

AVALIAÇÃO DA FORMA DE NITROGÊNIO SOLÚVEL COMO  
MÉTODO PARA DIAGNOSE FOLIAR EM CANA-DE-AÇÚCAR  
(*Saccharum officinarum*, L.) variedade NA 5662

NILVA TERESINHA TEIXEIRA

Orientador: ANTONIO COBRA NETTO

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

PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Fevereiro, 1978

A, minha mãe, Sr<sup>a</sup> Matilde  
com amor e carinho  
ao meu pai, Sr. Durvalino  
com amor e saudade

Dedico

A Andrea,  
Alessandra e  
Junior, meus sobrinhos

Ofereço

## AGRADECIMENTOS

Somos sinceramente gratas às seguintes pessoas e instituições:

Ao Prof.Dr. Antonio Cobra Netto, pela orientação segura , atenciosa e contínua prestada durante a execução do presente trabalho.

Ao Prof.Dr. Zilmar Ziller Marcos, pela versão do resumo para o inglês.

A Prof<sup>a</sup> Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> Nilza Teixeira Leite, pelas sugestões e estímulo que sempre nos ofereceu durante a presente pesquisa.

A Sr<sup>a</sup> Nelci Teixeira Maniero, pelo incentivo constante e também pela dedicação e zelo imensuráveis com que compôs datilograficamente o presente trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pelo apoio irrestrito e constante.

A Faculdade de Agronomia e Zootecnia "Manoel Carlos Gonçalves" da Fundação Pinhalense de Ensino, pela oportunidade oferecida.

A Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro concedido, permitindo a execução da pesquisa.

Ao Horto Florestal de Tupi, da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, pela cessão dos dados meteorológicos.

Aos meus pais, em especial, pelo apoio constante e inexcusável compreensão.

A todos que, de uma maneira ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

# Í N D I C E

|   | Página |
|---|--------|
| RESUMO .....  | iii    |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 1      |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                                    | 6      |
| 2.1. Nitrogênio nas plantas .....                                 | 6      |
| 2.2. Diagnose foliar na avaliação do estado nutri<br>cional ..... | 11     |
| 2.3. Diagnose foliar na cultura da cana-de-açúcar .....           | 13     |
| 2.4. Métodos de avaliação de nitrogênio em plan-<br>tas .....     | 18     |
| 2.5. Adubação nitrogenada na cana-de-açúcar .....                 | 21     |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS .....                                      | 26     |
| 3.1. Instalação do ensaio .....                                   | 26     |
| 3.2. Coleta de amostras de folhas .....                           | 29     |
| 3.3. Método químico de avaliação do nitrogênio so<br>lúvel .....  | 30     |
| 3.3.1. Extração .....   | 30     |
| 3.3.2. Determinação .....   | 30     |
| 3.4. Método químico de avaliação do nitrogênio to<br>tal .....    | 31     |
| 3.5. Análise estatística dos resultados .....                     | 31     |
| 3.6. Dados meteorológicos .....                                   | 31     |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                   | 32     |
| 4.1. Dados meteorológicos .....                                   | 32     |

|   | Página |
|---|--------|
| 4.2. Produção de cana .....   | 36     |
| 4.3. Variação dos teores de nitrogênio com a idade da planta .....              | 41     |
| 4.3.1. Nitrogênio total .....   | 41     |
| 4.3.2. Nitrogênio amoniacal .....   | 47     |
| 4.3.3. Nitrogênio nítrico .....   | 52     |
| 4.4. Correlações entre teores de nitrogênio nas folhas e produção de cana ..... | 55     |
| 5. CONCLUSÕES .....   | 58     |
| 6. SUMMARY .....  | 60     |
| 7. LITERATURA CITADA .....  | 62     |

## LISTA DE TABELAS

|   | Página |
|---|--------|
| 1 - Açúcar - Exportação brasileira, 1971-77 .....   | 2      |
| 2 - Açúcar - Volume das exportações brasileiras de açúcares brancos, segundo países de destino 1971-76 .....  | 3      |
| 3 - Reagentes e processos empregados na avaliação do nitrogênio total, pelos diversos autores .....   | 20     |
| 4 - Reagentes e processos empregados na avaliação do nitrogênio solúvel, pelos diversos autores .....   | 22     |
| 5 - Características físicas e químicas da terra no local do experimento .....   | 27     |
| 6 - Dados meteorológicos do período experimental e valores médios para o município de Piracicaba .....  | 33     |
| 7 - Precipitações pluviométricas entre as épocas de amostragem de folhas .....  | 35     |
| 8 - Produção de colmos de cana-de-açúcar. Valores médios de 4 repetições .....  | 36     |
| 9 - Valores de F para tratamentos, coeficientes de variação e diferenças mínimas significativas das produções de colmos (em kg/canteiro) .....          | 37     |
| 10 - Resultados da análise de variância da regressão entre produção de colmos e doses de nitrogênio aplicadas na adubação .....                         | 39     |
| 11 - Teores médios de nitrogênio total, expressos em porcentagem, avaliados nas folhas +3 e +4, nas diferentes épocas de amostragem e tratamentos ..... | 42     |

|  |    |
|--|----|
| 12 - Valores de F para tratamentos, coeficientes de <u>va</u> riação e diferenças mínimas significativas entre médias dos teores de nitrogênio total nas folhas +3 e +4, nas diferentes épocas de amostragem ....      | 44 |
| 13 - Teores médios de nitrogênio amoniacal, expressos em ppm, avaliados nas folhas +3 e +4, nas diversas épocas de amostragem e tratamentos .....  | 48 |
| 14 - Valores de F para tratamentos, coeficientes de <u>va</u> riação e diferenças mínimas significativas entre médias dos teores de $N \equiv NH_4^+$ , nas folhas +3 e +4, nas diferentes épocas de amostragem .....  | 51 |
| 15 - Teores médios de nitrogênio nítrico, expressos em ppm, avaliados nas folhas +3 e +4, nas diversas épocas de amostragem e tratamentos .....  | 53 |
| 16 - Valores de F para tratamentos, coeficientes de <u>va</u> riação e diferenças mínimas significativas entre médias, dos teores de $N \equiv NO_3^-$ , nas folhas +3 e +4, nas diferentes épocas de amostragem ..... | 54 |
| 17 - Valores de r e t das correlações lineares obtidas entre teores de nitrogênio total das folhas +3 e +4, nas diversas épocas e produções de colmos ...  | 56 |
| 18 - Valores de r e t das correlações lineares obtidas entre teores de nitrogênio solúvel, das folhas +3 e +4, nas diversas épocas e produções de colmos .   | 57 |



## RESUMO

No campo experimental do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, instalou-se ensaio com a cultura da cana-de-açúcar, variedade NA 5662, em solo caracterizado por RANZANI et alii (1966) como Regossol, Série Sertãozinho.

O experimento foi instalado aplicando-se doses crescentes de nitrogênio (0-30-60-120 kg de N/ha) e quantidades de 200 kg de  $P_2O_5$ /ha e 150 kg de  $K_2O$ /ha. As parcelas de 90 m<sup>2</sup> eram formadas de 6 linhas de 10 metros de comprimento e repetidas 4 vezes.

