN, 1945*, corroboram esses resultados; o teor de proteína aumentou a medida que a aplicação do nitrogênio se aproximava do estágio do espigamento, e decrescia a medida que a aplicação era retardada.

*PUENTE, 1957-1958*, constatou que quando a aplicação era feita aos 92 dias, a proteína aumentava de 13 para 20% em relação a aplicação no plantio. O mesmo autor obteve com aplicação aos 59 dias um aumento de 15,05% em relação à adubação na semeadura.

*GASSER e IORDANOU, 1967*, notaram que o teor de nitrogênio na palha decrescia da época do florescimento para o amadurecimento do grão, enquanto que no grão aumentava.

*ZOSCHKE*, 1970, em cevada e *NEPTUNE e CAMPANELLI*, 1970, em milho, também observaram que na época da inflorescência o efeito de adubo nitrogenado era melhor.

*NEPTUNE et al.*, 1970 conseguiram maior teor de proteína no trigo em grão, por efeito de parcelamento. *DEVINE e HOLMES*, 1964, não obtiveram o mesmo resultado em 3 parcelamentos.

## 5. MATERIAL E MÉTODO

### 5.1. Local

O experimento foi instalado na Estação Experimental da Secretaria da Agricultura do Estado do Paraná (Parque Estadual de Vila Velha) situada a Latitude 25°25', Longitude 49°09' W. GRNV e a altitude 880 m.

### 5.2. Solo

O solo, Latossol Vermelho Escuro, orto, apresentava as seguintes características:

| ppm |          | %       |      | emg/100 g de solo                   |                     |                       |                       |
|-----|----------|---------|------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| pH  | N inorg. | N total | M.O. | PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> troc. | K <sup>+</sup> troc | Ca <sup>++</sup> troc | Mg <sup>++</sup> troc |
| 4,9 | 75       | 0,13    | 4,47 | 0,03                                | 0,08                | 2,10                  | 0,40                  |

O pH foi determinado utilizando-se a relação solo-água igual a 1:2,5; a matéria orgânica (C% x 1,724) foi determinado pelo método de Walkley-Black, descrito por JACKSON, 1958; o nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, descrito por JACKSON, 1958, o nitrogênio inorgânico (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) pelo método descrito por BREMNER, 1965; o fósforo solúvel e o potássio trocável pelo método descrito por CATANI *et al.*, 1955 e o cálcio e o magnésio por absorção atômica utilizando espectrômetro de absorção atômica EEL, em extrato obtido segundo o método descrito por GLÓRIA *et al.*, 1965.

### 5.3. Variedade de Trigo

A variedade de trigo utilizada foi a IAS-51, cultivada na região. As sementes foram fornecidas pela Secretaria da Agricultura do Estado do Paraná.

### 5.4. Fonte de Nitrogênio

Foram empregadas duas fontes de nitrogênio:

a. uréia,  $\text{CO}(^{15}\text{NH}_2)$  e

b. nitrato de amonio.

Neste último, o  $^{15}\text{N}$  estava presente seja no ion amonio ( $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ ) ou no nitrato ( $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ ) ou ainda em ambos os ions ( $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ ).

*CHO et al.*, 1964, constataram que 0,9% de  $^{15}\text{N}$  em excesso de  $^{15}\text{N}$  era satisfatório para experimento de campo em milho. No presente trabalho, foram utilizados uréia com 1% ou 2% de  $^{15}\text{N}$  em excesso;  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  com 1% ou 2% em excesso;  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ , ambos com 1% de  $^{15}\text{N}$  em excesso. Esses adubos enriquecidos foram produzidos pela Junta de Energia Nuclear, Madri, Espanha e fornecidos pela Agência Internacional de Energia Atômica.

## 6. ENSAIO

### 6.1. Desenho Experimental

O experimento, blocos ao acaso com 6 repetições, constou de 9 tratamentos básicos, nos quais em 8 foi empregado o isótopo estável  $^{15}\text{N}$ . Cada tratamento básico constituiu uma parcela. Cada parcela ( $5 \times 1 = 5 \text{ m}^2$ ) era formada por 5 linhas, cada uma com 5 metros de comprimento e entrelinhas de 20 cm. Como está indicando a Figura 1, em cada parcela foram reservadas áreas de  $1 \text{ m}^2$  para o  $^{15}\text{N}$ , de acordo com as épocas de aplicação.

De cada fonte foi aplicada uma dose de Nitrogenio equivalente a 120 kg/ha:

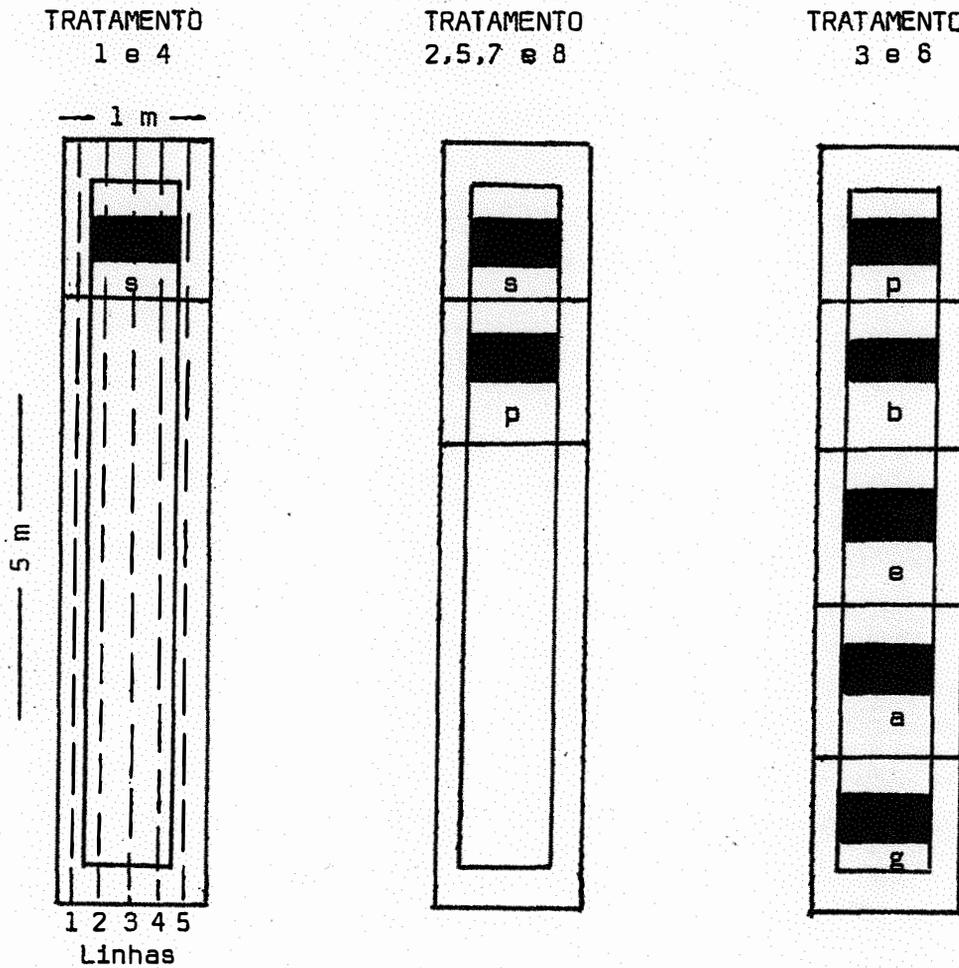
- toda na semeadura;
- fracionada em duas vezes;
- fracionada em 6 vezes (Tabela 1).

Os adubos foram aplicados na: semeadura (s); perfilhamento (p); emborrachamento (b); início do espigamento (e); antesis (a); grão no estágio "leitoso" (g).

Tabela 1 - Tratamentos, épocas de aplicação e doses correspondentes (kg/ha)

| TRAT.        | FONTES  | $^{15}\text{N}$ EM EXC. % | ESTÁGIO DE CRESCIMENTO DO TRIGO |    |    |    |    |    |    |
|--------------|---|---------------------------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|
|              |   |                           | s                               | p  | b  | e  | a  | g  |    |
| 1            | $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ (1 época)  | 1                         | 120                             |    |    |    |    |    |    |
| 2            | $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas) | 1                         | 60                              | 60 |    |    |    |    |    |
| 3            | $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ (6 épocas) | 2                         | 20*                             | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 4            | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (1 época)     | 1                         | 120                             |    |    |    |    |    |    |
| 5            | $^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (2 épocas)     | 1                         | 60                              | 60 |    |    |    |    |    |
| 6            | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (6 épocas)    | 2                         | 20*                             | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 7            | $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ (2 épocas)      | 1                         | 60                              | 60 |    |    |    |    |    |
| 8            | $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas)      | 1                         | 60                              | 60 |    |    |    |    |    |
| T Testemunha |   |                           |                                 |    |    |    |    |    |    |

20\* - Fertilizante não enriquecido



Legendas: (s), (p), (b), etc. - subparcelas que receberam aplicação de  $^{15}\text{N}$  nos estágios de crescimento correspondentes.

 Área que foi colhida separadamente e da qual foram retiradas amostras para análise de  $^{15}\text{N}$  e N total.

 Os 4,5 m centrais das linhas 2, 3 e 4 foram usados para o cálculo de produção

Figura 1 - Diagrama das parcelas

## 6.2. Aplicação dos Adubos

Na semeadura todas as parcelas receberam adubação fosfatada e potássica, equivalente a 120 kg/ha de  $P_2O_5$  e 60 kg/ha de  $K_2O$ , respectivamente na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio. Nessa mesma época (23.06.71) foram feitas as seguintes aplicações, aproximadamente 5 cm ao lado e 2 cm abaixo das sementes:

- a. em todas as parcelas, adubo fosfatado e potássico nas quantidades acima mencionadas;
- b. cada uma das 5 áreas reservadas dos tratamentos 3 e 6, 20 kg/ha de N, respectivamente com nitrato de amônio e uréia;
- c. nos tratamentos 1 e 4, 120 kg/ha de adubo enriquecido com  $^{15}N$  nas áreas de  $1\ m^2$ , e igual dose das respectivas fontes não enriquecidas para a área restante de cada parcela;
- d. nos tratamentos 2, 5, 7 e 8, 60 kg/ha de adubo enriquecido, respectivamente com  $^{15}NH_4^{15}NO_3$ , uréia- $^{15}N$ ,  $^{15}NH_4NO_3$  e  $NH_4^{15}NO_3$ , nas áreas correspondentes para essa época, e a mesma quantidade de cada um para a área restante de cada parcela.

No perfilhamento (p) (31.07.71), 1a. cobertura, foram feitas as seguintes aplicações, distribuídas uniformemente na superfície:

- a. nos tratamentos 2, 5, 7 e 8, 60 kg/ha de  $^{15}N$  na área correspondente para esse estágio, e no restante de cada parcela a mesma quantidade por área do mesmo fertilizante nitrogenado não enriquecido;
- b. nos tratamentos 3 e 5, 20 kg/ha de adubo com  $^{15}N$  na área correspondente para esse estágio, e na área restante de cada parcela, a mesma dose do respectivo adubo não enriquecido.

Nos demais estágios, só foram feitas aplicações nos tratamentos 3 e 6, sendo o  $^{15}\text{N}$  sempre aplicado nas áreas correspondentes para cada estágio, e o restante de cada parcela recebendo o mesmo fertilizante não enriquecido. As aplicações obedeceram o seguinte cronograma:

- 2a. cobertura, no estágio b (29.08.71)
- 3a. cobertura, no estágio e (17.09.71)
- 4a. cobertura, no estágio a (29.09.71)
- 5a. cobertura, no estágio g (06.10.71)

## 7. COLHEITA E ANÁLISE

No decorrer do experimento, todos os tratos culturais necessários foram executados. Em virtude do ataque intenso de pulgão (*Schizaphis graminum*), que também ocorreu naquele ano quase que em todas áreas tritícolas do país, aplicou-se Folidol em pó (Paration metílico) em 28.09.71. Constatou-se no final do ciclo, ferrugens (*Puccinia spp*) e carvão (*Ustilago tritici*) que não chegaram a afetar a produção.

Após a maturação, os grãos foram colhidos juntamente com as palhas, que foram cortadas rente ao solo (12.11.71).

Cada área que recebeu  $^{15}\text{N}$ , foi colhida separadamente (veja-se a Figura 1). Para fins de cálculo de produção de grãos e palha, considerou-se a soma total das subparcelas.

Tanto a palha como os grãos foram pesadas, separando-se amostras para análise química. Estas foram secas em estufa a  $60-70^{\circ}\text{C}$  por 48 horas e pulverizadas em micro moinho Wiley, peneira malha 20.

O N total foi determinado pelo método micro-Kjeldahl: digestão úmida de 100 mg de material e posterior destilação.

O  $^{15}\text{N}$  foi analisado pelo espectrômetro de massa em Viena, Austria, Laboratório de Seibersdorf, sendo o resultado expresso em %NPPF (% de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante).

O preparo do material para ser analisado no espectrometro de massa foi feito seguindo-se o método rápido de Dumas. Para tanto, uma amostra representativa do material foi colocada, juntamente com  $\text{CuO}$  e  $\text{CaO}$ , em um pequeno frasco, o qual foi evacuado e aquecido a  $800^{\circ}\text{C}$  por 3 horas, tempo suficiente para converter todo o nitrogênio da amostra em nitrogênio gasoso. A relação  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$  foi medida no espectrometro de massa Hitachi RMU-60.

A abundância isotópica foi calculada pela formula  $\frac{100}{2R + 1}$  onde R é a relação de intensidade entre os picos  $^{14}\text{N}^{14}\text{N}/^{14}\text{N}^{15}\text{N}$ . A percentagem de átomos de  $^{15}\text{N}$  em excesso foi calculada subtraindo-se o valor da abundância normal de  $^{15}\text{N}$  (0,366%) da percentagem de  $^{15}\text{N}$  obtida na amostra.

## 8. DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos foram fornecidos pela Secretaria da Agricultura do Estado do Paraná, e o balanço hídrico, de acordo com *THORNTHWAITE e MATHER, 1955* (citado por *VILLA NOVA et al., 1968*) encontra-se na Tabela 2 e o respectivo gráfico na Figura 2.

Tabela 2 - Balanço hídrico seg. Thornthwaite e Mather - 1955 (EP Segundo Penman-Bavel)

Latitude: 25°25'

Longitude: 49°09' W Grnv

CAD = 50 mm

| PERIODO       | TEMP<br>°C | P<br>mm | EP<br>mm | P-EP<br>mm | NEG<br>ACUM. | ARM<br>mm | ER<br>mm | ALT<br>mm | DEF<br>mm | EXC<br>mm |
|---------------|------------|---------|----------|------------|--------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 13.06 - 22.06 | 13,1       | 51      | 7        | 44         | -            | 50        | 0        | 7         | 0         | 44        |
| 23.06 - 02.07 | 15,4       | 10      | 15       | -5         | 5            | 45        | -5       | 15        | 0         | 0         |
| 03.07 - 12.07 | 12,4       | 82      | 14       | 68         | -            | 50        | +5       | 14        | 0         | 63        |
| 13.07 - 22.07 | 13,8       | 0       | 18       | -18        | 18           | 34        | -16      | 16        | 2         | 0         |
| 23.07 - 01.08 | 14,3       | 24      | 14       | 10         | 6            | 44        | +10      | 14        | -         | -         |
| 02.08 - 11.08 | 16,7       | 8       | 20       | -12        | 18           | 34        | -10      | 18        | 2         | -         |
| 12.08 - 21.08 | 14,9       | 0       | 20       | -20        | 38           | 22        | -12      | 12        | 8         | -         |
| 22.08 - 31.08 | 14,6       | 0       | 12       | -12        | 50           | 17        | -5       | 5         | 7         | -         |
| 01.09 - 10.09 | 14,7       | 36      | 16       | 20         | 13           | 37        | +20      | 16        | -         | -         |
| 11.09 - 20.09 | 17,1       | 26      | 23       | 3          | 10           | 40        | +3       | 23        | -         | -         |
| 21.09 - 30.09 | 18,3       | 57      | 19       | 38         | -            | 50        | +10      | 19        | -         | 28        |
| 01.10 - 10.10 | 17,4       | 41      | 16       | 25         | -            | 50        | 0        | 16        | -         | 25        |
| 11.10 - 20.10 | 15,7       | 10      | 32       | -22        | 22           | 32        | -18      | 28        | 4         | -         |
| 21.10 - 30.10 | 17,9       | 9       | 26       | -17        | 39           | 22        | -10      | 19        | 7         | -         |
| 31.10 - 09.11 | 17,6       | 14      | 28       | -14        | 53           | 16        | -6       | 20        | 8         | -         |
| 10.11 - 21.11 | 20,0       | 2       | 28       | -26        | 79           | 9         | -7       | 9         | 19        | -         |

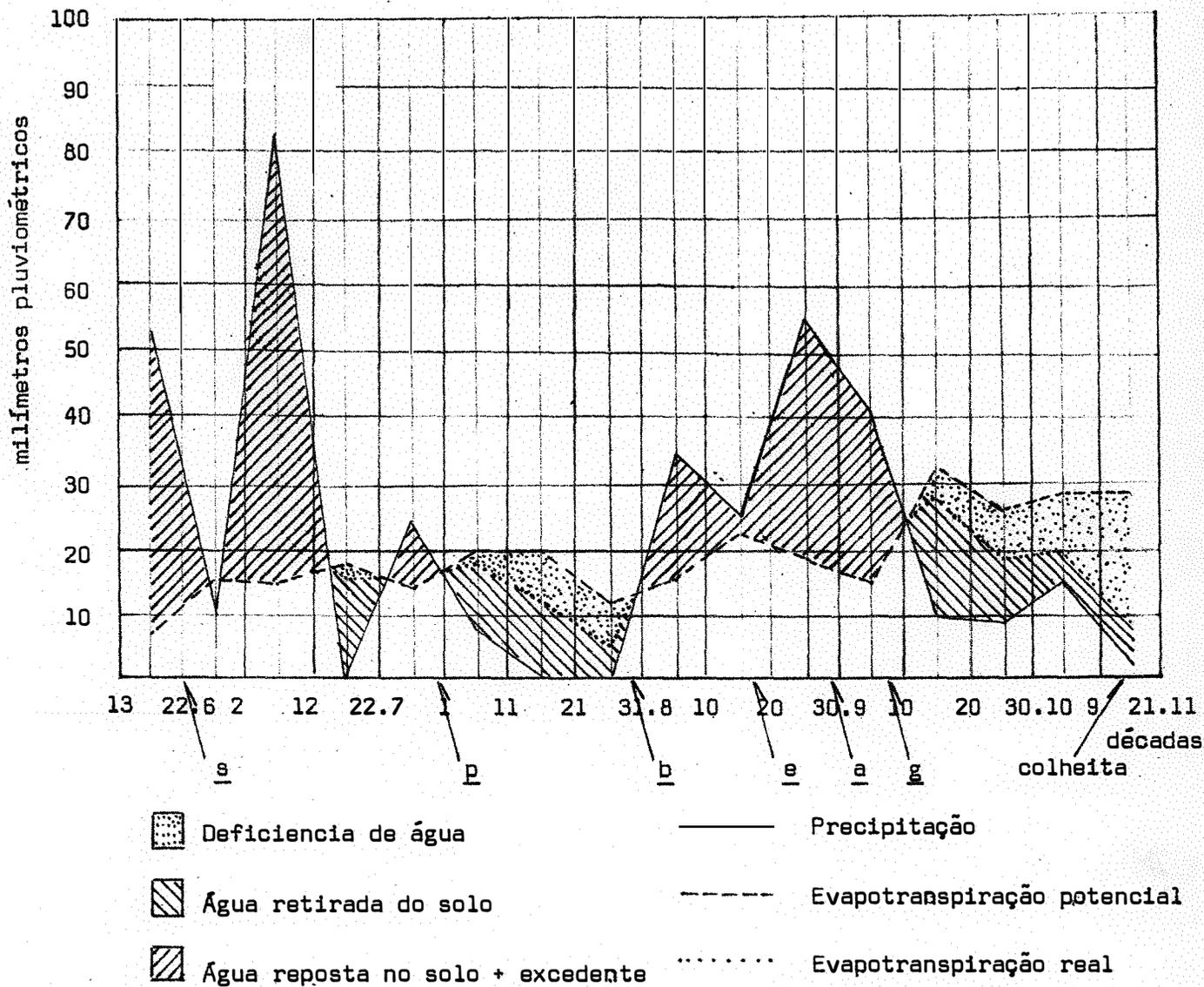


Figura 2 - Cursos (semeadura a colheita do trigo) da precipitação, evapotranspiração potencial e real, disponibilidades normais de água no solo, segundo o método do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather, 1955.

## 9. RESULTADO E DISCUSSÃO

## 9.1. Produção de palha e grão

Os resultados obtidos referentes a produção de palha e grão encontram-se na Tabela 3 e na Figura 3.

Tabela 3 - Produção de trigo em palha e em grão em kg/ha e relação palha:grão (média de 6 repetições)

| TRATAMENTO   | PALHA   | GRÃO       | RELAÇÃO PALHA/GRÃO. |
|--|---------|------------|---------------------|
| 1 $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (1 época)    | 2579,82 | 1183,38    | 2,21                |
| 2 $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas)   | 2480,54 | 1214,46    | 2,07                |
| 3 $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (6 épocas)   | 2316,32 | 1122,76    | 2,10                |
| 4. ( $^{15}\text{NH}_2$ ) <sub>2</sub> CO (1 época)  | 2578,10 | 1159,21    | 2,25                |
| 5. ( $^{15}\text{NH}_2$ ) <sub>2</sub> CO (2 épocas) | 2608,50 | 1295,00    | 2,03                |
| 6. ( $^{15}\text{NH}_2$ ) <sub>2</sub> CO (6 épocas) | 2294,43 | 1114,62    | 2,01                |
| 7. $^{15}\text{NH}_4$ NO <sub>3</sub> (2 épocas)     | 2612,20 | 1277,42    | 2,07                |
| 8. $\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas)       | 2552,07 | 1229,94    | 2,08                |
| T Testemunha   | 1838,96 | 966,25     | 1,92                |
| CV%  | 11,78   | 16,06      | 10,29               |
| F  | 4,86    | 1,68(n.s.) | 1,26(n.s.)          |
| dms (Tukey 5%)                                       | 540,27  | 357,02     | 0,41                |

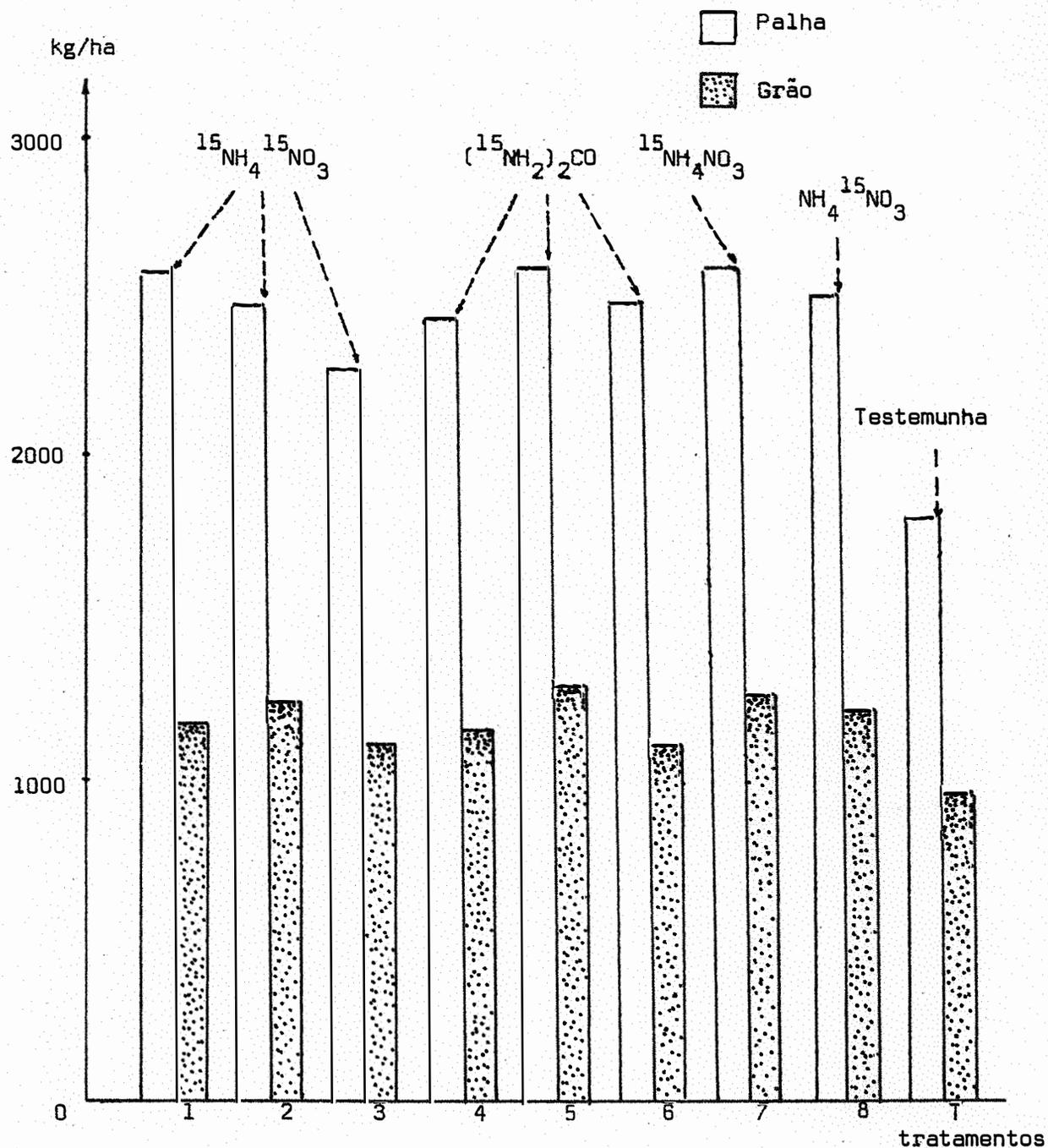


Figura 3 - Produção de palha e grão em trigo, em kg/ha. Tratamentos 1 e 4 = 120 kg/ha na sementeira e 60 kg/ha no perfilhamento; tratamentos 3 e 6 = 20 kg/ha em cada estágio (sementeira, perfilhamento, emborrachamento, espigamento, antesis e grão leito so).

Conforme se observa, houve aumento significativo na produção de palha em relação apenas a testemunha. Não houve diferença significativa na produção de grão.

Os tratamentos 3 e 6, em que o nitrogênio foi parcelado 6 vezes, apresentaram produções de palha não diferente da produção da testemunha e menores, embora não significativamente, do que os tratamentos 1, 2, 4, 5, 7 e 8, nos quais o nitrogênio foi aplicado em uma ou duas vezes apenas.

No caso de produção de grãos, observa-se que a testemunha produziu menos que os tratamentos com nitrogênio e que o parcelamento em duas ocasiões produziu mais que a aplicação em uma só época ou em seis épocas, embora nenhuma dessas diferenças fosse significativa.

Não houve efeito significativo entre fontes de nitrogênio utilizadas, tanto na produção de palha como de grãos.

No presente trabalho os resultados estão de acordo com aqueles obtidos por *PUENTE et al.*, 1963, 1964 no México, que não encontraram diferenças entre nitrato de amônio, uréia, sulfato de amônio e nitrosulfato de amônio na produção de trigo em grão e palha. *DEVINE e HOLMES*, 1963 observaram resultados idênticos em trigo do inverno na Inglaterra, adubados com nitrato de amônio e uréia. O mesmo foi observado por *NEPTUNE et al.*, 1970, trabalhando com trigo e usando nitrato de amônio, uréia, sulfato de amônio, nitrato de sódio e nitrocálcio da Petrobrás. Resultados semelhantes foram obtidos em trigo por *MISSÃO AGRÍCOLA ALEMÃ*, 1969, utilizando sulfato de amônio, salitre do Chile, nitrocálcio e uréia.

A produção média no Brasil na safra de 1970/1971 foi de 1045 kg/ha, sendo que no Paraná, obteve-se 868 kg/ha (*ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO TRIGO, SAFRA 1970/1971*). No presente experimento obtivemos para a testemunha, dados acima da média do Estado onde foi realizado, e nos demais tratamentos, acima também da média do país. Entretanto, os demais tratamentos apesar da dose de N utilizada, o aumento

obtido foi relativamente baixo, pois no México não raro são obtidos até 4000kg/ha. Deve-se levar em consideração, porém, que houve um período em que a cultura sofreu deficiência de água, o que deve ter contribuído consideravelmente na pequena resposta à adubação nitrogenada quanto a produção.

## 9.2. Extração de nitrogênio e produção de proteína

### 9.2.1. Teor de nitrogênio total e quantidade extraída

O teor de nitrogênio total nos grãos e na palha apresentou acréscimo significativo em todos os tratamentos sobre a testemunha, conforme se observa na Tabela 4.

Tabela 4 - Porcentagem de N nos grãos e na palha  
(Média de 6 repetições)

| TRATAMENTO   | GRÃO |                     | PALHA |                     |
|--|------|---------------------|-------|---------------------|
|  | %N   | Arc sen $\sqrt{\%}$ | %N    | Arc sen $\sqrt{\%}$ |
| 1 $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (1 época)  | 2,22 | 8,59                | 0,90  | 5,45                |
| 2 $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas) | 2,32 | 8,75                | 1,09  | 5,80                |
| 3 $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (6 épocas) | 2,47 | 9,03                | 0,99  | 5,71                |
| 4 $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (1 época)        | 2,48 | 9,04                | 0,90  | 5,45                |
| 5 $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (2 épocas)       | 2,57 | 9,28                | 0,93  | 5,52                |
| 6 $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (6 épocas)       | 2,49 | 9,23                | 0,90  | 5,45                |
| 7 $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ (2 épocas)         | 2,38 | 8,78                | 0,90  | 5,45                |
| 8 $\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas)      | 2,44 | 8,91                | 1,02  | 5,75                |
| T Testemunha                                       | 1,88 | 7,82                | 0,65  | 4,65                |
| CV   |      | 3,27                |       | 5,73                |
| F  |      | 8,81                |       | 6,33                |
| dms (Tukey 5%)                                     |      | 0,55                |       | 0,59                |

Não houve diferença significativa no teor de N na palha entre os tratamentos que receberam adubação, porém o tratamento 5 apresentou teor superior também ao tratamento 1.

Calculando-se a quantidade extraída pela planta e pelo grão (Tabela 5 e Figura 4) também não se notou diferença entre os tratamentos que receberam nitrogênio, embora todos, com exceção do tratamento 1 para planta, tenham apresentado diferença significativa em relação à testemunha.