As folhas +3 e +4 foram colhidas 90 dias, após o plantio, e em espaços de 40 dias até completar 490 dias de idade da cultura. Em cada época de amostragem, no material co

lhido, em média de 20 folhas por parcela, procedeu-se a separação da parte central do limbo sem a nervura principal. No material seco procedeu-se a dosagem do nitrogênio total e do nitrogênio solúvel, nas formas de amônio e nitrato. Aos 18 meses de idade da cultura procedeu-se a colheita de colmos.

Os dados da análise química do nitrogênio nas folhas e produção final de colmos, permitiram estudos estatísticos de modo a verificar o comportamento dos métodos estudados para a avaliação do estado nutricional da cultura.

Os dados pluviométricos, próximos ao local do experimento, atingiram um total de 2143,4 mm durante o período experimental, mostrando-se semelhante aos representativos da região.

As doses de 0-30-60-120 kg de N/ha produziram 63,30 - 67,83 - 73,73 e 71,86 t/ha de colmos respectivamente.

Os teores de nitrogênio avaliados nas folhas +3 e +4, através dos processos de análise química empregados no ensaio, mostraram decréscimo com a idade. Nas amostragens efetuadas aos 90, 130, 170 e 210 dias de idade da cultura, encontraram-se correlações entre teores obtidos em ambas as folhas selecionadas e produção de colmos.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado no mercado internacional como exportador de açúcar. As quantidades exportadas e o seu valor são apresentados na Tabela 1. Estas exportações, na Tabela 2, destacam o valor bruto da demanda dos países consumidores em um período de 1971 a 1977.

Com a presente situação internacional, sem dúvida, atuam como fatores favoráveis para o Brasil o crescente mercado interno e a possibilidade de desviar parte de produção de cana-de-açúcar para a fabricação de álcool carburante.

De acordo com o Dirigente Rural (1977) a produção fixada para 1977/78 foi de 135 milhões de sacas de 60 kg (8,1 milhões de t), de açúcar e 1,6 bilhões de litros de álcool anidro carburante e o restante para outros setores.

Tabela 1 - Açúcar - Exportação brasileira<sup>(1)</sup>, 1971-77.

| Ano                 | Quantidade<br>(t) | Valor FOB<br>(US\$ 1.000) |
|---------------------|-------------------|---------------------------|
| 1971                | 1.261.223         | 152.851                   |
| 1972                | 2.534.911         | 403.548                   |
| 1973                | 2.819.953         | 558.686                   |
| 1974                | 2.356.731         | 1.321.932                 |
| 1975                | 1.748.766         | 1.099.773                 |
| 1976                | 1.167.333         | 306.534                   |
| 1977 <sup>(2)</sup> | 873.387           | 181.989                   |

(1) Demerara, cristal e refinado

(2) Até maio

Fonte: Cacex - Dirigente Rural, volume XVI nº 9/10, 1977, página 23.

Em face as variações de cotações e quantidades exportadas ocorre também um achatamento no preço pago por tonelada de cana produzida. Provavelmente, isto seja o indicativo para adoção de técnicas mais eficientes no barateamento do açúcar produzido no campo.

Tabela 2 - Açúcar - Volume das exportações brasileiras de açúcares brancos, segundo países de destino 1971-76 (1.000 t, valor bruto).

| País      | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | Média anual<br>(1971-75) |
|-----------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| Argélia   | 7    | 36   | 85   | 191  | 124  | 152  | 99                       |
| Iraque    | -    | -    | 49   | 84   | 110  | 86   | 55                       |
| Irã       | -    | -    | 76   | 12   | 36   | -    | 21                       |
| Espanha   | -    | -    | -    | 78   | 35   | -    | 19                       |
| Egito     | -    | -    | -    | 22   | 13   | 88   | 6                        |
| Paquistão | -    | 140  | 10   | -    | 10   | 9    | 28                       |
| Marrocos  | -    | 20   | 24   | 2    | 2    | -    | 8                        |
| Jordânia  | -    | 13   | 11   | -    | -    | 11   | 6                        |
| Sudão     | -    | 13   | 98   | -    | -    | -    | 18                       |
| Romênia   | 42   | -    | -    | -    | -    | -    | 7                        |
| Outros    | 22   | 259  | 113  | 200  | 166  | 220  | 163                      |
| TOTAL     | 71   | 481  | 466  | 589  | 496  | 556  | 445                      |

Fonte: Cacex - Dirigente Rural, volume XVI nº 9/10, página 24.

Nota: Açúcar cristal mais açúcar refinado.

Em nosso meio, a seleção de variedades mais produtivas e o estudo de nutrição da cultura constituem, a nosso ver, os pontos básicos para a competição econômica do produto no mercado.

A análise foliar tem contribuído nas diversas regiões de produção como método para a avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar. A técnica da diagnose foliar tem sido empregada para espécies ou variedades em função do nutriente e dos fatores de produção.

Inúmeros pesquisadores já se dedicaram ao estudo do nitrogênio na nutrição da cana-de-açúcar. CLEMENTS (1953, 1959), HALAIS (1955), EVANS (1955), SAMUELS (1955), MALAVOLTA (1961), GALLO e outros (1962, 1968), OITICICA (1970), verificaram que o conteúdo de nitrogênio total encontrado na matéria seca da lâmina foliar está correlacionado com a produção. ULRICH (1948), GALLO e colaboradores (1965, 1970), HIROCE e colaboradores (1969), chamam de nitrogênio solúvel aquele avaliado através de soluções extratoras do material vegetal verde ou seco e que refletem como índice do estado nutricional da cultura.

O presente trabalho procura verificar o comportamento do nitrogênio total e o solúvel avaliado como nitrato e ou amônia, bem como suas correlações com a produção de cana.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Nitrogênio nas plantas

As proteínas contêm cerca de 16 % de nitrogênio que é absorvido em maior quantidade como nitrato, o que é reduzido e incorporado em compostos orgânicos. O nitrogênio é o quarto nutriente em abundância nas plantas após os elementos da água e o carbono. Os compostos nitrogenados contribuem de 5 a 30 % do peso total nos tecidos vegetais.

MALAVOLTA (1959) relata que as formas químicas de nitrogênio disponível às plantas são: a amoniacal, nítrica e certos compostos orgânicos simples como os aminoácidos livres. Uma das formas pode ser preferida, dependendo do desenvolvimento, idade e espécie da cultura. No geral o nitrato é a forma predominantemente absorvida.



MALAVOLTA (1965) considera que embora as plantas possam absorver nitrato ou amônio, devido a intensidade de nitrificação, a primeira forma é a utilizada predominantemente pelas plantas superiores. O íon nítrico deve ser, antes da incorporação nos esqueletos carbônicos, transformado em amônia. Os aminoácidos, assim formados, se unem constituindo as proteínas. As proteínas vegetais, acham-se equilíbrio dinâmico, desdobram-se e sintetizam-se novamente com auxílio do material contido no reservatório metabólico nitrogenado. São importantes pelo seu caráter plástico na formação de tecidos, como reserva de nitrogênio e pelas funções enzimáticas que muitas proteínas desempenham.

Segundo STOCKING e ONGUN (1962) o nitrogênio, um constituinte importante dos aminoácidos, nucleotídeos e coenzimas, é encontrado principalmente nos cloroplastos. Concluíram ainda que estes "orgânulos" encerram 70 % do nitrogênio das folhas e que estas contêm cerca de 50 % do total da planta.