Tabela 5 - Extração de nitrogênio pela planta e pelo grão em kg/ha  
(Média de 6 repetições)

| TRATAMENTO     |                                    |            | PLANTA | GRÃO  |
|----------------|------------------------------------|------------|--------|-------|
| 1              | $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ | (1 época)  | 49,28  | 26,10 |
| 2              | $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ | (2 épocas) | 53,77  | 27,90 |
| 3              | $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ | (6 épocas) | 49,76  | 27,79 |
| 4              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$    | (1 época)  | 51,89  | 28,63 |
| 5              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$    | (2 épocas) | 57,93  | 39,15 |
| 6              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$    | (6 épocas) | 48,69  | 28,55 |
| 7              | $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$      | (2 épocas) | 53,85  | 30,16 |
| 8              | $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$      | (2 épocas) | 55,55  | 29,97 |
| T              | Testemunha                         |            | 29,19  | 18,43 |
| CV             |                                    |            | 13,10  | 15,30 |
| F              |                                    |            | 5,45   | 9,88  |
| dms (Tukey 5%) |                                    |            | 12,39  | 8,04  |

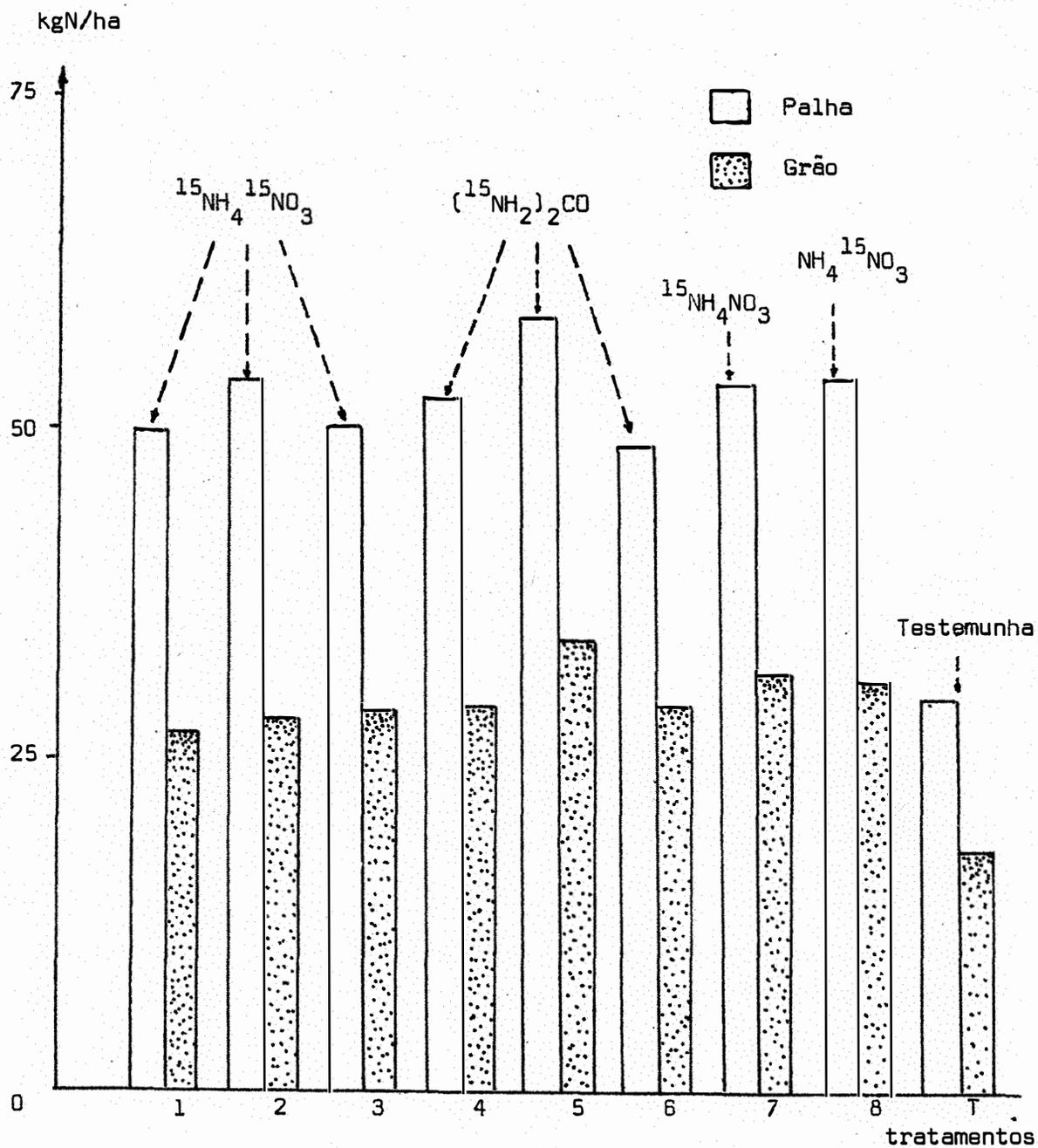


Figura 4 - Quantidade de nitrogenio extraido (do solo e do fertilizante) pelo trigo em kg/ha. Tratamentos 1 e 4 = 120 kg N/ha na semente dura; tratamentos 2, 5, 7 e 8 = 60 kg N/ha na semente e 60 kg/ha no perfilhamento; tratamentos 3 e 6 = 20 kg em cada estágio (semeadura, perfilhamento, emborrachamento, espigamento, antesis e grão leitoso)

### 9.2.2. Produção de proteína

A porcentagem de proteína no grão e a quantidade de proteína/ha calculadas com base no teor de nitrogênio ( $N \times 5,7$ ) (BAILEY, 1944), estão na Tabela 6.

Tabela 6 - Porcentagem de proteína no grão e kg de proteína/ha.  
(Média de 6 repetições)

|                | TRATAMENTO                                    | PROTEINA % | ARC SEN/° | PROTEINA(kg/ha) |
|----------------|---|------------|-----------|-----------------|
| 1              | $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ (1 época)  | 12,26      | 20,99     | 148,78          |
| 2              | $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas) | 13,20      | 21,26     | 159,01          |
| 3              | $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ (6 épocas) | 14,08      | 22,05     | 157,83          |
| 4              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (1 época)     | 14,14      | 22,08     | 168,18          |
| 5              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (2 épocas)    | 14,66      | 22,50     | 188,93          |
| 6              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (6 épocas)    | 14,19      | 22,13     | 162,73          |
| 7              | $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ (2 épocas)      | 13,58      | 21,59     | 171,89          |
| 8              | $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas)      | 13,88      | 21,87     | 170,83          |
| T              | Testemunha                                    | 10,69      | 19,37     | 123,46          |
| CV             |   | 3,55       | 3,55      | 14,85           |
| F              |   | 9,78       | 9,78      | 3,39            |
| dms (Tukey 5%) |   |            | 1,45      | 48,51           |

O teor de proteína no grão foi relativamente baixo e mesmo o acréscimo obtido pelos diversos tratamentos em relação à testemunha foram pequenos, sendo o máximo de 3,97% (tratamento 5). Geralmente a variação no teor de proteína em grãos de trigo é de 9 a 20%. HERA, 1970 e HUCKLESBY *et al.*, 1971 conseguiram até 18,6%, quando aplicaram 224 kg/ha, contra 11% da testemunha. Ainda assim, no pre

sente trabalho, as diferenças de todos os tratamentos em relação a testemunha foram significativas ao nível de 5%.

Dentre os tratamentos que receberam nitrogênio, a aplicação total de N como nitrato de amônio na semeadura (tratamento 1) apresentou o teor mais baixo de proteína, que diferiu significativamente apenas do tratamento 5 (uréia em duas épocas). Observou-se que todos os tratamentos que receberam uréia, apresentaram teor de proteína ligeiramente superior.

Calculando-se a quantidade de proteína produzida, que variou de 123,46 kg/ha (testemunha) ao máximo de 188,93 kg/ha (tratamento 5, uréia em duas épocas), apenas este apresentou diferença significativa sobre aquele.

Embora não tenha sido significativo, houve um ligeiro aumento no teor de proteína a medida que aumentou o parcelamento de nitrato de amônio; quando parcelada em mais épocas, o teor de proteína foi praticamente igual ao daquele onde todo o nitrogênio foi aplicado na semeadura.

### 9.3. Utilização do nitrogênio do fertilizante ( $^{15}\text{N}$ ) pela planta

#### 9.3.1. Porcentagem do nitrogênio proveniente do fertilizante ( $^{15}\text{N}$ ) na palha e grão.

Os resultados referentes a porcentagem de nitrogênio na palha e no grão proveniente do fertilizante estão na tabela 7 e a quantidade do nitrogênio na planta e no grão proveniente do fertilizante por hectare, na tabela 8 e figuras 5.1, 5.2. e 5.3.

Tabela 7 - Porcentagem de nitrogênio na palha e no grão proveniente do fertilizante ( $^{15}\text{N}$ ).

(Média de 6 repetições)

| TRAT. | PARTE DA PLANTA | ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGENIO |      |      |     |     |     | TOTAL |
|-------|-----------------|-----------------------------------|------|------|-----|-----|-----|-------|
|       |                 | s                                 | p    | b    | e   | a   | g   |       |
| 1     | Palha           | 53,5                              |      |      |     |     |     | 53,5  |
|       | Grão            | 52,5                              |      |      |     |     |     | 52,5  |
| 2     | Palha           | 28,2                              | 24,8 |      |     |     |     | 53,0  |
|       | Grão            | 25,4                              | 28,3 |      |     |     |     | 53,6  |
| 3     | Palha           | -                                 | 11,2 | 9,5  | 4,6 | 2,5 | 4,0 | 31,8  |
|       | Grão            | -                                 | 10,2 | 11,5 | 5,8 | 3,1 | 4,7 | 35,3  |
| 4     | Palha           | 52,6                              |      |      |     |     |     | 52,6  |
|       | Grão            | 49,8                              |      |      |     |     |     | 49,8  |
| 5     | Palha           | 25,5                              | 18,9 |      |     |     |     | 44,4  |
|       | Grão            | 22,7                              | 20,3 |      |     |     |     | 43,0  |
| 6     | Palha           | -                                 | 6,1  | 6,9  | 3,1 | 1,8 | 2,2 | 20,1  |
|       | Grão            | -                                 | 6,9  | 9,5  | 3,5 | 1,7 | 3,1 | 24,7  |
| 7     | Palha           | 15,5                              | 10,7 |      |     |     |     | 26,2  |
|       | Grão            | 14,1                              | 13,1 |      |     |     |     | 27,2  |
| 8     | Palha           | 14,6                              | 17,6 |      |     |     |     | 32,2  |
|       | Grão            | 13,8                              | 18,9 |      |     |     |     | 32,7  |

Tabela 8 - Quantidade de nitrogênio na planta e no grão proveniente do fertilizante ( $^{15}\text{N}$ ) em kg/ha

(Média de 6 repetições)

| TRAT. | PARTE DA PLANTA | ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGENIO |       |      |      |      |      | TOTAL |
|-------|-----------------|-----------------------------------|-------|------|------|------|------|-------|
|       |                 | s                                 | p     | b    | e    | a    | g    |       |
| 1     | Planta          | 26,24                             |       |      |      |      |      | 26,24 |
|       | Grão            | 13,83                             |       |      |      |      |      | 13,83 |
| 2     | Planta          | 13,56                             | 13,65 |      |      |      |      | 27,21 |
|       | Grão            | 7,20                              | 8,06  |      |      |      |      | 15,26 |
| 3     | Planta          | -                                 | 5,34  | 5,29 | 2,66 | 1,40 | 2,20 | 16,89 |
|       | Grão            | -                                 | 2,87  | 3,19 | 1,65 | 0,86 | 1,32 | 9,88  |
| 4     | Planta          | 26,50                             |       |      |      |      |      | 26,50 |
|       | Grão            | 14,26                             |       |      |      |      |      | 14,26 |
| 5     | Planta          | 13,50                             | 11,46 |      |      |      |      | 24,95 |
|       | Grão            | 7,35                              | 6,90  |      |      |      |      | 14,25 |
| 6     | Planta          | -                                 | 3,21  | 4,06 | 1,62 | 0,86 | 1,31 | 11,05 |
|       | Grão            | -                                 | 1,98  | 2,67 | 1,00 | 0,49 | 0,87 | 7,01  |
| 7     | Planta          | 7,86                              | 6,42  |      |      |      |      | 14,27 |
|       | Grão            | 4,18                              | 3,88  |      |      |      |      | 8,06  |
| 8     | Planta          | 7,77                              | 10,23 |      |      |      |      | 18,00 |
|       | Grão            | 4,02                              | 5,75  |      |      |      |      | 9,77  |

Em todos os tratamentos, considerando-se apenas a aplicação no estágio s, isto é, na semeadura, a % do nitrogênio proveniente do fertilizante foi ligeiramente superior na palha em relação ao grão. Talvez o nitrogênio aplicado na semeadura foi utilizado mais para a formação da palha que para o grão. Isso explica a maior relação palha/grão (Tabela 3) obtido com os tratamentos 1 e 4, sobre os de-

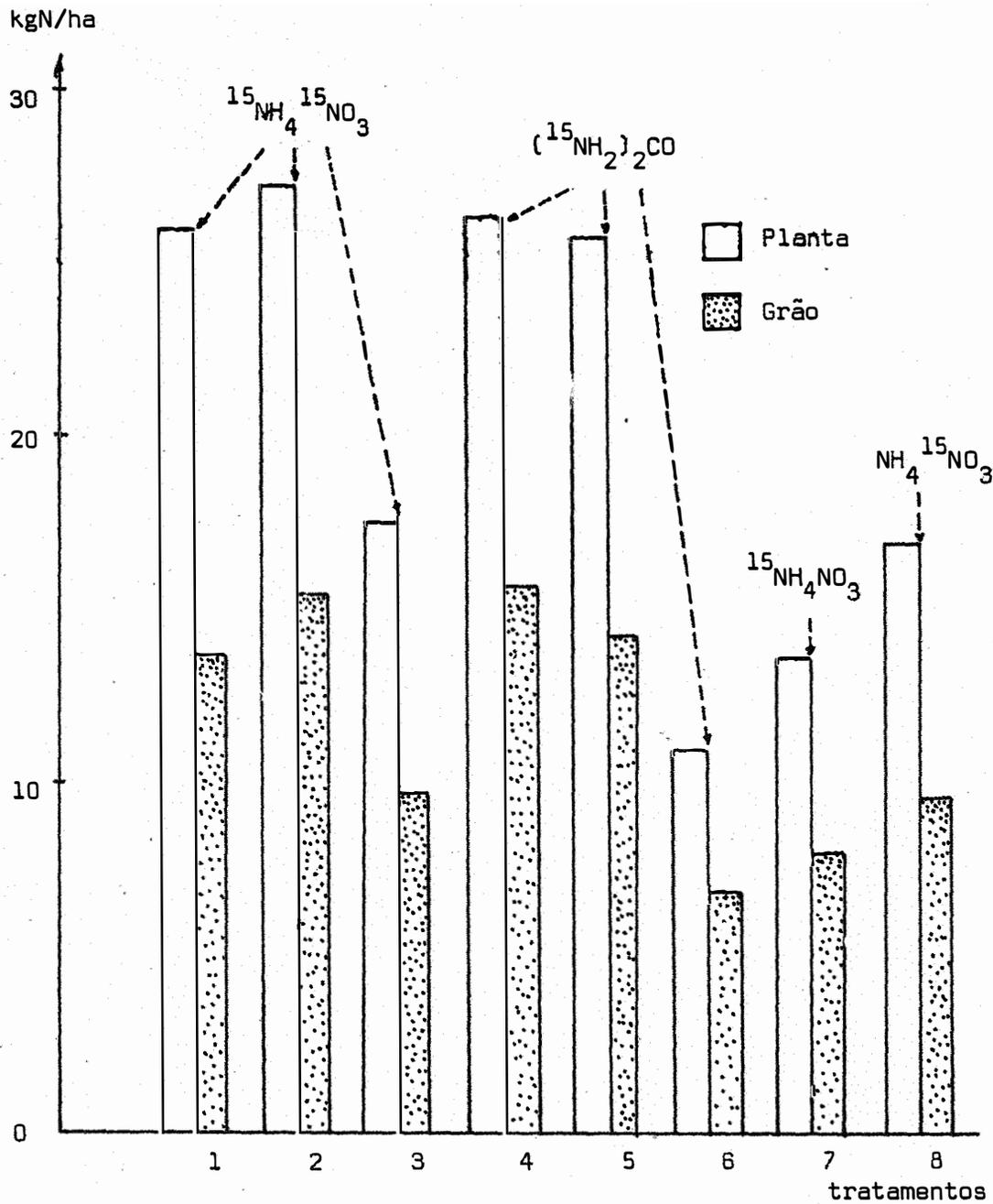


Figura 5.1. - Quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante. Tratamentos 1 e 4 = 120 kg N/ha na sementeira; 2, 5, 7 e 8 = 60 kg N/ha na sementeira e 60 kg N/ha no perfilhamento; 3 e 4 = 20 kg N/ha em cada um dos estágios (sementeira, perfilhamento, emborrachamento, espigamento, antesis e grão leitoso).