CROCOMO e NEPTUNE (1962), enfatizam o aspecto dinâmico das proteínas, como composto celular em contínua síntese, degradação e resíntese. Os produtos de degradação (amidas e aminoácidos), são conservados, na forma solúvel nos vacúolos, para oportuna utilização. Na carência ocorre a mobilização do nitrogênio, que emigra das folhas mais velhas pa-

ra as mais novas, nestas formas.

De acordo com VIETS (1965), as amidas, aminoácidos e nitrato compreendem a reserva de nitrogênio das plantas. Considera também que os teores armazenados diminuem com a idade. As plantas quando jovens apresentam alta proporção de protoplasma em relação aos componentes estruturais e sua capacidade é grande para armazenar nitrogênio solúvel, tais como aminoácidos, amidas e nitrato.

BURR e TAKAHASHI (1955) em estudos com  $N^{15}$  na cana-de-açúcar caracterizaram a translocação do elemento. Oito semanas após a pulverização as folhas que o receberam continham apenas 15 % do adicionado.

Em plantas cultivadas em solução nutritiva, observaram ser as folhas +4, +5 e +6 as que continham maior quantidade de  $N^{15}$  adicionado, mostrando que o elemento flui para as regiões de demanda metabólica.

ULRICH (1948) considera que a ordem que melhor reflete o estado nutricional da planta é nitrogênio nítrico, nitrogênio solúvel (nitrato, aminoácidos e amidas) e nitrogênio total. Para o autor citado o nitrogênio solúvel é a porção translocável, representando a reserva do nutriente

em casos de deficiência. O nitrogênio total compreenderia o translocável e o não translocado.

ARISTIZABAL (1967) relata que a deficiência mineral afeta, direta ou indiretamente, o metabolismo normal do vegetal. Trabalhando com café concluiu que nas folhas, a prolina, a asparagina, o ácido glutâmico, a glicina, a alanina e a treonina, são os aminoácidos e amida presentes em quantidades apreciáveis. Verificou que os teores de nitrogênio amínico, nitrogênio amídico, nitrogênio total, asparagina e glutamina diminuíram e os da cisteína, serina e treonina aumentaram com a deficiência do elemento.

CARVAJAL e MACHICADO (1964) observaram a influência do nitrogênio no conteúdo de alguns aminoácidos solúveis em folhas de cafeeiro. A carência fez com que ocorresse a diminuição das quantidades de asparagina, ácido glutâmico, alanina e do nitrogênio total.

TSÓ et alii (1960) em trabalho com a cultura de fumo, em solução nutritiva, encontrou pequenas quantidades de aminoácidos livres, quando cultivados em carência de nitrogênio.

KORSTACHAK (1966) verificou que em folhas de cana-de-açúcar a alanina e ácido glutâmico eram os aminoácidos livres que ocorriam em maiores quantidades, perfazendo de 30 % a 60 % do total. Constatou substanciais diferenças entre variedades de cana-de-açúcar e idades das folhas. O mesmo autor (1967) observou que os aminoácidos presentes nas folhas da mesma cultura variavam consideravelmente durante o dia e a noite. O ácido glutâmico no período noturno ocorria em maiores quantidades. Durante o dia a alanina era o constituinte encontrado em concentração mais elevada. A asparagina estava normalmente presente em pequenas quantidades nas bainhas e folhas sendo o principal aminoácido dos colmos.

KORSTACHAK (1968) considera que a qualidade do açúcar está relacionada ao metabolismo nitrogenado. Verificou em seus trabalhos que as quantidades de aminoácidos de cresceram com a idade em todas as partes da planta, sendo a prolina excessão.

Sintomas associados a deficiências de nitrogênio foram descritos por um grande número de autores entre os quais citam-se: MARTIN (1938, 1941); CLEMENTS et alii (1941); HUMBERT e MARTIN (1955); HAAG (1965). Os sintomas podem ser resumidos no seguinte: as folhas das plantas carentes exibem uma coloração verde amarelada tornando-se, posteriormente, amarelada. As folhas mais velhas tornam-se avermelhadas.

O desenvolvimento é grandemente afetado pela carência resultando em plantas pequenas e frágeis.

## 2.2. Diagnose foliar na avaliação do estado nutricional

A análise de plantas tem sido empregada como guia para a adubação (CLEMENTS, 1953; HALAIS, 1955; EVANS, 1955; ULRICH, 1948, 1959; MALAVOLTA et alii, 1963, 1965; GALLO et alii, 1962, 1968). A idéia central para o uso da diagnose foliar é de que os elementos essenciais devem estar disponíveis em concentração suficiente para o desenvolvimento da planta. Entretanto, cada espécie vegetal e até mesmo cada nutriente deve merecer estudo especial. O solo, o clima, a idade da planta constituem fatores importantes para o estabelecimento do método.

Para o elemento nitrogênio tem sido empregado a avaliação da forma de nitrato ou do nitrogênio total, nas partes ou na planta toda, dependendo da espécie (GALLO et alii, 1962, 1963, 1968; MALAVOLTA et alii, 1963).

ULRICH (1948) considera que para o nitrogênio é interessante a diferenciação entre as diferentes formas nitrogenadas. Observou que a concentração de nitrato nos pecíolos de videira e de beterraba apresentou melhores indicações do estado nutricional, quando comparado com nitrogênio total.

EVANS (1955) considera que o êxito da aplicação da análise foliar na cana-de-açúcar se deve principalmente, a quantidade de matéria seca produzida devido ao seu rápido crescimento. Portanto, revela através da variação da composição as insuficiências nutricionais.

SAMUELS et alii (1955) estabeleceram que as quantidades de nutrientes nas folhas está relacionado com o crescimento das plantas.

No Brasil a diagnose foliar é feita empregando-se o nitrogênio total, entretanto, alguns trabalhos mostram a possibilidade da dosagem do nitrogênio solúvel, como nitrato, na verificação do estado nutricional.

GALLO et alii (1965, 1970), empregaram o método do ácido fenoldissulfônico para a avaliação da fração nitrato em trabalhos de diagnose foliar na cultura da batata e verificaram a alta sensibilidade da forma dosada. HIROCE et alii (1970), empregando a técnica de GALLO et alii (1965, 1970) obtiveram resultados satisfatórios com o feijoeiro.

GALLO e COELHO (1963), trabalhando com milho, demonstraram a relação entre nitrogênio solúvel e a produção, utilizando-se do método do ácido fenoldissulfônico.

TEIXEIRA e COBRA NETTO (não publicado), utilizaram a avaliação do nitrogênio solúvel, dosado como amônio e nitrato, como índice do estado nutricional de cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas em solução nutritiva completa e omissa em nitrogênio.

TEIXEIRA e COBRA NETTO (não publicado), cultivaram feijoeiro, variedade Roxinho, em solução nutritiva completa e sem nitrogênio. As partes colhidas da planta foram analisadas, empregando-se o método do nitrogênio solúvel, avaliada como amônio e nitrato. As formas dosadas mostraram as diferenças entre os tratamentos e os órgãos analisados (folhas, pecíolos e caules). MARTIN et alii (1976), em trabalho semelhante com feijoeiro, variedade Goiano precoce, mostraram resultados muito próximos aos de TEIXEIRA e COBRA NETTO.

### 2.3. Diagnose foliar na cultura da cana-de-açúcar

Nos estudos de nutrição da cana-de-açúcar tem sido empregado a avaliação do teor total de nitrogênio.

No Hawaii, CLEMENTS (1953, 1959) estudando a nutrição da cana-de-açúcar, estabeleceu o sistema denominado "Crop logging", usando a seguinte técnica: cada campo é amostrado em períodos de 35 dias desde os 3 meses até a colheita.

São coletadas as folhas +1, +2, +3 e +4. Na lâmina foliar é avaliado o nitrogênio; e nas bainhas o fósforo e o potássio, nos seus teores totais. Cada amostra simples é formada por 5 plantas dispersas no campo. O número de amostras simples por área é determinado pela uniformidade da cultura.

HALAIS (1955) utilizou em seus trabalhos de diagnose, os 10 cm da porção central da lâmina, sem nervuras, de folhas +1 obtidas aos 4-6 meses de idade. Um talhão de 10 ha deve ser dividido em 3 partes e de cada uma retira-se amostras de 20 folhas, representativas da cultura. Como índices do estado nutricional considera que de 1,66 % a 1,85 % de nitrogênio total, correspondia à teores adequados para a cultura da cana-de-açúcar.

EVANS (1955) recomenda, para a amostragem, a seleção das folhas +1, sem as nervuras, aos 135 dias de idade. Cada amostra deve possuir de 30 a 50 folhas. Estabeleceu como nível adequado a faixa de 2,00 a 2,20 % de nitrogênio total.

SAMUELS et alii (1955), consideram que na escolha da época para amostragem das folhas deve-se considerar:

- idade das plantas que melhor revele as necessidades nutricionais;



- a época deve ser suficientemente precoce possibilitando, se necessário, a adubação.

Concluíram que na coleta devem ser escolhidas as folhas +1, +2 e +3 (lâminas foliares) aos 3 meses de idade. A amostragem dos 30 a 60 dias mostraram resultados extremamente variáveis. Verificaram também que a amostragem após os 12 meses de idade não indicavam diferenças entre os tratamentos. Os teores de 2,0 a 2,5 % de nitrogênio total foram considerados adequados à cultura.

GARZA (1963) recomenda a amostragem da folha +3 de plantas com 4 meses de idade e estabeleceu o nível crítico fisiológico em relação a produção.

JONES e HUMBERT (1960) em estudos para verificar a composição de três variedades havaianas de cana-de-açúcar verificaram a queda do teor de nitrogênio total com o desenvolvimento das plantas em lâminas foliares, bainhas, cana maduras e imaturas.

CATANI et alii (1960), em estudos de marcha de absorção de nutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CO 419, apresentaram as seguintes conclusões:

- o crescimento da cana-de-açúcar foi pouco intenso até os 6 meses de idade da cultura. Tornou-se maior à partir do oitavo mes de idade, estabilizando aos doze meses;
- a concentração da maioria dos nutrientes na planta (colmos e folhas) decresceram com a idade da mesma. Foram exceções o Magnésio , Silício e Enxôfre, cujos teores não se modificaram sensivelmente;
- a quantidade absorvida dos diferentes elementos por 4 touceiras de cana foram:

|            |   |        |
|------------|---|--------|
| Nitrogênio | - | 81,0 g |
| Fósforo    | - | 6,8 g  |
| Potássio   | - | 81,5 g |
| Cálcio     | - | 19,2 g |
| Magnésio   | - | 13,9 g |
| Enxôfre    | - | 9,3 g  |
| Silício    | - | 61,8 g |

MALAVOLTA et alii (1963) concluíram que a análise de solos bem como a diagnose foliar, indicam as quantidades necessárias de fertilizantes para a cana-de-açúcar. Amostras colhidas as quatro meses de idade da cultura refletem melhor o estado nutricional. Na amostragem foram consideradas as folhas +1 e +2 (3ª e 4ª). Estabeleceram os níveis críticos

tico-fisiológico-econômico para os elementos nitrogênio, fósforo e potássio, para diversos solos em que os ensaios foram conduzidos.

GALLO et alii (1962), em estudos para determinar a amostragem adequada de folhas como diagnóstico de deficiências minerais, verificaram que a seleção da parte central da folha da posição +3, sem as nervuras, obtidas aos 4 e dos 8 a 9 meses de idade, revelaram o estado nutricional da cultura.

GALLO et alii (1968), promoveram ao levantamento do estado nutricional das principais áreas produtoras de cana-de-açúcar do estado de São Paulo, pela análise foliar. Consideraram nos seus trabalhos as folhas +3, colhidas aos 4 e 9 meses para a cana planta e aos 5 meses para cana soca.

HAAG (1965), trabalhando com a variedade CB 41/76 em condições de solução nutritiva, concluiu que a omissão de nitrogênio atuou significativamente no número e tamanho dos colmos, no peso seco das folhas e raízes. Sob as mesmas condições concluiu que o nível adequado e deficiente de nitrogênio nas folhas oscilavam entre 1,28 a 1,30 % e 0,55 a 0,57 %. As raízes apresentaram maior concentração de nitrogênio

nio. Em ordem decrescente seguiram-lhes: folhas (+7, +8 e +9), folhas (+4, +5 e +6), folhas (+1, +2 e +3) e bainhas.

OITICICA (1970), mostra a aplicação do "crop log system" em cana-de-açúcar, empregado no Hawaii. Apresenta as técnicas de amostragem, preparação das amostras e processos de análise para o nitrogênio, fósforo e potássio.

GOMES SILVA (1972), realizou levantamento do estado nutricional da cana-de-açúcar cultivadas em dez séries de solos do município de Piracicaba, São Paulo. Para a amostragem foram consideradas as folhas +1 e +2. As idades de amostragem variaram de 5 a 7 meses. Concluíram que a cultura em todos os locais amostrados se apresentava deficiente em nitrogênio.

#### 2.4. Métodos de avaliação de nitrogênio em plantas

Nos estudos da diagnose foliar, de um modo geral, o nitrogênio é dosado por processos volumétricos ou colorimétricos com um grande número de variações. Em ambos os processos utiliza-se da transformação nas formas amoniacais e nítricas. O tratamento da amostra permite uma classificação em nitrogênio total, nitrogênio extraído total e solúvel. Todavia, na literatura encontra-se menções sobre nitrogênio total e solúvel.

A avaliação do nitrogênio total envolve a completa eliminação da matéria orgânica da amostra e consequentemente a mineralização e solubilização do elemento. O nitrogênio solúvel é extraído do material vegetal seco por meio de soluções extratoras tais como: água, sulfato de prata e fosfato de sódio em solução aquosa.

A literatura apresenta um grande número de trabalhos que tratam da avaliação do nitrogênio total em plantas. Após a secagem e moagem do material vegetal são tomadas porções que variam de 0,1 a 1,0 grama, para digestão com auxílio de reagentes diversos. Na Tabela 3 encontram-se alguns processos empregados na análise foliar do nitrogênio total.

Segundo PIPER (1950) para que se inclua, na avaliação do nitrogênio total, a fração de nitrato e nitrito presentes, é necessário a inclusão na digestão de agentes redutores, como o zinco e ou ferro, moídos.