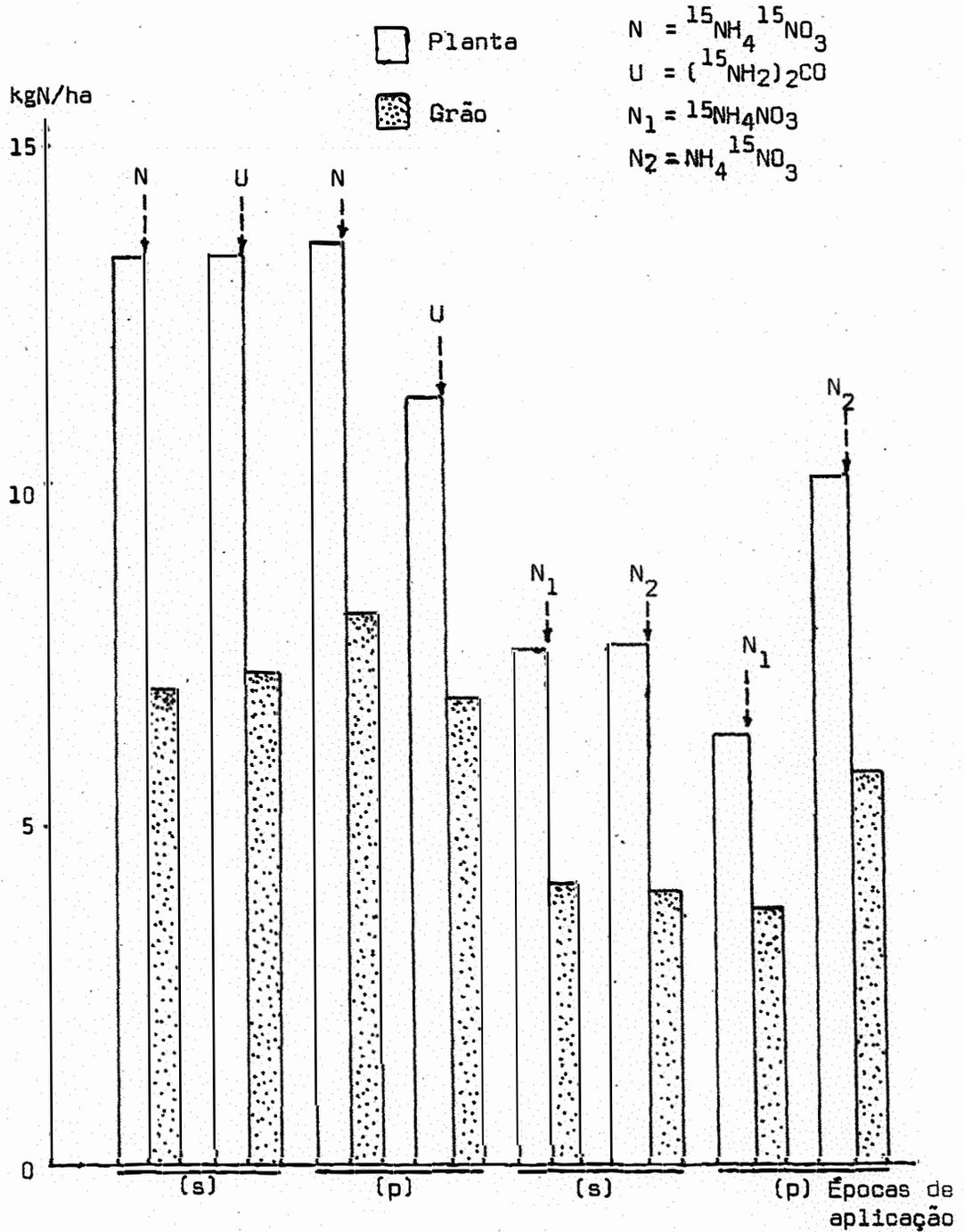


Figura 5.2. - Quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante de acordo com a época de aplicação. Tratamentos 2,5, 7 e 8, nos quais os adubos foram aplicados 1/2 dose (60 kgN/ha) na semeadura (s) e o restante no perfilhamento (p).

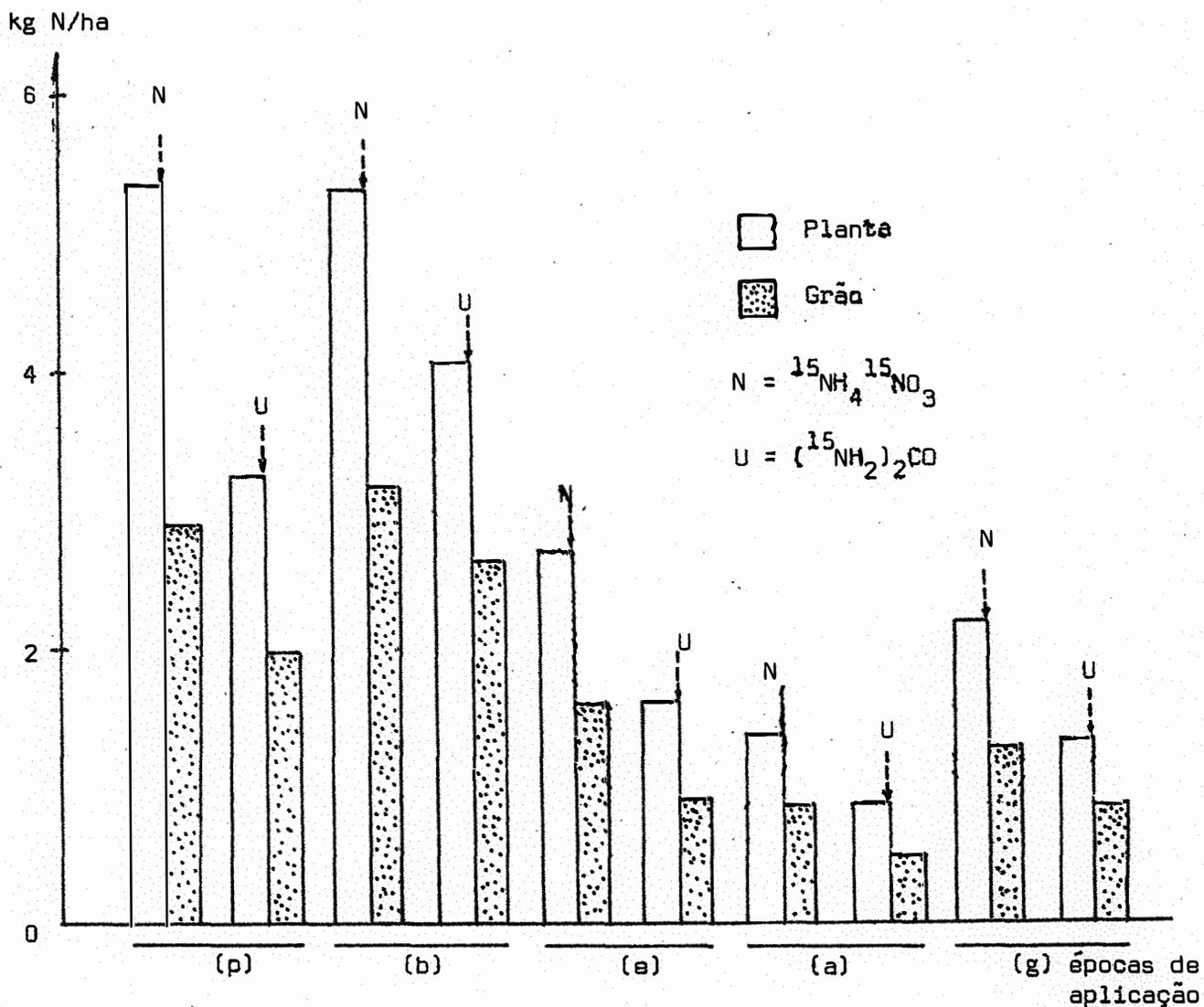


Figura 5.3. - Quantidade de nitrogênio proveniente do fertilizante de acordo com a época de aplicação. Tratamentos 3 e 6. Épocas de aplicação de  ${}^{15}\text{N}$  (20 kg N/ha em cada época) = perfilhamento (p), emborrachamento (b), espigamento (e), antesis (a) e estágio do grão leitoso (g).

mais. Já, a partir do estágio p (perfilhamento), parece que a planta absorveu o nitrogênio do fertilizante e o destinou mais para a produção de grão, uma vez que em todos os tratamentos, a aplicação a partir desse estágio proporcionou maior % de nitrogênio proveniente do fertilizante no grão que na palha.

### 9.3.2. Eficiência do fertilizante utilizado e a sua eficiência na conversão em proteína do trigo em grão

A eficiência do fertilizante utilizado (E.F.U.) e a sua eficiência na conversão em proteína (E.C.P.) do grão foram calculadas com base nos resultados obtidos em 9.3.1 e considerando como 100% o total do nitrogênio aplicado em cada estágio, conforme o caso. Foram utilizadas, as seguintes fórmulas:

$$\text{E.F.U. \%} = \frac{\text{Quant. de N na planta prov. do fert. (kg/ha)}}{\text{Dose aplicada (kg/ha)}} \times 100$$

$$\text{E.C.P. \%} = \frac{\text{Quant. de N no grão prov. do fert. (kg/ha)}}{\text{Dose aplicada (kg/ha)}} \times 100$$

NOTA: - Os resultados assim obtidos, são baseados no  $^{15}\text{N}$ , portanto, quando apenas uma das formas do nitrato de amônio (amônio ou nitrato) é enriquecida, como no caso do tratamento 7 e 8, considerou-se apenas a forma enriquecida.

#### Eficiência do fertilizante utilizado

Os resultados encontram-se na tabela 9 e Figura 6.

Tabela 9 - Eficiência do fertilizante utilizado (%)

(Média de 6 repetições)

| TRATAMENTO     |                                       |            | EFU (%) | ARC SEN√% |
|----------------|---------------------------------------|------------|---------|-----------|
| 1              | $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ | (1 época)  | 21,86   | 27,87     |
| 2              | $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ | (2 épocas) | 22,20   | 28,11     |
| 3              | $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ | (6 épocas) | 16,89   | 24,27     |
| 4              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$       | (1 época)  | 21,24   | 27,43     |
| 5              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$       | (2 épocas) | 20,46   | 26,88     |
| 6              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$       | (6 épocas) | 11,05   | 19,43     |
| 7              | $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$         | (2 épocas) | 11,80   | 20,13     |
| 8              | $\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$      | (2 épocas) | 15,00   | 22,79     |
| T              | Testemunha                            |            |         |           |
| CV             |                                       |            |         | 7,63      |
| F              |                                       |            |         | 14,64     |
| dms (Tukey 5%) |                                       |            |         | 3,36      |

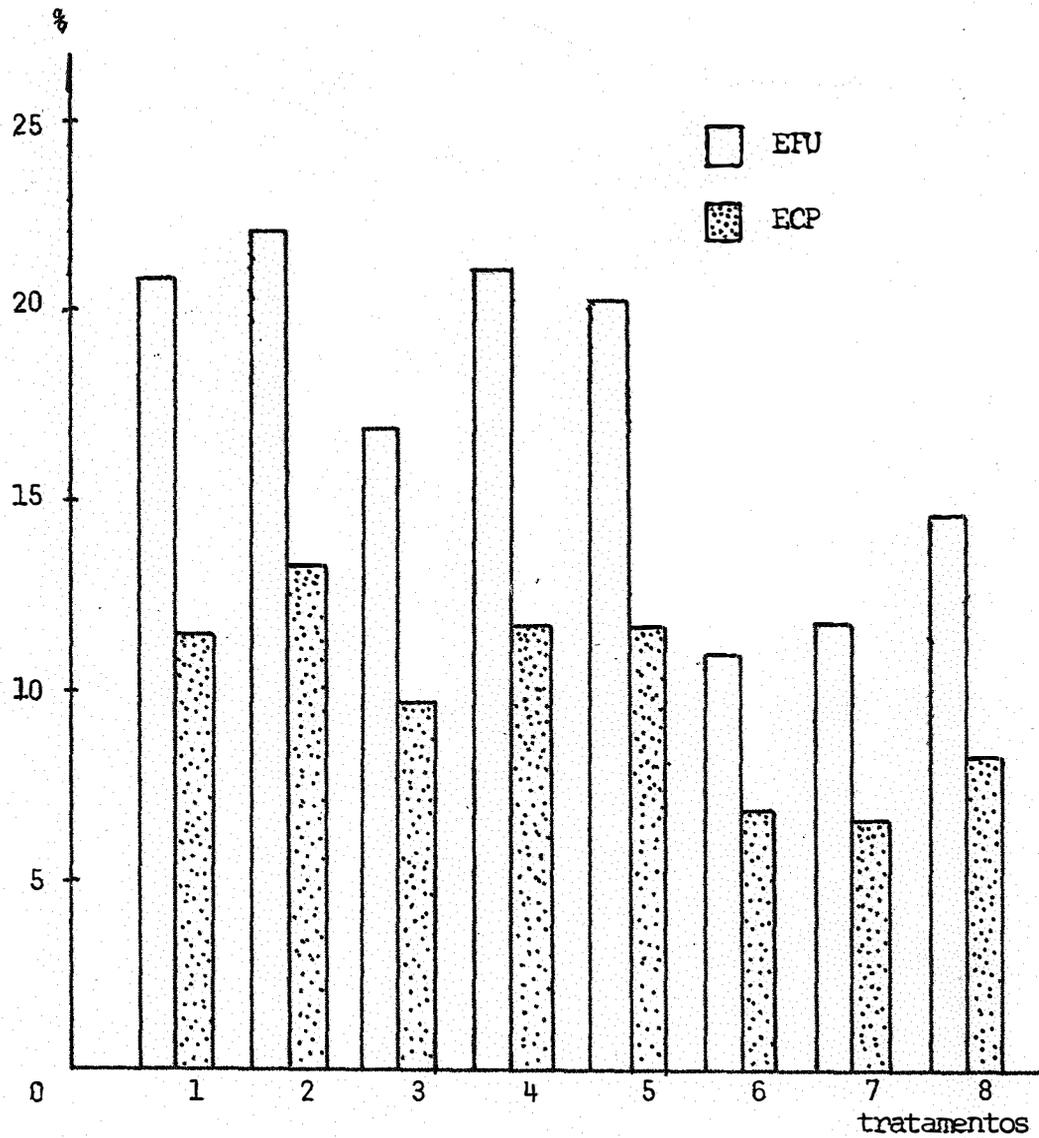


Figura 6 - Eficiência do fertilizante utilizado (EFU) e Eficiência na conversão em proteína do trigo em grão (ECP). Tratamentos 1 e 4 = 120 kg N/ha na sementeira; 2, 5, 7 e 8 = 60 kg N/ha na sementeira e 60 kg N/ha no perfilhamento; 3 e 6 = 20 kg N/ha em 6 parcelamentos

Em ambas as fontes, tanto a aplicação de todo fertilizante na semeadura como em duas épocas apresentaram valores aproximadamente iguais. Quando parceladas em mais épocas (tratamento 3 e 6), a eficiência do fertilizante, também nas duas fontes, foi inferior àqueles tratamentos. A uréia, nesse caso, apresentou o menor resultado (cerca da metade do tratamento 2), sendo mesmo inferior ao tratamento equivalente do nitrato de amônio.