Em relação a avaliação de nitrogênio solúvel ULRICH e JOHNSON (1959) e GALLO e LOTT (1965) consideram a água como extrator. A seguir procedem a digestão e oxidação do nitrogênio a nitrato, o qual é dosado colorimetricamente.

Tabela 3 - Reagentes e processos empregados na avaliação do nitrogênio total, pelos diversos autores.

| Autores                   | Reagentes   |  | Processo      |
|---------------------------|---|--|---------------|
|                           | Digestão  | Avaliação  |               |
| PIPER<br>(1950)           | Ácido sulfúrico concentrado<br>Selenito de sódio<br>Sulfato de potássio ou sódio<br>Zinco moído               | Hidróxido de sódio 16N<br>Ácido clorídrico 0,1N<br>Vermelho de metila<br>Hidróxido de sódio 0,1N           | Volumétrico   |
| SAMUELS<br>(1955)         | Ácido sulfúrico concentrado<br>Água oxigenada   | Solução extratora de Morgan<br>Hidróxido de sódio 2,5 %<br>Reativo de Nessler                              | Colorimétrico |
| LOTT<br>et alii<br>(1956) | Ácido sulfúrico concentrado<br>Óxido de mercúrio<br>Sulfato de potássio<br>Zinco moído                        | Hidróxido de sódio 14N<br>Ácido bórico<br>Vermelho de metila<br>Bromocresol verde<br>Ácido clorídrico 0,1N | Volumétrico   |
| JACKSON<br>(1964)         | Ácido sulfúrico concentrado<br>Óxido de mercúrio<br>Selenito de sódio<br>Sulfato de cobre<br>Sulfato de sódio | Hidróxido de sódio 16N<br>Ácido bórico<br>Bromocresol verde<br>Vermelho de metila<br>Ácido sulfúrico 0,1N  | Volumétrico   |
| MALAVOLTA<br>(1965)       | Ácido sulfúrico concentrado<br>Sulfato de cobre<br>Selenito de sódio<br>Sulfato de sódio                      | Hidróxido de sódio 18N<br>Ácido bórico<br>Bromocresol verde<br>Vermelho de metila<br>Ácido sulfúrico 0,1N  | Volumétrico   |

TEIXEIRA e COBRA NETTO (não publicado) empregam o mesmo extrator. Entretanto, a avaliação é feita por destilação, eliminando a digestão e ação de interferentes. Es se processo foi empregado pelos autores, em análise de aminoácidos, quando observaram variáveis porcentagens de recuperação de nitrogênio de alguns aminoácidos solúveis em água, tais como: alanina, cisteína, leucina, glucosamina e metionina.

A Tabela 4 mostra os processos e reagentes empregados na avaliação de nitrogênio solúvel. O processo colorimétrico abrange digestão do material orgânico extraído.

## 2.5. Adubação nitrogenada na cana-de-açúcar

Os resultados obtidos em nossas condições na adubação com nitrogênio em cana-de-açúcar, apresentam-se erráticos.

ALVAREZ et alii (1960) em ensaio de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em cana-de-açúcar verificaram aumento de produção com aplicação de nitrogênio.

O elemento foi aplicado em duas doses, 80 e 160 kg de N/ha, na forma de sulfato de amônio. O aumento de produção foi de 19,5 t/ha ao nível de 80 kg/ha e, entre esta

Tabela 4 - Reagentes e processos empregados para avaliação do nitrogênio solúvel, pelos diversos autores.

| Autores   | Reagentes  |  |               |
|---|--|--|---------------|
|   | Extração   | Avaliação  | Processo      |
| ULRICH e<br>JOHNSON<br>(1959)                       | Sulfato de prata<br>Fosfato de sódio<br>Água oxigenada<br>Carbonato de sódio<br>Água       | Ácido fenoldissulfônico<br>EDTA<br>Hidróxido de amônio   | Colorimétrico |
| GALLO e<br>LOTT (1965)<br>teor de<br>cloro<br>> 1 % | Água<br>Sulfato de cobre<br>Hidróxido de cálcio<br>Carbonato de magnésio<br>Água oxigenada | Ácido fenoldissulfônico<br>Hidróxido de amônio   | Colorimétrico |
| GALLO e<br>LOTT (1965)<br>teor de<br>cloro<br>< 1 % | Água<br>Carbonato de magnésio<br>Água oxigenada  | Ácido fenoldissulfônico<br>Hidróxido de amônio   | Colorimétrico |
| TEIXEIRA e<br>COBRA NETTO<br>(não publi-<br>cado)   | Água   | Óxido de magnésio<br>Liga de devarda<br>Ácido bórico<br>Bromocresol verde<br>Vermelho de metila<br>Ácido sulfúrico 0,01N | Volumétrico   |



dose e 160 kg/ha o acréscimo foi de 17,1 t/ha. Isto verificou-se quando satisfeitas as necessidades de fósforo.

ALVAREZ et alii (1963), instalaram dezoito ensaios fatoriais de adubação com o nitrogênio, fósforo e potássio. Observaram respostas em relação ao nitrogênio em apenas seis dos experimentos. As quantidades aplicadas foram 90 e 180 kg/N/ha, na forma de sulfato de amônio. As respostas foram lineares. O emprego de 90 e 180 kg N/ha determinaram o aumento de 6,3 e 19,6 toneladas de colmos de cana-de-açúcar por hectare.

MALAVOLTA et alii (1963) apresentaram resultados de 40 ensaios fatoriais de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em cana soca. O nitrogênio foi aplicado nas doses de 60 e 120 kg/N/ha, na forma de salitre do Chile. Nem sempre obtiveram respostas significativas com aplicação de nitrogênio. Essa informação mostra o comportamento errático do elemento na adubação da cana-de-açúcar, em nossas condições.

Os efeitos da aplicação nitrogenada, em termos de aumento da produção em relação à testemunha, de acordo com o tipo de solo, foram as seguintes:

| <u>Solo</u>             | <u>0-60 kg/N/ha</u> | <u>60-120 kg/N/ha</u> |
|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| Terra Roxa Misturada    | 9,2 t/ha            | 5,2 t/ha              |
| Latossol Roxo           | 4,2 t/ha            | 6,3 t/ha              |
| Solos de Tipos Diversos | 13,1 t/ha           | 0,8 t/ha              |

Em relação a recomendação das quantidades a aplicar ZINK (1969) recomenda, para nossas condições quantidades de 40-50 kg/ha de nitrogênio, quando não se dispõe de análises de solos.

ESPIRONELO (1971) recomenda a aplicação de 40 a 90 kg de N/ha. O fertilizante deve ser colocado em cobertura cerca de 2 meses após o plantio quando este for realizado nos meses chuvosos (janeiro a fevereiro). Nos plantios tardios recomenda adubar nos sulcos de plantio com o fósforo e potássio. A cobertura pode ser feita em uma ou duas aplicações dependendo da dose, se pequena em uma só vez, como foi descrito, ou no início das chuvas. Se grande, em duas vezes, no plantio ou 2 meses após e o restante de setembro a outubro. Normalmente recomenda-se uma aplicação, por motivo econômico.