Nota-se que as eficiências obtidas, quando se considerou somente a porção amoniacal (tratamento 7) ou somente nítrica (tratamento 8), parceladas em duas vezes, foram ligeiramente superiores ao tratamento 5 (120 kg/ha de uréia e 6 parcelamentos), embora estatisticamente essas diferenças não fossem significativas. Isto equivale a dizer que a metade da dose do nitrato de amônio quando parcelada em duas, é igual ou superior ao resultado obtido quando uma dose (120 kg/ha) de uréia é parcelada em seis vezes.

Os valores obtidos foram relativamente baixos quando comparados com aqueles dos trabalhos de *CARTER et al., 1967* e *BROADBENT e NAKASHIMA, 1968* que conseguiram acima de 50%. O máximo foi de 22,2% no tratamento 2, que foi aproximadamente igual a do 1, 4 e 5. Observa-se que apenas 27,21 kg de nitrogênio (tabela 8) do total de 120 kg/ha aplicado foi aproveitado pelo trigo. Mesmo assim, mais de 50% do nitrogênio na planta é aquele proveniente do fertilizante quando todo o nitrato de amônio é aplicado na semeadura ou em duas vezes, e quando toda dose de uréia é aplicado de uma vez só (tabela 7).

#### Eficiência na conversão do fertilizante em proteína do grão

Os resultados referentes a eficiência na conversão encontram-se na Tabela 10 e Figura 6.

Tabela 10 - Eficiência na conversão do fertilizante nitrogenado em proteína do trigo em grão (E.C.P.) (%).

(Média de 6 tratamentos)

|                | TRATAMENTO                                       | ECP (%) | ARC SEN√% |
|----------------|--|---------|-----------|
| 1              | $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (1 época)  | 11,53   | 19,70     |
| 2              | $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas) | 13,39   | 21,28     |
| 3              | $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (6 épocas) | 9,88    | 18,42     |
| 4              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (1 época)        | 11,89   | 20,13     |
| 5              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (2 épocas)       | 11,87   | 20,08     |
| 6              | $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (6 épocas)       | 7,01    | 15,35     |
| 7              | $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ (2 épocas)         | 6,73    | 15,00     |
| 8              | $\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ (2 épocas)      | 8,53    | 16,92     |
| CV             |  |         | 9,66      |
| F              |  |         | 14,64     |
| dms (Tukey 5%) |  |         | 3,22      |

Os resultados da eficiência na conversão seguem aqueles da eficiência do fertilizante utilizado. Neste caso também, portanto, os tratamentos 1, 2, 4 e 5 foram similares. Entretanto, as diferenças do tratamento 3 com 1 e 2 não foram significativas estatisticamente. O tratamento que deu o menor resultado foi aqui também o 6 (uréia, em 6 parcelamentos).

Constatou-se que apenas um máximo de 15,26 kg/ha (Eficiência de 13,39%) do total de 120 kg/ha aplicado foi convertido em proteína do grão.

### 9.3.3. Efeito do estágio de aplicação na utilização da forma nítrica ou amoniacal

Os resultados referentes a eficiência na utilização de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  (EFU) e a eficiência na conversão de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  em proteína (ECP), de acordo com o estágio de aplicação, estão na tabela 11 e Figura 7.

Tabela 11 - Eficiência na utilização de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  e eficiência na conversão de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  em proteína do trigo em grão.

(Média de 6 repetições)

| TRATAMENTO            | ESTÁGIO | EFU   |           | ECP   |           |
|-----------------------|---------|-------|-----------|-------|-----------|
|                       |         | %     | ARC SEN % | %     | ARC SEN % |
| 7 ( $\text{NH}_4^+$ ) | s       | 26,18 | 30,76     | 13,94 | 21,85     |
| 7 ( $\text{NH}_4^+$ ) | p       | 21,39 | 27,55     | 12,93 | 21,36     |
| 8 ( $\text{NO}_3^-$ ) | s       | 25,90 | 30,59     | 13,50 | 21,46     |
| 8 ( $\text{NO}_3^-$ ) | p       | 34,10 | 35,72     | 19,14 | 25,74     |
| CV                    |         |       | 6,40      |       | 13,34     |
| F                     |         |       | 17,22     |       | 1,50      |
| dms (Tukey 5%)        |         |       | 3,31      |       | 4,96      |

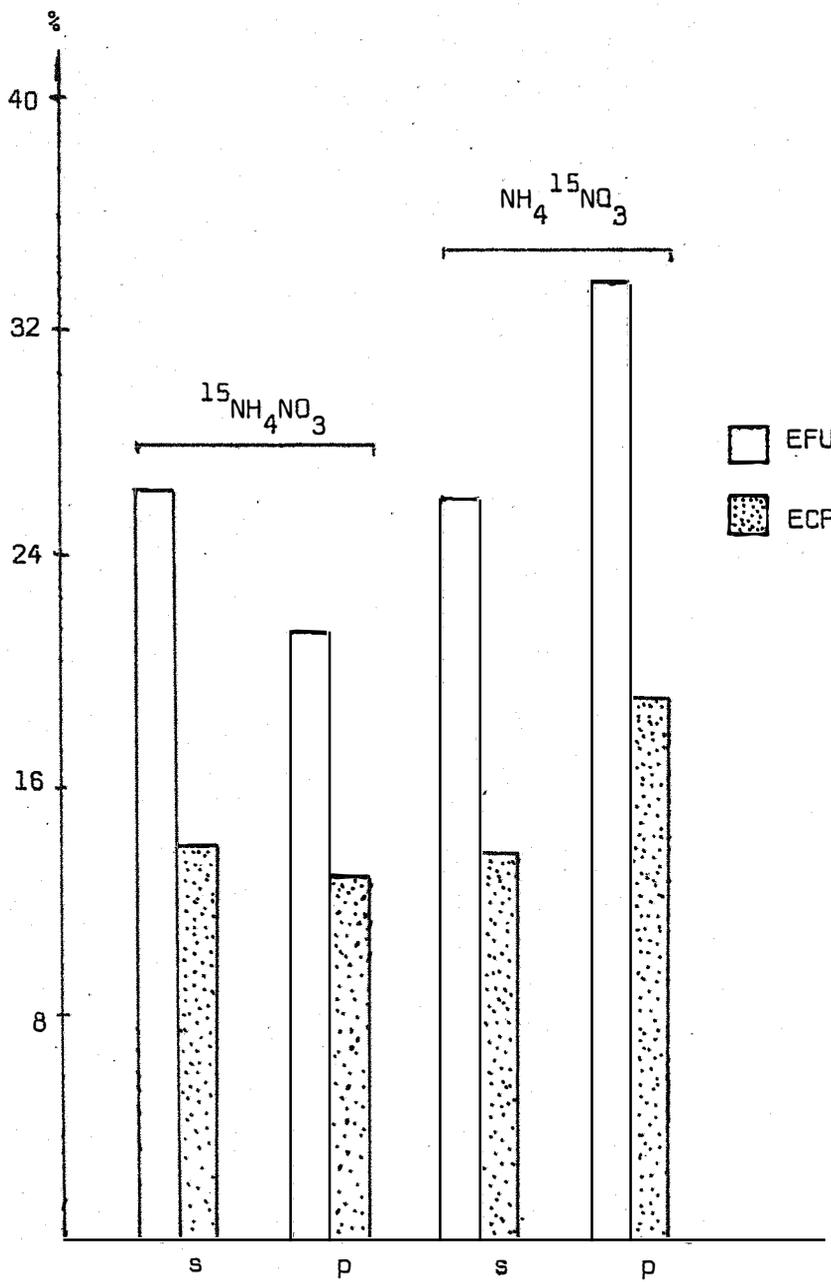


Figura 7 - Eficiência do fertilizante utilizado (EFU) e Eficiência na conversão em proteína do trigo em grão (ECP). Tratamento 7 ( $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) e tratamento 8 ( $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ ), 60 kg N/ha na semeadura (s) e 60 kg N/ha no perfilhamento (p).

Nota-se que ambas as formas não apresentaram diferença na eficiência da utilização quando a aplicação foi feita na semeadura, mas a forma nítrica foi superior no estágio de perfilhamento (p). A utilização pelo trigo quanto a forma amoniacal, foi menor no estágio p que na semeadura (embora a diferença não tenha sido significativa) e na forma nítrica ocorreu justamente o contrário. Quanto a eficiência na conversão, as diferenças não foram significativas estatisticamente, mas os resultados seguem àqueles do anterior. Considerando-se o total de cada tratamento a forma nítrica mostrou-se superior (Tabelas 9 e 10).

O nitrogênio assim que é aplicado no solo está sujeito a ação de diversos fatores e o destino desse elemento antes de ser absorvido pela planta depende das condições do meio (veja-se a Figura 8). É difícil, portanto, chegar-se a uma conclusão segura com os resultados obtidos em condições de campo.

O mais importante dos fatores responsáveis pela pequena utilização do nitrogênio, em condições normais, é a lixiviação (ALLISON, 1965). Ambas as formas de nitrogênio estão sujeitas a esse tipo de perda, sendo a nítrica diretamente e a amoniacal, após a nitrificação. Em virtude disso, a última forma,  $\text{NH}_4^+$ , sofre menor efeito, ou pelo menos, a ação da água sobre ela é mais demorada. ALLISON, 1965 avalia essa perda baseando-se nos dados de precipitação-evapotranspiração. Há perda por lixiviação quando os valores de precipitação excedem os da evapotranspiração, dentro de curto período.

MALAVOLTA *et al.*, 1955 e MIKKELSEN e MILLER, 1963 (citado por MALAVOLTA, 1967) constataram que a nitrificação pode ser completada em um período de menos de um mês após a aplicação de sulfato de amônio. No presente trabalho a amônia deve ter sofrido completa nitrificação depois de um certo período. Nos primeiros 10 dias a precipitação não excedeu a evapotranspiração, enquanto o processo de nitrificação deve ter continuado; já nos dez dias seguintes, houve

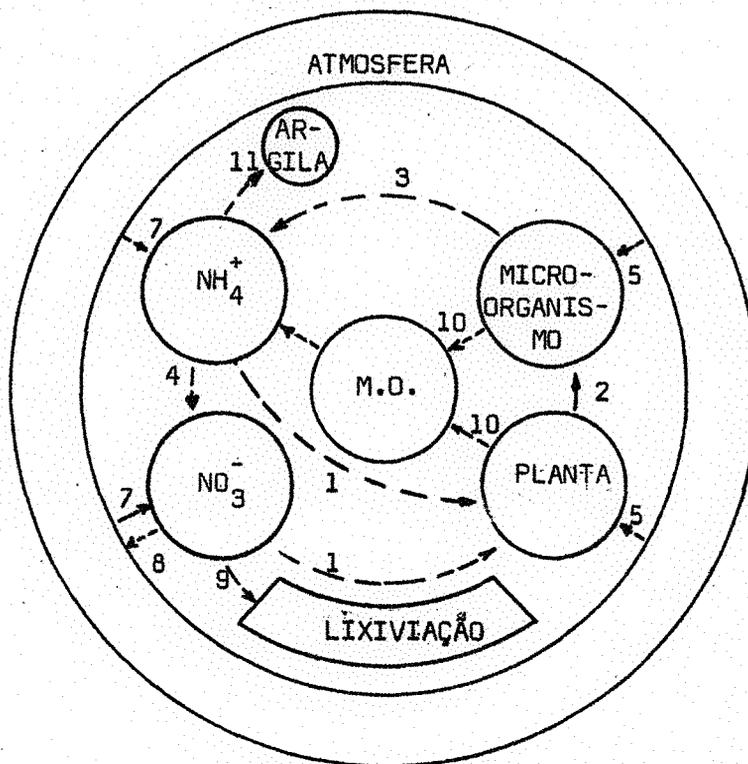


Figura 8 - O nitrogênio no solo (JANSSON, 1972)

1. assimilação
2. consumo de material da planta, produção dos microorganismos
3. mineralização dos organismos mortos
4. nitrificação
5. fixação biológica do N atmosférico
6. decomposição das M.O.
7. adubação
8. desnitrificação
9. lixiviação
10. formação da M.O.
11. fixação pela argila

maior precipitação, e durante os dez dias subsequentes, quando já maior parte da amônia deve ter sofrido a nitrificação, houve outra vez uma queda na precipitação. Se até aí ocorreu perda por lixiviação, o que naturalmente deve ter sido maior no tratamento em que está considerando a forma nítrica, provavelmente o foi no segundo período. Essa diferença deve ter sido insignificante devido ao processo de nitrificação da amônia. Talvez seja essa a razão pelo qual, quando a aplicação foi feita na semeadura, tenha ocorrido uma pequena diferença na utilização, embora quase desprezível.

Outro fator responsável pela perda do nitrogênio do solo é a volatilização. O  $\text{NH}_4^+$  é particularmente sujeito a ela, chegando a atingir 25% do total de nitrogenio aplicado. Isso ocorre somente em condições alcalinas, sendo a volatilização de amonia do  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ou  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  praticamente insignificante quando o pH do solo é baixo (*WALKER et al.*, 1956; *VOLK*, 1959 e 1961; *KRESGE e SATCHELL*, 1960 e *HARDING et al.*, 1963). Portanto a menor utilização de  $\text{NH}_4^+$  em relação a  $\text{NO}_3^-$  no presente trabalho não deve ter sido devido a esse fenômeno, uma vez que o solo apresentava pH relativamente baixo(4,9).

Quanto a fixação do  $\text{NH}_4^+$  pela argila, não deve ser considerada, pois se fosse o caso, teria ocorrido diferença também quando da primeira aplicação. Há porém uma remota possibilidade que também não deve ser desprezada: pode ter ocorrido fixação da amônia, o trigo apresentando uma certa preferencia no inicio pela forma amoniacal, como na maioria das culturas (veja-se Revisão da Literatura), utilizando então quantidade equivalente a do nitrato.

Inúmeros são ainda os fatores que envolvem a perda de N pelo solo, porém são relacionados com nitrato e outras formas decorrentes da desnitrificação ou de reações secundárias (*ALLISON*, 1966), A avaliação de tais fatores, assim como aquele da fixação de amônio, é extremamente complexa. A natureza do trabalho e a forma em que foi conduzido o experimento, entretanto, não nos permitem qualquer outra tentativa na interpretação dos resultados obtidos.

Pode-se dizer, pelos nossos dados, que o trigo no início não parece mostrar preferência na forma nítrica ou amoniacal, mas após um certo período, a utilização de nitrato é maior, como ocorre em outras culturas (JONES e SKINNER, 1927; STAHL e SHIVE, 1923, GHOSH e BURRIS, 1949, JACKSON e VOLK, 1966 e LUGO, 1970).

#### 9.3.4. Efeito dos diferentes estágios de aplicação sobre a utilização do nitrato de amônio e de uréia

Os resultados referentes a eficiência da utilização, e eficiência na conversão de acordo com o estágio de aplicação encontram-se na Tabela 12.1 e 12.2 e Figuras 9, 10 e 11.

Tabela 12.1. - Eficiência do fertilizante utilizado (EFU%) e Eficiência na conversão do fertilizante em proteína(ECP%) quando aplicado na semeadura (s) e no perfilhamento (p)

(Média de 6 repetições)

| TRATAMENTO                                 | ESTÁGIO | EFU   |             | ECP   |            |
|--|---------|-------|-------------|-------|------------|
|  |         | %     | ARC SEN/°   | %     | ARC SEN/°  |
| $^{15}\text{NH}_4\text{ }^{15}\text{NO}_3$ | s       | 22,60 | 28,38       | 12,00 | 20,05      |
| $^{15}\text{NH}_4\text{ }^{15}\text{NO}_3$ | p       | 22,75 | 28,47       | 13,44 | 21,17      |
| $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$            | s       | 22,49 | 28,30       | 12,24 | 20,40      |
| $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$            | p       | 19,10 | 25,92       | 11,50 | 19,46      |
| CV   |         |       | 11,28       |       | 16,48      |
| F  |         |       | 0,93 (n.s.) |       | 0,27(n.s.) |
| dms (Tukey 5%)                             |         |       | 5,13        |       | 5,57       |

Tabela 12.2. - Eficiência do fertilizante utilizado (EFU%) e Eficiência na conversão do fertilizante em proteína (ECP%), de acordo com os diversos estágios de aplicação

(Média de 6 repetições)

| TRATAMENTO                            | ESTÁ-<br>GIO | EFU   |            | ECP   |            |
|---------------------------------------|--------------|-------|------------|-------|------------|
|                                       |              | %     | ARC SEN, % | %     | ARC SEN, % |
| $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ | p            | 26,70 | 31,08      | 13,34 | 21,43      |
| $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ | b            | 26,42 | 30,92      | 15,96 | 23,53      |
| $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ | e            | 13,30 | 21,30      | 8,22  | 16,37      |
| $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ | a            | 7,01  | 15,30      | 3,79  | 11,24      |
| $^{15}\text{NH}_4$ $^{15}\text{NO}_3$ | g            | 11,00 | 19,37      | 6,58  | 14,62      |
| $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$       | p            | 16,04 | 23,60      | 9,91  | 18,21      |
| $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$       | b            | 20,29 | 26,78      | 13,34 | 21,43      |
| $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$       | e            | 8,21  | 16,54      | 4,99  | 12,77      |
| $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$       | a            | 4,27  | 11,86      | 2,29  | 8,42       |
| $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$       | g            | 6,57  | 14,83      | 4,35  | 11,98      |
| CV                                    |              |       | 9,95       |       | 12,85      |
| F                                     |              |       | 62,88      |       | 35,31      |
| dms (Tukey 5%)                        |              |       | 4,01       |       | 2,30       |

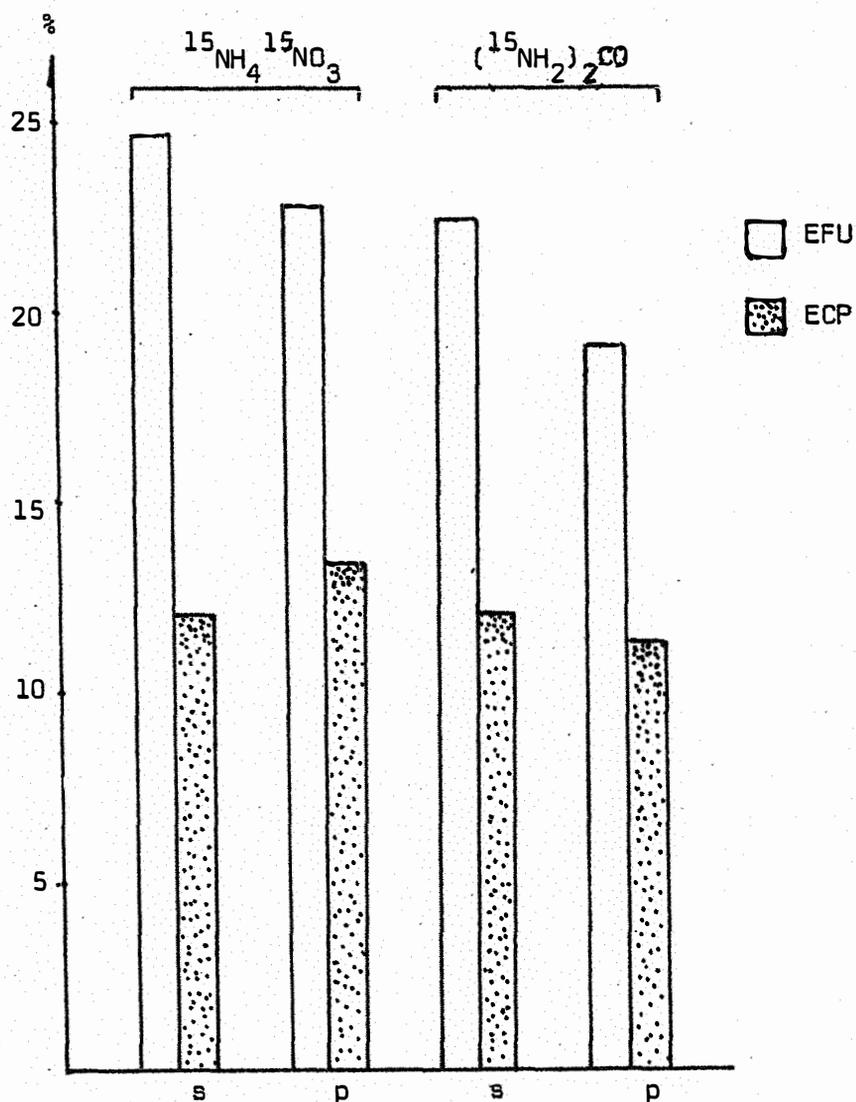


Figura 9 - Eficiência do fertilizante utilizado (EFU) e Eficiência na conversão em proteína do trigo em grão (ECP).  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  e  $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$  aplicados 1/2 dose (60 kg N/ha) na semeadura (s) e o restante no perfilhamento (p).

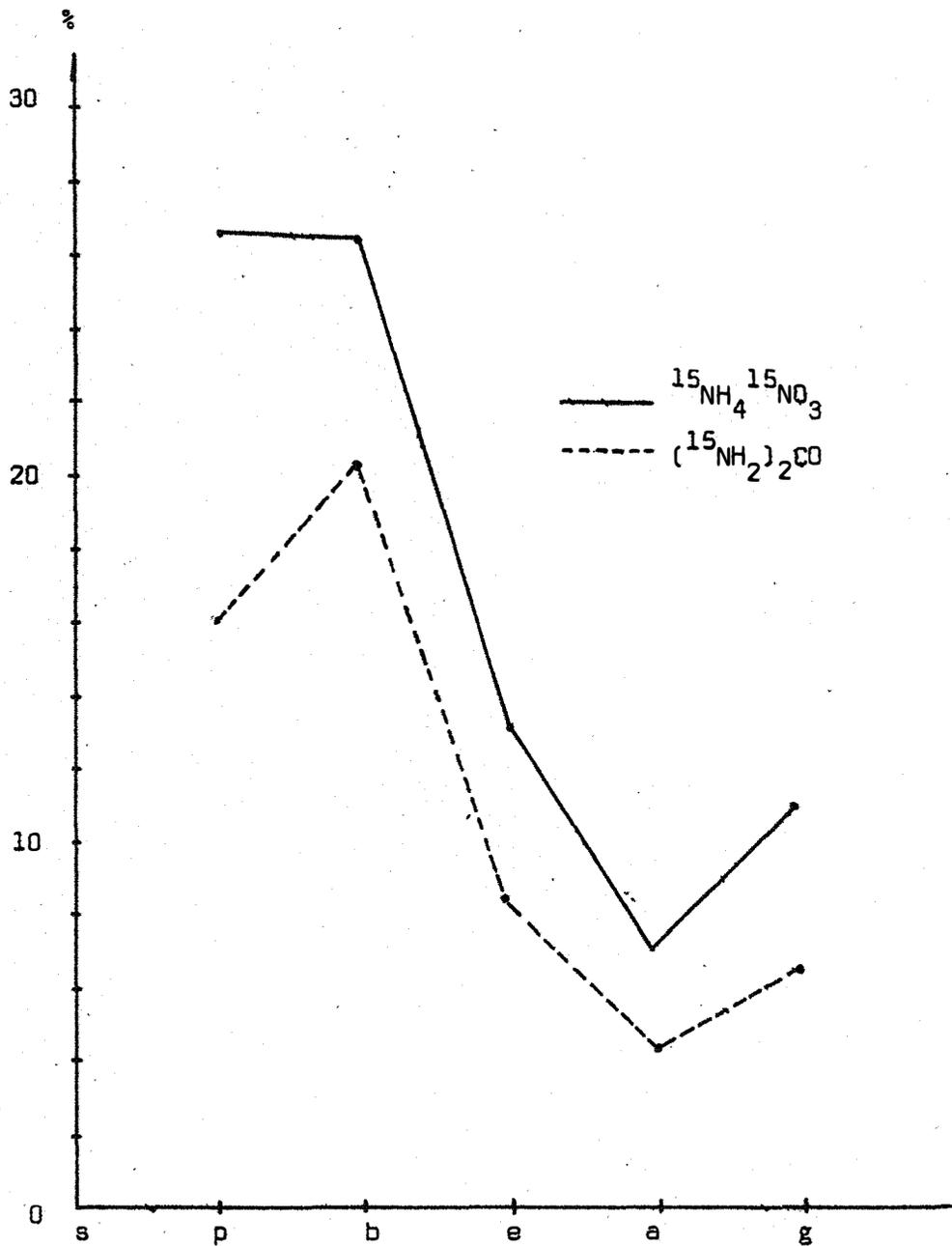


Figura 10 - Eficiência do fertilizante utilizado.  $^{15}\text{NH}_4\ ^{15}\text{NO}_3$  e  $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , 20 kg/ha em cada uma das épocas: sementeira (s), perfilhamento (p), emborrachamento (b), espigamento (e), antesis (a) e grão leitoso (g).

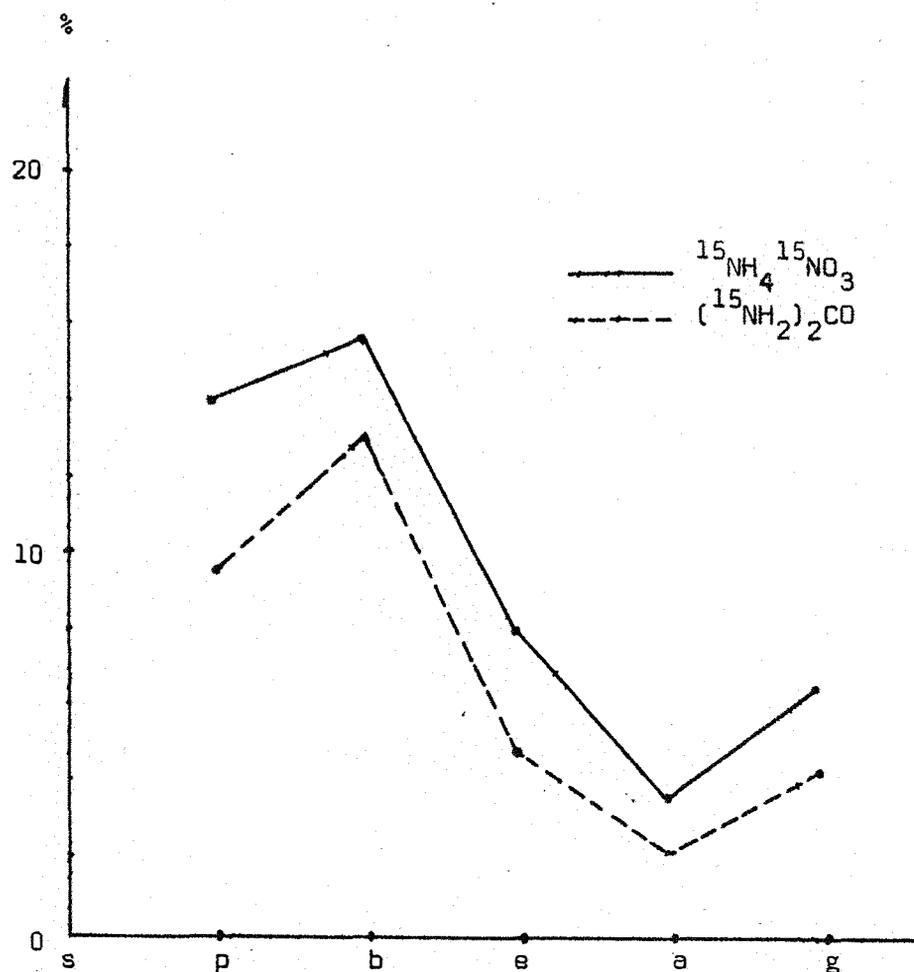


Figura 11 - Eficiência na conversão em proteína do trigo em grão.  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  e  $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , 20 kg/ha em cada uma das épocas: semeadura (s), perfilhamento (p), emborrachamento (b), espigamento (e), antesis (a) e grão leitoso (g).

O nitrato de amônio apresentou eficiências na utilização aproximadamente iguais nos estágios p e b, decrescendo então gradativamente a medida que era atrasada a aplicação de  $^{15}\text{N}$ . No último estágio (g) houve um ligeiro aumento.

A eficiência na conversão foi ligeiramente superior no estágio b, em relação ao estágio p, mas a partir daí a tendência foi igual ao caso anterior.

Para a uréia, a eficiência tanto na utilização como na conversão, mostrou-se maior no estágio b, que foi ligeiramente superior ao estágio anterior, caindo gradativamente até o último estágio (g) quando, como no caso do nitrato de amônio, houve um ligeiro aumento.

O nitrato de amônio mostrou consideravelmente mais eficiente tanto na utilização como na conversão em todos os estágios. Essas diferenças foram significativas nos estágios p, b e e para o primeiro caso. Para a eficiência na conversão, todas as diferenças com exceção apenas do estágio b, foram significativas.

Quando os adubos foram parcelados apenas duas vezes, a aplicação na semeadura (s) não mostrou diferença entre as fontes; já no perfilhamento (p), o aproveitamento do nitrato de amônio pelo trigo foi melhor em relação ao da uréia, embora essa diferença não tivesse sido significativa. Para o nitrato de amônio, os valores obtidos no perfilhamento foi ligeiramente superior em relação aos da semeadura, ao passo que na uréia aconteceu o contrário (estatisticamente não significativas).