ESPIRONELLO et alii (1977) estudaram em dois anos de plantio consecutivos, no estado de São Paulo, na cana planta da variedade CB 4176, os efeitos de doses e modos de aplicação de nitrogênio no solo, na produção de colmos e de açúcar por área. Utilizou sulfato de amônio nas doses de 60, 120, 180 kg/N/ha, em sete experimentos de campo, abrangendo quatro tipos de solos. A aplicação do nitrogênio foi a seguinte:

- totalmente aos dois meses após o plantio;
- totalmente aos oito meses após o plantio;
- metade em cada uma das épocas citadas.

As produções obtidas deixaram evidente que a aplicação total aos dois meses de idade mostrou-se como a melhor, entre as três formas de adubação testadas.

MALAVOLTA e HAAG (1964) com base nos resultados experimentais, recomendam sempre que possível, ajustes às condições locais. No caso do estado de São Paulo, estipulam as seguintes quantidades de nitrogênio em kg/ha, em função do tipo do solo:

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Latossol Roxo          | 45 kg/ha  |
| Terra Roxa Estruturada | 60 kg/ha  |
| Outros                 | 60 kg/ha. |

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Instalação do ensaio

O experimento de campo foi instalado empregando-se como planta teste cana-de-açúcar (Saccharum officinarum, L.) variedade NA 5662. O local escolhido foi o campo experimental do Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". O solo da área experimental foi classificado por RANZANI et alii (1966), como pertencente ao Grande Grupo Regossol, Série Sertãozinho, com as características descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Características físicas e químicas da terra no local do experimento.

| Caracteres físicos e químicos da terra |                    |       |
|--|--------------------|-------|
| pH                                     |                    | 5,10  |
| C %                                    |                    | 1,48  |
| N %                                    |                    | 0,08  |
| $PO_4^{3-}$                            | e.mg/100 g de TFSA | 0,11  |
| $K^+$                                  | e.mg/100 g de TFSA | 0,06  |
| $Ca^{2+}$                              | e.mg/100 g de TFSA | 1,03  |
| $Mg^{2+}$                              | e.mg/100 g de TFSA | 0,50  |
| $H^+$                                  | e.mg/100 g de TFSA | 1,30  |
| $Al^{3+}$                              | e.mg/100 g de TFSA | 0,24  |
| Argila                                 | %                  | 15,50 |
| Limo                                   | %                  | 9,20  |
| Areia                                  | %                  | 75,30 |

O delineamento experimental constituiu-se em blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições. Cada parcela era formada de 6 linhas, espaçadas de 1,5 m, com 10 metros de comprimento.

Os tratamentos foram os seguintes:

| Tratamento<br>nº | Doses em kg/ha de nutrientes no plantio |                               |                  |
|------------------|---|-------------------------------|------------------|
|                  | N                                       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 1                | 0                                       | 200                           | 150              |
| 2                | 30                                      | 200                           | 150              |
| 3                | 60                                      | 200                           | 150              |
| 4                | 120                                     | 200                           | 150              |

As fontes de nitrogênio, fósforo e potássio foram: sulfato de amônio (20 % de N), superfosfato simples (20 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel em ácido cítrico a 1:100) e cloreto de potássio (60 % de K<sub>2</sub>O). Os adubos foram aplicados de uma só vez no fundo do sulco por ocasião do plantio.

### 5.2. Coleta de amostras de folhas

No transcorrer do experimento foram colhidas as folhas +3 e +4, para avaliação do teor de nitrogênio total e solúvel como amoniacal ( $N \equiv NH_4^+$ ) e nítrico ( $N \equiv NO_3^-$ ) nas seguintes épocas:

| <u>Épocas</u> | <u>Idade da cultura em dias</u> |
|---------------|---------------------------------|
| 1             | 90                              |
| 2             | 130                             |
| 3             | 170                             |
| 4             | 210                             |
| 5             | 250                             |
| 6             | 290                             |
| 7             | 330                             |
| 8             | 370                             |
| 9             | 410                             |
| 10            | 450                             |
| 11            | 490                             |

No material colhido, em média de 20 folhas por parcela, foi separado a porção central do limbo sem a nervura central e deixadas em estufa a 70-80°C, até peso constante. A seguir, o material seco foi passado em moinho Willey com peneira de 20 "mesh".

### 3.3. Método químico de avaliação do nitrogênio solúvel

A avaliação do "nitrogênio solúvel" consistiu na dosagem das formas amoniacal e nítrica, obtidas em solução aquosa do material vegetal seco. O amônio e nitrato foram dosados na mesma amostra pelo método de Kjeldahl, descrito por BRENNER (1965) e adaptado para plantas por TEIXEIRA e COBRANETTO (não publicado).

#### 3.3.1. Extração

Em erlemmeyer de 250 ml contendo uma grama do material vegetal seco, finamente moído, passado por peneira 20 "mesh", adicionou-se 100 ml de água desmineralizada. O material foi deixado agitar durante 30 minutos e filtrado.

#### 3.3.2. Determinação

A determinação química dos teores de amônio e de nitrato foi efetuada por destilação de alicotas de 10 ml de extrato. O método baseia-se em converter o nitrogênio da fração solúvel em amônio, pela ação alcalina do óxido de magnésio, adicionado por ocasião da destilação. O amônio era coletado em solução de ácido bórico com indicadores, a seguir avaliada por titulação com ácido sulfúrico padronizado. Após a destilação do amônio procedeu-se nova destilação da amostra



com liga de devarda, finamente moída, para a redução de outras formas de nitrogênio em amônio.

#### 5.4. Método químico de avaliação do nitrogênio total

Para avaliação do nitrogênio total, empregou-se os materiais e métodos descritos por MALAVOLTA (1965).

#### 5.5. Análise estatística dos resultados

Os resultados obtidos foram analisados segundo PIMENTEL GOMES (1963).

#### 3.6. Dados meteorológicos

Os valores de precipitação pluviométrica e temperatura foram coletados pela Estação Meteorológica do Horto Florestal de Tupi.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Dados meteorológicos

No estudo do elemento nitrogênio em plantas a precipitação pluviométrica é de considerável importância (SAMUELS et alii, 1955; HALAIS, 1955; GALLO et alii, 1962). Estes autores consideram o total e a distribuição das chuvas durante o ciclo produtivo da cultura.

A Tabela 6 contém os resultados de precipitação e temperatura durante o período experimental (anos de 1972 e 1973). Paralelamente estão inseridos os dados médios da região de Piracicaba CERVELLINI et alii (1973).

Comparando as precipitações durante o período experimental e as médias (1917/1970) verifica-se que em 1972 as chuvas foram cerca de 230 mm superiores e em 1973 próximas aos valores médios da região.

Tabela 6 - Dados meteorológicos do período experimental e valores médios para o município de Piracicaba.

| Meses     | Média de precipitação (mm) nos anos de |        | Precipitação mensal (mm) nos anos |      | Média de temperatura (°C) nos anos de |      | Temperatura mensal (°C) nos anos |      |
|-----------|--|--------|-----------------------------------|------|---------------------------------------|------|----------------------------------|------|
|           | 1917/1970***                           | 1972   | 1972                              | 1973 | 1917/1970***                          | 1972 | 1972                             | 1973 |
| Janeiro   | 223,4                                  | 328,1  | 137,0                             | 23,6 | 23,2                                  | 24,8 |                                  |      |
| Fevereiro | 188,9                                  | 229,8  | 130,3                             | 23,5 | 22,6                                  | 25,3 |                                  |      |
| Março     | 132,4                                  | 100,4  | 123,9                             | 23,1 | 23,6                                  | 23,1 |                                  |      |
| Abril*    | 60,8                                   | 74,6*  | 37,7                              | 21,1 | 19,2                                  | 23,4 |                                  |      |
| Maiο      | 46,6                                   | 69,1   | 40,7                              | 18,4 | 18,4                                  | 18,2 |                                  |      |
| Junho     | 40,6                                   | 5,8    | 43,4                              | 17,0 | 16,4                                  | 17,2 |                                  |      |
| Julho     | 23,6                                   | 104,2  | 74,1                              | 16,7 | 15,6                                  | 16,7 |                                  |      |
| Agosto    | 28,8                                   | 58,8   | 20,4                              | 18,5 | 17,7                                  | 17,1 |                                  |      |
| Setembro  | 60,4                                   | 88,9   | 54,8                              | 20,4 | 19,9                                  | 19,1 |                                  |      |
| Outubro** | 104,5                                  | 168,9  | 103,2**                           | 21,5 | 21,3                                  | 20,9 |                                  |      |
| Novembro  | 131,4                                  | 106,1  | 131,7                             | 22,5 | 22,7                                  | 21,5 |                                  |      |
| Dezembro  | 205,7                                  | 92,7   | 309,9                             | 23,2 | 23,7                                  | 23,4 |                                  |      |
| TOTAL     | 1247,1                                 | 1477,4 | 1207,1                            | -    | -                                     | -    |                                  |      |

\* Mes do início do experimento

\*\* Mes do ano seguinte - final do ensaio

\*\*\* De acordo com CERVELINI et alii (1973).

A distribuição mensal nos anos do ensaio mostrou-se inferior apenas nos meses de janeiro e fevereiro de 1972 e abril de 1973, quando comparados com os valores médios da região. Nos outros meses é possível considerar, como pequenas as variações em relação a média.

Durante o período experimental a quantidade de chuva foi de 28 mm menor que a média da região.

Em relação à temperatura verifica-se valores próximos aos médios, em todo o transcorrer do ensaio, de modo a indicar que o mesmo ocorreu em condições representativas da região.

Na Tabela 7 estão as quantidades de chuva entre as épocas de amostragem de folhas.

Da observação da Tabela 7 constata-se que entre as colheitas não houve período sem chuva. Por outro lado, os dados de precipitação diária mostraram, de um modo geral, que todas as amostragens foram realizadas 3 a 5 dias após a última precipitação.

A distribuição das chuvas durante o período experimental, mostrou-se melhor no início do ensaio e pouco menor nas épocas finais, quando comparadas com os dados mé-

Tabela 7 - Precipitações pluviométricas entre as épocas de amostragem de folhas.

| Épocas de amostragem    | Precipitação em mm |                               |
|-------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                         | Durante as épocas  | Chuva precedente à amostragem |
| Até o plantio           | 722,9              | 33,0 (6)*                     |
| Plantio à 1ª amostragem | 181,4              | 1,5 (3)                       |
| 1ª à 2ª amostragem      | 96,9               | 21,0 (6)                      |
| 2ª à 3ª amostragem      | 199,4              | 7,0 (3)                       |
| 3ª à 4ª amostragem      | 127,2              | 8,0 (3)                       |
| 4ª à 5ª amostragem      | 190,7              | 3,8 (4)                       |
| 5ª à 6ª amostragem      | 169,3              | 17,4 (9)                      |
| 6ª à 7ª amostragem      | 142,7              | 1,3 (8)                       |
| 7ª à 8ª amostragem      | 43,9               | 1,0 (3)                       |
| 8ª à 9ª amostragem      | 64,4               | 10,8 (7)                      |
| 9ª à 10ª amostragem     | 90,9               | 1,0 (5)                       |
| 10ª à 11ª amostragem    | 57,8               | 16,8 (7)                      |
| 11ª à colheita final    | 56,4               | 2,3 (5)                       |
| TOTAL DO EXPERIMENTO    | 2143,4             | -                             |

\* Número em dias antes da colheita a precipitação referida.

dios dos anos 19:17/1970. Por outro lado ZINK (1969), considera que a precipitação pluviométrica mínima anual para a cultura da cana-de-açúcar é de 1200 mm.

#### 4.2. Produção de cana

Os resultados referentes a produção de cana encontram-se na Tabela 8. Os dados do estudo estatístico estão contidos na Tabela 9.

Tabela 8 - Produção de colmos de cana-de-açúcar. Valores médios de 4 repetições.

| Tratamentos | Doses de nitro<br>gênio kg/ha | Produção em<br>kg/canteiro | Produção em<br>t/ha |
|-------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|
| 1           | 0                             | 370,00                     | 63,33               |
| 2           | 30                            | 407,60                     | 67,83               |
| 3           | 60                            | 443,75                     | 73,83               |
| 4           | 120                           | 427,50                     | 71,16               |

Tabela 9 - Valores de F para tratamentos, coeficiente de variação e diferenças mínimas significativas entre médias das produções de colmos (em kg/canteiro).

| Parâmetros estatísticos | Resultados obtidos |
|-------------------------|--------------------|
| F                       | 15,24**            |
| CV                      | 3,32 %             |
| d.m.s. a 5 %            | 22,30              |
| d.m.s. a 1 %            | 45,60              |

\*\* significativo a 1 %.

Os resultados estatísticos mostram que diferenças significativas foram encontradas, para as doses testadas, em relação à testemunha: 60 kg de nitrogênio/ha, 120 kg de nitrogênio/ha a 1 % de probabilidade e 30 kg de nitrogênio/ha ao nível de 5 %. Entre as quantidades de adubos aplicadas, foi observada significância, apenas entre 30 kg de nitrogênio/ha e 60 kg de nitrogênio/ha.

A produção de colmos aumentou até a dose de 60 kg de nitrogênio/ha. A cultura respondeu às quantidades aplicadas do elemento evidenciando a carência do elemento no solo. Em relação à testemunha estas respostas foram de 4,5 t/ha, 10,5 t/ha e 7,8 t/ha quando se aplicou 30, 60 e 120 kg de nitrogênio/ha, respectivamente.

ALVAREZ et alii (1960) observaram em Terra Roxa Estruturada respostas de 19,5 t/ha ao se aplicar 80 kg de nitrogênio/ha e de 36,6 t/ha quando se colocou 160 kg de nitrogênio/ha.

ALVAREZ e PACHECO (1963), em solo derivado de arenito Bauru, verificaram respostas de 6,3 t/ha e 19,6 t/ha, quando se colocou 90 kg de nitrogênio/ha e 180 kg de nitrogênio/ha, respectivamente.

MALAVOLTA et alii (1963) obtiveram aumentos variáveis de acordo com o solo da área experimental. Em Terra Roxa Estruturada, observaram aumentos de 9,2 t/ha e 14,4 t/ha ao se aplicar 60 kg de nitrogênio/ha e 120 kg de nitrogênio/ha respectivamente; em Latossol Roxo estas respostas foram de 4,2 t/ha e 10,5 t/ha. Em solos diversos, não enquadrados nos tipos anteriores, os aumentos foram de 13,1 t/ha e 0,8 t/ha respectivamente.