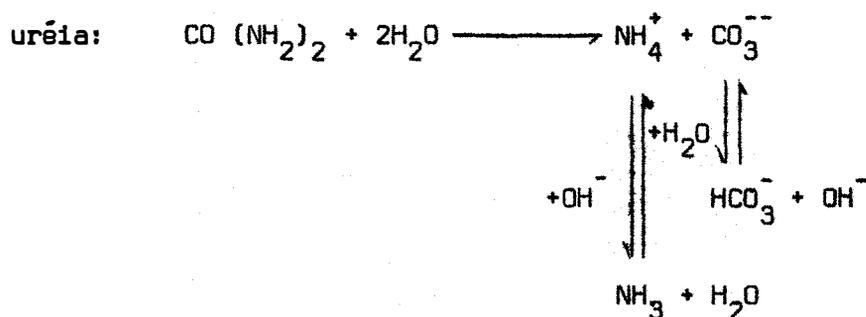
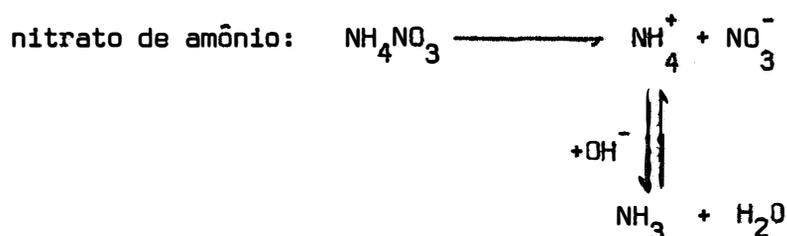
A menor utilização da uréia em relação ao nitrato de amônio deve ter sido devido a perda por volatilização da amônia resultante da hidrólise da uréia, pois quando foram aplicados na semeadura, talvez pelo fato de terem sido incorporados ao solo, não apresentaram diferença.

Inúmeros são os trabalhos relacionados a volatilização da uréia (JONES, 1932; WALKER et al., 1956; VOLK, 1959; ERNST e MASSEY,

1960; KRESGE e SATCHELL, 1960; WAGNER e SMITH, 1960; WAHHAB et al., 1960; MEYER et al., 1961; HARDING et al., 1963; SIMPSON e MELSTED, 1963; GASSER, 1964; BLASCO e CORNFIELD, 1966 e OVERREIN e MOE, 1966).

Tem sido demonstrado que a perda é considerável e comparativamente muito maior que nos demais adubos, entre eles o nitrato de amônio. Chegou-se à conclusão também de que a aplicação superficial da uréia favorece a volatilização, o mesmo acontecendo com o aumento do pH.

O nitrato de amônio e uréia, após a aplicação no solo, sofrem as seguintes transformações:



Pode-se verificar que no caso da uréia a sua transformação torna o meio altamente alcalino, chegando a atingir pH acima de 8 (WAHHAB et al., 1960 e MEYER et al., 1961) favorecendo a perda por volatilização. Portanto em solos ácidos, a uréia pode, ao contrário do nitrato de amônio, sofrer transformações. A amônia, nessas condições, pode-se perder por volatilização.

## 10. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente experimento nos permitem concluir que:

1. As fontes de nitrogênio utilizadas, nitrato de amônio e uréia, se comportaram de modo idêntico quanto à produção de trigo em grão, utilização como adubo e conversão em proteína de trigo em grão.
2. O parcelamento dessas fontes não mostrou vantagem na utilização ou conversão em proteína sobre a aplicação de toda dose na sementeira. Quanto maior o parcelamento, menor o efeito produzido.
3. Quando adubado na sementeira, a eficiência da amônia não diferiu significativamente daquela do nitrato. Mas, quando aplicado no perfilhamento, o trigo utilizou mais nitrogênio na forma nítrica.
4. A eficiência de nitrato de amônio parcelado diversas vezes em pequenas doses, foi maior que da uréia, nas mesmas condições. A menor utilização de uréia deve ter sido devido a maior susceptibilidade à volatilização, principalmente quando aplicada em cobertura.
5. Quando parceladas diversas vezes em pequenas doses, a eficiência de ambas as fontes foi decrescendo com o atraso na aplicação até o estágio de antesis.

## 11. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar a eficiência de dois adubos nitrogenados, nitrato de amonio e uréia, quando parcelados ou não, na utilização e conversão em proteína do trigo em grão. Comparou-se também o efeito da época de aplicação sobre as formas de nitrogenio,  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , do nitrato de amonio.

Para tanto, uma dose equivalente a 120 kg/ha de N de uréia- $^{15}\text{N}$  e nitrato de amonio- $^{15}\text{N}$  enriquecidos no ion  $\text{NH}_4^+$  e/ou  $\text{NO}_3^-$  ( $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ ) foram assim aplicados:

- a. toda dose na sementeira;
- b. metade na sementeira e o restante no perfilhamento;
- c. em 6 parcelamentos, 20 kg/ha de N, em cada uma das seguintes épocas: sementeira, perfilhamento, emborrachamento, espigamento, antesis e grão no estágio "leitoso".

Para o primeiro caso (a), utilizou-se uréia- $^{15}\text{N}$  e  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  com 1% de  $^{15}\text{N}$  em excesso. Para o segundo caso (b), uréia- $^{15}\text{N}$  e  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  (comparação de fontes de N),  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  (comparação de formas  $\text{NH}_4^+$  vs.  $\text{NO}_3^-$ ) com 1% de  $^{15}\text{N}$  em excesso. Para o último caso (c), uréia- $^{15}\text{N}$  e  $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$  com 2% de  $^{15}\text{N}$  em excesso.

Os resultados obtidos nos permitem dizer que as fontes de nitrogenio utilizadas se comportaram de modo idêntico quanto à produção de trigo em grão, utilização como adubo e conversão em proteína, quando toda dose foi aplicado na sementeira. O parcelamento destes adubos não mostrou vantagem sobre a aplicação de toda dose na sementeira. A uréia, quando parcelada, apresentou menor eficiência que o nitrato de amonio, e neste, a parte nítrica foi superior a amoniacal. A eficiência de ambas as fontes decresceu com o atraso na aplicação.

## 12. SUMMARY

This work was carried out with the objective of studying the efficiency of utilization and conversion into grain protein of two nitrogen fertilizers, ammonium nitrate and urea, when applied at different stages or not. The effect of time of application of the two forms of nitrogen,  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ , was also compared.

A dose rate equivalent to 120 kg of N/ha of urea- $^{15}\text{N}$  and ammonium nitrate- $^{15}\text{N}$  tagged on  $\text{NH}_4^+$  and/or  $\text{NO}_3^-$  ( $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $^{15}\text{NH}_4$   $^{15}\text{NO}_3$  and  $\text{NH}_4$   $^{15}\text{NO}_3$ ) was applied:

- a. all at planting;
- b. half at planting and the remainder at the tillering stage;
- c. 6 split applications, 20 kg/ha of N at each of the following times: planting, tillering, boot stage, heading, anthesis and kernels in milky stage.

In each of the cases the following were utilized: case (a) urea- $^{15}\text{N}$  and  $^{15}\text{NH}_4$   $^{15}\text{NO}_3$  with 1 atom percent excess; case (b) urea- $^{15}\text{N}$  and  $^{15}\text{NH}_4$   $^{15}\text{NO}_3$  (to compare the nitrogen sources),  $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$  and  $\text{NH}_4$   $^{15}\text{NO}_3$  (to compare nitrogen in the form of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ ) with 1 atom percent excess; and case (c), urea- $^{15}\text{N}$  and  $^{15}\text{NH}_4$   $^{15}\text{NO}_3$  with 2 atom percent excess of  $^{15}\text{N}$ .

The results obtained for case (a) lead us to conclude that the two sources of nitrogen utilized are similar in terms of wheat grain production, utilization as fertilizer and conversion into grain protein. However, the split application of these fertilizers was not advantageous over the application of the full dose at planting. When the application of urea was split, it was less efficient than ammonium nitrate. In the case of ammonium nitrate the nitrate part was better than the ammoniacal one. The efficiency of both fertilizers decreased in proportion to the delay of application, up to the stage of anthesis.

### 13. BIBLIOGRAFIA

- ALLISON, F.E. - 1965 - Evaluation of incoming and outgoing processes that affect soil nitrogen. In W.V.Bartholomew and F.E. Clarke (ed), Soil Nitrogen. Agron. 10: 573-606.
- \_\_\_\_\_ - 1966 - The fate of nitrogen applied to soils. Adv. Agron. 18: 219-258.
- \_\_\_\_\_, E.M.ROLLER e J.H.OOETSCH - 1953a. - Ammonium fixation and availability in vermiculite. Soil Sci. 75: 173-180
- \_\_\_\_\_, J.H.OOETSCH e E.M.ROLLER - 1953a. - Availability of fixed ammonium in soils containing different clay minerals. Soil Sci. 75: 373-381.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1971 - Fundação IBGE (1972).
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO TRIGO, safra 1970/1971. IBGE. Ministério da Agricultura. Fundação IBGE (1972).
- ARNON, O.I. - 1937 - Ammonium and nitrate nutrition of barley at different seasons in relation to hydrogen-ion concentration, manganese, copper, and oxygen supply. Soil Sci. 44: 91-121
- BAINS, G.S. - 1949 - Effect of commercial fertilizers and green manure on yield and nutritive value of wheat. Cereal Chem. 26: 317-325
- BARTHOLOMEW, W.V. - 1960 - <sup>15</sup>N in Research on the availability and crop use of nitrogen. In Nitrogen-15 in Soil-Plant studies. Proceedings of a Research Co-ordination Meeting (Sofia) FAO/IAEA, Vienna. 1-20
- \_\_\_\_\_, L.B.NELSON; C.H.WERKMAN - 1950 - The use of the <sup>15</sup>N in field studies with oats. Agron. J. 42: 100-103.
- BEEVERS, L., L.E.SCHRADER, O.FLESHER e R.H.HAGEMAN - 1965 - The role of light and nitrate in the inductions of nitrate reductase in radish cotyledons and maize seedlings. Plant Physiol. 40: 691-698.

- BENSON, N. e R.M.BARNETTE - 1939 - Leaching studies with various sources of nitrogen. Jour. Amer. Soc. Agron. 31: 44-54
- BERLIER, Y. e G.GUIRAUD - 1966 - Absorption et utilisation par des graminées de l'azote nitrique ou amoniacal marqué à l'azote-15. Isotopes in Plant Nutrition and Physiology, Proc. of a Symposium. IAEA/FAD 145-156
- BHATTACHARYA, S. - 1969 - Effect of rate and time of application of nitrogen on the yield of "sonora 64" and "NP 852". Indian J. Sci. 39(12): 1125-1132.
- BLACK, C.A. 1968 - Soil Plant Relationship. Second edition. John Wiley & Sons. Inc. New York. p. 405
- BLASCO, M.L. e A.H.CORNFIELD - 1966 - Volatilization of nitrogen from acid soils. Nature 212: 1279-1280.
- BREMMER, J.M. - 1965 - Total nitrogen. In C.A.Black (ed), Methods of Soil Analysis (part 2) Agronomy n° 9: 1149-1176
- BROOBBENT, F.E. - 1947 - Nitrogen release and carbon loss from soil organic matter during decomposition of added plant residues. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12: 246-249.
- \_\_\_\_\_ e A.G.NORMAN - 1946 - Some factors affecting the availability of the organic nitrogen in soil-A preliminary report. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 11: 264-267.
- \_\_\_\_\_, G.N.HILL e K.B.TYLER - 1958 - Transformation and movement of urea in soils. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 22: 303-307
- \_\_\_\_\_ e T.NAKASHIMA - 1968 - Plant uptake and residual value of tagged nitrogen fertilizer. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 388-392.
- BURTON, G.W. e E.H. DEVANE - 1952 - Effect of rate and method of applying different sources of nitrogen upon the yield and chemical composition of Bermuda grass (*Cynodon dactylon* L. Pers.) hay. Agron. J. 44:128-132.

- CAIN, J.C. - 1952 - A comparison of ammonium and nitrate nitrogen for blueberries. Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. 59: 161-167.
- CARTER, J.N., O.L.BENNETT e R.W.PEARSON - 1967 - Recovery of fertilizer nitrogen under field condition using  $^{15}\text{N}$ . Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31: 50-56.
- CATANI, R.A., J.R.GALLO e H.GARGANTINI - 1955 - Amostragem do solo, métodos de análises, interpretação e indicações para fins de fertilidade. Boletim n° 69. Inst. Agron. Campinas
- CHIU, T.F. e W.L.HUANG - 1970 - Techniques of nitrogen fertilizing of rice plants. I. Effect of late topdressing of nitrogen on the yield and nutrient uptake of rice plants. J.Taiwan Agr. Res. 19: 26-41
- CHO, C.M. e HAUNOLO, E.ENGELBERT e M.FRIED - 1964 -  $^{15}\text{N}$  field experiment with maize within the framework of an international programe. Trans. 8 th Int. Congr. Soil Sci. 4: 87-97
- CONRAD, J.P. - 1940a. - Hydrolysis of urea in soils by thermolabile catalysis. Soil Sci. 49: 253-263
- \_\_\_\_\_ - 1940b. - The nature of the catalyst causing the hydrolysis of ureia in soils. Soil Sci. 50: 119-134
- \_\_\_\_\_ - 1942a. - The ocurrence and origen of urease - like activities in the soil. Soil Sci. 54: 367-380.
- \_\_\_\_\_ - 1942b. - Enzymatic vs. microbial concepts of urea hydrolysis in the soil. Jour. Amer. Soc. Agron. 34: 1102-1113.
- COOPER, C.L. - 1956 - The effect of source, rate and time of nitrogen application upon the yields, vegetative composition and crude protein content of native flood-meadow hay in eastern Oregon. Agron. J. 48: 543-545

- COURT, M.N., R.C.STEPHEN e J.S.WAIO - 1964 - Toxicity as a cause of the inefficiency of urea as a fertilizer. I. Review J. Soil Sci. 15:42-48
- CROCOMO, D.J., A.M.L.NEPTUNE e H.REYES-ZUMETA - 1965 - Absorción de iones por las plantas. Univ. del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo Venezuela. 187 pp.
- DAVIDSON, J. e R.BUCHANAN - 1945 - Effect of sodium nitrate applied at different periods of the growing season on the yield, composition, and quality of wheat Jour. Amer. Soc. Agron. 37: 722-726
- \_\_\_\_\_ e H.A.LECLERC - 1923 - Effect of various inorganic nitrogen compounds applied at different stages of growth on the yield, composition and quality of wheat. Jour. Agr. Res. 23: 55-68
- DEVINE, J.R. e M.R.J.HOLMES - 1963 - Field experiments on the value of urea as a fertilizer for barley, sugar beet, potatoes, winter wheat and grassland in Great Britains. J.Agric. Sci. 61: 391-395
- \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ - 1964 - Field experiments comparing ammonium nitrate and ammonium sulphate as topdressing for winter wheat and grassland. J. Agric. Sci. 62: 377-379.
- DOAK, B.W. - 1952 - Some chemical changes in the nitrogenous constituents of urine when voided on pastures. J.Agr.Sci. 42: 162-171
- ERNST, J.W. e H.F.MASSEY - 1960 - The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from urea in the soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24: 87-90
- FISHER, W.B.JR. e W.L.PARQS - 1958 - Influence of soil temperature on urea hydrolysis and subsequent nitrification. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 22: 247-248.

- FERNANDEZ, G.R. e R.J.LAIRD - 1959 - Yield and protein content of wheat in Central México as affected by soil moisture and nitrogen fertilization. Agron. J. 51: 33-36.
- GARDNER, H.W. - 1950 - The effect of nitrogen topdressing on the yield and protein content of winter wheat. Agriculture 57: 1-8
- GASSER, J.K.R. - 1959 - Soil nitrogen. IV. Transformations and movement of fertilizer nitrogen in a light soil. J. Sci. Food. Agr. 10: 192-197.
- \_\_\_\_\_ - 1961 - Transformation, leaching and uptake of fertilizer nitrogen applied in autumn and spring to winter wheat on a heavy soil. J. Sci. Food. Agr. 12: 375-380.
- \_\_\_\_\_ - 1964 - Some factors affecting losses of ammonia from urea and ammonium sulphate applied to soils. J. Soil. Sci. 15: 258-272.
- \_\_\_\_\_ e I.G.IORDANOU - 1967 - Effect of ammonium sulphate and calcium nitrate on the growth, yield and nitrogen uptake of barley, wheat and oats. J. Agric. Sci. 68: 307-316.
- GERICKE, W.F. - 1927 - On the quality of bread from wheats supplied with nitrogen at different stages of growth. Cereal Chem. 4: 73-86
- \_\_\_\_\_ - 1933 - Variation of protein quality in wheat grown in aqueous culture media. Cereal Chem. 10: 347-359.
- GHOSH, B.P. e R.H.BURRIS - 1949 - Utilization of nitrogen compounds by plants. Soil. Sci. 70: 187-203
- GIBSON, T. - 1930 - Decomposition of urea in soils. Jour. Agr. Sci. 20: 549-558
- GIL BENAVIDES, A.A. - 1959 - Comparacion entre cuatro fertilizantes nitrogenados en maiz, en un suelo del Valle del Cauca, Colombia, Acta Agron. (Colombia) 9: 153-168

- GLORIA, N.A. de, R.A.CATANI e T. MATUO - 1965 - O método do EDTA na determinação de calcio e magnésio trocável do solo. Rvta. Agric. Piracicaba 40: 47-74
- HARDING, R.B., T.W. EMBLETON, W.W.JONES e T.M.RYAN - 1963 - Leaching and gaseous losses of nitrogen from some nontilled California soils. Agron. J. 55: 515-518
- HARMSSEN, G.W. e G.J.KOLENBRANDER - 1965 - Soil Inorganic nitrogen. In Bartholomew, W.V., e F.E.Clarck (Ed.), Soil Nitrogen. Agronomy n<sup>o</sup> 10: 43-71
- HERA, C. - 1970 - Soil and fertilizer nitrogen in specific plant components, with emphasis on small grains. Enviromental influences and fertilizer management. Nitrogen-15 in Soil-Plant Studies. Proceeding of a Symposium. IAEA/FAO-1971.
- HOBBS, J.A. - 1953 - The effect of spring nitrogen fertilization on plant characteristics of winter wheat. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17: 39-42
- HUCKESLBY, D.P., C.M. BROWN, S.E.HOWELL e R.H.HAGEMAN - 1971 - Late spring applications of nitrogen for efficient utilization and enhanced of grain and grain protein of wheat. Agron. J. 63: 274-276.
- JACKSON, M.L. - 1958 - Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, N. J. Prentice Hall Inc. 498 pp.
- JACKSON, W.A. e R.J.VOLK,-1966 - Physiological aspects of ammonium nutrition of selected higher plants. In isotopes in plant nutrition and physiology. Proceedings of a Symposium 159-178. IAEA/FAO-Vienna
- JAIN, N.K., D.P. MAURYA e H.P.SINGH - 1971 - Effects of time and method of applyng nitrogen to dwarf wheat. Exp. Agron. 7(1): 21-6.
- JANSSON, S.L. - 1972 - Växtodlingen som eutroficeringsfaktor. Shogs-D. Lantb - akad. Tidshr. Suppl. 9: 35-38

- JONES, H.W., - 1932 - Some transformations of urea and their resultant effects on the soil. Soil Sci. 34: 281-299.
- JALIL, M.E. e W.M.TAHIR - 1970 - Review of the world's plant protein resources. In Improving plant protein by nuclear techniques. Proceedings of a Symposium. 21-23. IAEA/FAD- Vienna.
- KRESGE, G.B. e O.P.SATCHELL - 1960 - Gaseous loss of ammonia from nitrogen fertilizers applied to soils. Agron. J. 52: 104-107
- KOJIMA, R.T. - 1947 - Soil organic nitrogen. I Nature of the organic nitrogen in a muck soil from Geneva, New York, Soil Sci. 64: 157-167
- LONG, O.H. e C.D. SHERBAKOFF - 1951 - Effect of nitrogen on yield and quality of wheat. Agron. J. 43: 320-321
- LUGO, J.C. - 1970 - Determinacion de la eficiencia de uso del nitrogeno por el cultivo del trigo, empleando la tecnica de los fertilizantes isotopicamente marcados. Ministério da Agricultura. Lima, Peru
- MALAVOLTA, E. - 1967 - Manual de química agrícola. 2a. edição. Biblioteca Agronômica "Ceres". S.Paulo
- \_\_\_\_\_, T.COURY, O.PELEGIRINO e H.P.HAAG - 1955 - Nitrificação e aproveitamento de alguns adubos nitrogenados no arenito de Bauru. Rev. Da Agricultura. 30: 133-151
- MCFEE, W.W. e E.L. STONE JR. - 1967 - Ammonium and nitrate as nitrogen sources for *Pinus radiata* and *Picea glauca*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 879-884
- MCNEAL, F.H. e DAVIS - 1954 - Effect of nitrogen fertilization on yield, culm number and protein content of certain spring wheat varieties. Agron. J. 46: 375-378
- MEYER, R.D., R.A.OLSON e H.F.RHOADES - 1961 - Ammonia losses from fertilized Nebraska soils. Agron. J. 53: 241-244.

- MINOTTI, P.L., O.C.WILLIAMS e W.A.JACKSON - 1969 - The influence of ammonium on nitrate reduction in wheat seedlings. *Planta* 86: 267-271
- MISSÃO AGRICOLA ALEMÃ - 1969 - Relatório sobre ensaios de adubação com trigo no ano de 1968. Missão Agrícola Alemã junto ao IPEAME, Curitiba
- MORRIS, H.O. e J.E.JACKSON - 1959 - Sources and time of application of nitrogen for rye forage. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 23: 305-307
- NAFTEL, J.A. - 1931 - The absorption of ammonium and nitrate nitrogen by various plants at different stages of growth. *J. Amer. Soc. Agron.* 23: 142-158.
- NIELSEN, K.F. e R.K. CUNNINGHAM - 1964 - The effect of soil temperature and form and level of growth and chemical composition of italian rye-grass. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28: 210-218
- NEPTUNE, A.M.L. e A.CAMPANELLI - 1970 - Efeitos de diferentes épocas e métodos de aplicação do nitrogênio para o milho e a localização do nitrogênio e fósforo aplicados em separados ou juntos na absorção destes nutrientes e na produção do milho utilizando  $^{15}\text{N}$  e  $^{32}\text{P}$ . VIII Reunião Brasileira de Milho. Porto Alegre-Brasil, 81-82
- \_\_\_\_\_ e J.F.PATELLA - 1970 - Efficiency of fertilizer nitrogen sources applied to wheat on influenced by times and rates of nitrogen applications. Final Report - Annual Meeting - Rabat, Marrocos. Joint FAO/IAEA-CENA/ESALQ.
- \_\_\_\_\_, S.LOURENÇO e T.MURAOKA - 1971 - Ensaio de fontes de nitrogênio em trigo (não publicado)
- NÖMMIK, H. - 1965 - Ammonium fixation and other reactions involving a nonenzymatic immobilization of mineral nitrogen in soil. In W.V.Bartholomew e F.E.Clark (ed.) *Soil Nitrogen*. Agronomy n° 10: 200-251

- NORMAN, A.G. e L.O.KRAMPITZ - 1945 - The nitrogen nutrition of soybeans: II. Effect of available soil nitrogen on growth and nitrogen fixation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10: 191-196
- \_\_\_\_\_ e C.H.WERKMAN - 1943 - The use of the nitrogen isotopes <sup>15</sup>N in determining nitrogen recovery from plant materials decomposing in soils. Jour. Amer. Soc. Agron. 35: 1024-1025
- OVERREIN, L.N. e P.G.MOE - 1967 - Factors affecting hydrolysis and ammonia volatilization in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31: 57-61
- OERTLI, J.J. - 1963 - Effect of the form of nitrogen and pH on growth of blueberry plants. Agron. J. 55: 305-307
- PARISH, O.H. e FEILLAFÉ, S.M. - 1960 - A comparison of urea with ammonium sulphate as a nitrogen source for sugar cane. Trop. Agr. (Trinidad) 37: 223-225
- PUENTE, F., E.S. de GOES e R.J.LAIRD - 1957-58 - El tiempo de aplicación del nitrógeno afecta al rendimiento y calidad del trigo. Agricultura Técnica em México. 5: 33-34
- PUENTE, B.A., M.ANAYA G., R.MORENO O. e E.ORTEGA T. - 1964 - Efecto de la época de aplicación del nitrógeno sobre el rendimiento de grano y algunas características agronómicas de la planta de trigo, en la Comarca Lagunera Agricultura, técnica en México (1963-64), 2(4): 152-153
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ - 1964a. - Estudio comparativo de cuatro fertilizantes nitrogenados aplicados al cultivo del trigo, en la Comarca Lagunera. Agricultura Técnica en México (1963-64), 2(4): 154-155.
- RANKIN, W.H. - 1946 - Effect of nitrogen supplied at various stages of growth on the development of wheat plant. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 11: 384-387

- RENNIE, D.A. - 1968 -  $^{15}\text{N}$  as a tracer in crop nutrition studies under fields conditions. Presented to the Symposium on the Use of Isotopes in Fertilizer-Water Plant Relationships, Middle Easter Regional Radioisotope Centre, Cairo, U.A.R. 12-14 November 1968. FAO/IAEA, Vienna
- RIJVEN, A.H.G.C. - 1958 - Effect of some inorganic nitrogenous substances on growth and nitrogen assimilation of young plant embryos in vitro. Australian J. Biol. Sci. 11: 142-154
- RODRIGO, D.M., B.M.NIZAR e P.S.G.PERERA - 1969 - Response of rice to different forms of nitrogen fertilizer. Trop. Agr. (Ceylon) 125(3-4): 65-75
- SAUCHELLI, V. - 1964 - The role of nitrogen in agriculture. In V. Sauchelli (ed). Fertilizer Nitrogen, Its Chemistry and Technology. ACS Monograph n° 161. 1-9
- SCARSBROOK, C.E. - 1965 - Nitrogen availability. In W.V.Bartholomew e F.E.Clark (ed), Soil Nitrogen. Agron. n° 10: 486-501
- SHEN, T.C. - 1969 - The induction of nitrate reductase and the preferential assimilation of ammonium in germinating rice seedlings. Plant Physiol. 44: 1650-1655
- SINGH, M.P. e K.N.TIWARI - 1971 - Response of wheat to fertilizers and their method of application under rainfed conditions. Indian J. Agron. 16: 242-243
- SIMPSON, D.M.H. e S.W.MELSTED - 1963 - Urea hydrolysis and transformation in some Illinois Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 48-50
- SMITH, J.H., J.O.LEGG e J.N.CARTER - 1963 - Equipment and procedures for  $^{15}\text{N}$  analysis of soil and plant material with the mass spectrometer. Soil Sci. 96: 313-318
- STAHL, A.L. e J.W.SHIVE - 1933 - Studies on nitrogen absorption from culture solutions. I. oats. Soil Sci. 35: 375-399

- STEINBERG, R.A. - 1947 - Growth responses to organic compounds by tobacco seedlings in aseptic culture. Jour. Agro. Res. 75: 81-92
- STEVENSON, F.J. - 1965 - Origin and distribution of nitrogen in soil. In W.V. Bartholomew e F.E. Clarke (ed), Soil Nitrogen. Agron. n° 10: 1-17.
- STEVENSON, C.K. e C.S. BALDWIN - 1969 - Effect of time and method of nitrogen application and source of nitrogen on the yield and nitrogen content of corn (*Zea mays L.*). Agron. J. 61: 381-384
- SYRETT, P.J. e I. MORRIS - 1963 - The inhibition of nitrate assimilation by ammonia in *Chlorella*. Biochim. Biophys. Acta 67: 366-575.
- TEMPLEMAN, W.G. - 1961 - Urea as a fertilizer. J. Agric. Sci. 57: 237-239
- THENABADU, M.W. - 1972 - Influence of time and level of nitrogen application on growth and yield of rice. Plant and Soil. 36: 15-29
- THORNTON, GEO.D., - 1946 - Greenhouse studies of nitrogen fertilization of soybeans and lespedeza using isotopic nitrogen. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 11: 249-251
- \_\_\_\_\_ e BROADBENT, F.E. - 1948 - Preliminary greenhouse studies of the influence of nitrogen fertilization of peanuts on nodulation, yield, and gynophore absorption of this element. Jour. Amer. Soc. Agron. 40: 64-69
- VERTII, S.A. e N.G. MALYUGA - 1970 - Factors determining the effect of nitrogen topdressing on the yield and quality of winter wheat grain with the application of different fertilizers. Agrokhimya 3: 3-13
- VIRTANEN, A.J. e H. LINKOLA - 1946 - Organic nitrogen compounds as nitrogen nutrition for higher plants. Nature 158-515.

- VIETS, F.G.JR., - 1965 - The plants need for and use for nitrogen.  
In W.V.Bartholomew and F.E.Clarke (ed). Soil Nitrogen.  
Agron 10: 508-548
- VILLA NOVA, N.A., R.REICHARDT e A.A.ORTOLANI - 1968 - Principais métodos climáticos de estimativa e de medida da perda de água de superfícies naturais. ESALQ.Piracicaba (mimeografado).
- VOLK, G.M. - 1959 - Volatile loss of ammonia following surface application of urea to turf or bare soils. Agron. J. 51: 746-749
- \_\_\_\_\_ - 1961 - Gaseous loss of ammonia from surface applied nitrogenous fertilizers. J. Agron. Food. Chem. 9: 280-283
- WAGNER, G.H. e G.E.SMITH, G.E. - 1958 - Nitrogen losses from soils fertilized with different nitrogen carriers. Soil Sci. 85: 125-129
- WAHHAB, A. e HUSSAIN, I. - 1957 - Effect of nitrogen on growth, quality and yield of irrigated wheat in west Pakistan. Agron. J. 49: 116-119
- \_\_\_\_\_, M.KHAN e ISHAK - 1960 - Nitrification of urea and its loss through volatilization under different soil conditions. J. Agron. Sci. 55: 47-71
- WALKER, T.V., A.F.R.ADAMS e H.D.ORCHISTON - 1956 - Fate of labelled nitrate and ammonium nitrogen when applied to grass and clover grown separately and together. Soil Sci. 81: 339-351
- WALLACE - 1954 - Ammonium and nitrate nitrogen absorption by citrus. Soil Sci. 78: 89-94
- WHITE, P.R. - 1937 - Amino acids in the nutrition of excised tomato roots. Plant Physiol. 12: 793-802

- WRAY, J.L., S.K.RIES e P.FILNER - 1970 - Protein accumulation and the regulation of nitrate reduction in higher plants. In Improving Plant Protein by Nuclear Techniques. Proc. of a Symposium 407-408. IAEA/FAO-Vienna
- ZOSCHKE, M. - 1970 - Effect of additional nitrogen nutrition at later growth on protein content and quality in barley. In Improving Plant Protein by Nuclear Techniques. Proc. of a Symposium. 21-31. IAEA/FAO. Vienna
- ZSOLDOS; F. - 1971 - Ammonium and nitrate ion uptake by plants. In Nitrogen-15 in Soil-Plant Studies. Proceeding of a Research Co-ordination Meeting. (Sofia). FAO/IAEA-Vienna, 81-89