A Tabela 10, resume os resultados do estudo de regressão polinomial entre doses e produções obtidas.

O estudo da regressão polinomial entre doses e produções obtidas mostrou variação ao nível quadrático.



Tabela 10 - Resultados da análise de variância da regressão entre produção de colmos e doses de nitrogênio aplicadas na adubação.

| Regressão  | Valor de F | Equação                           |
|------------|------------|-----------------------------------|
| Linear     | 24,86**    | $y = 383,76 + 0,53x$              |
| Quadrática | 20,43**    | $y = 360,80 + 2,091x - 0,0128x^2$ |
| Cúbica     | 0,44       |                                   |

\*\* significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

Através da equação representativa do fenômeno foi possível determinar a dose de máxima produção. Nas condições experimentais foi de 81,6 kg de nitrogênio/ha, como ilustra a Figura 1.

A quantidade de adubo de máxima produção nas condições do experimento se enquadra nas recomendações do Instituto Agrônomo da Secretaria de Agricultura do estado de São Paulo que, de acordo com ESPIRONELO (1971), está entre 40 kg de nitrogênio/ha e 90 kg de nitrogênio/ha.

MALAVOLTA e HAAG (1964) recomendam cerca de 60 kg de nitrogênio/ha para solos diversos e ZINK (1969) in-

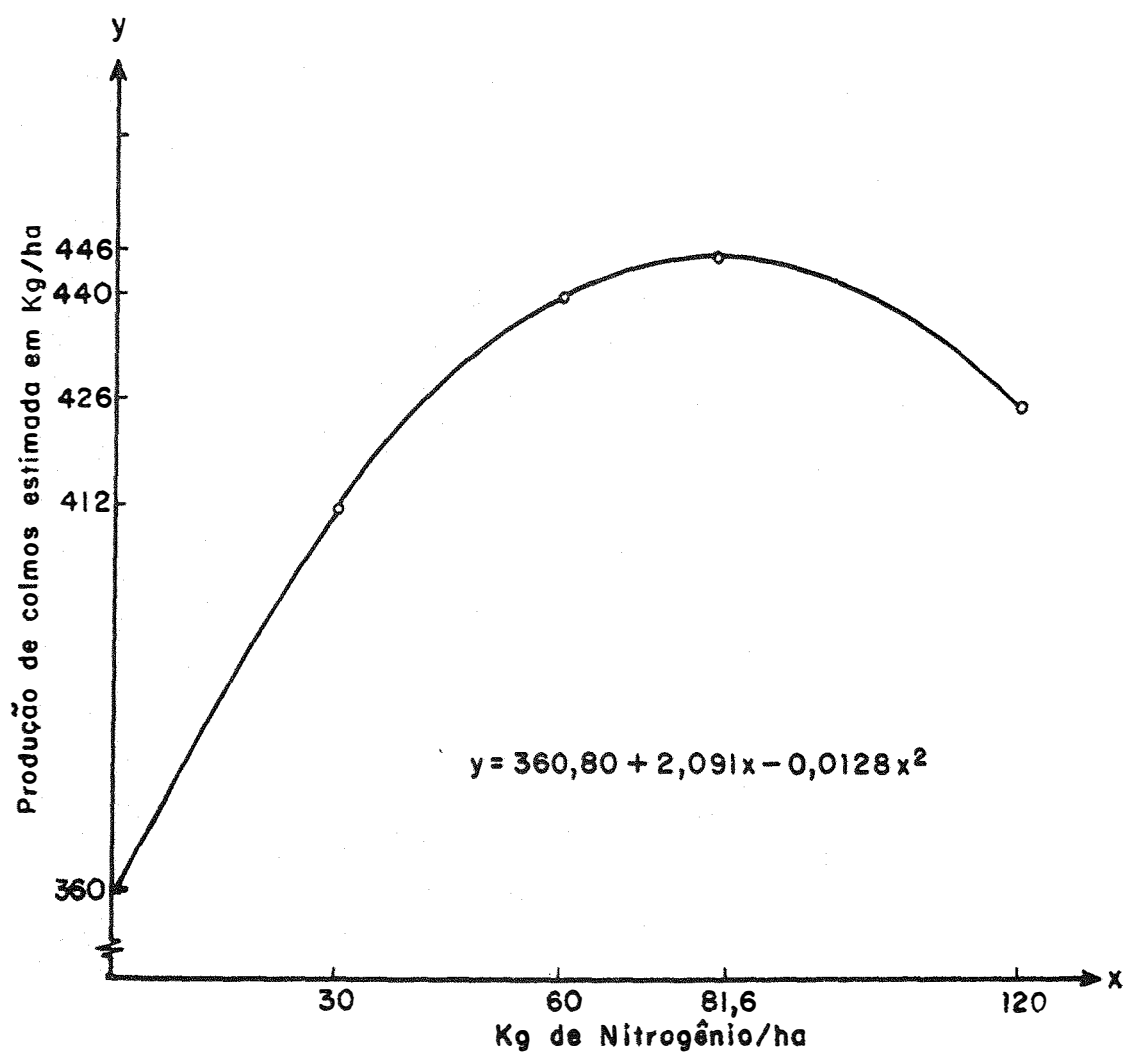


Figura 1 - Representação da equação obtida da análise de regressão entre produções de colmos e doses de nitrogênio na adubação.

dica a aplicação entre 40 e 50 kg de nitrogênio/ha sem especificar as condições da cultura.

As quantidades de nitrogênio recomendadas estão sujeitas as condições que está submetida a cultura. Provavelmente, isto explica a discordância entre as recomendações mencionadas.

#### 4.3. Variação dos teores de nitrogênio com a idade da planta

##### 4.3.1. Nitrogênio total

Na Tabela 11 estão os valores médios de 4 repetições do nitrogênio total, nas folhas +3 e +4, nas diversas amostragens.

As concentrações de nitrogênio total das folhas +3 e +4 decresceram com a idade das plantas em todos os tratamentos.

OITICICA (1970) apresenta tabelas demonstrativas do decréscimo dos teores de nitrogênio total com a idade da planta. CLEMENTS et alii, (1941) considera que, para as culturas em geral, há uma proporcionalidade entre crescimen-

Tabela 11 - Teores médios de nitrogênio total expressos em porcentagem, avaliados nas folhas +3 e +4, nas diferentes épocas de amostragem e tratamentos.

| Épocas | Folhas +3 - Tratamentos |      |      |      | Folhas +4 - Tratamentos |      |      |      |
|--------|-------------------------|------|------|------|-------------------------|------|------|------|
|        | 1                       | 2    | 3    | 4    | 1                       | 2    | 3    | 4    |
| 1      | 1,56                    | 1,64 | 1,70 | 1,77 | 1,72                    | 1,75 | 1,78 | 1,91 |
| 2      | 1,52                    | 1,62 | 1,68 | 1,75 | 1,69                    | 1,71 | 1,78 | 1,81 |
| 3      | 1,50                    | 1,57 | 1,64 | 1,68 | 1,63                    | 1,68 | 1,75 | 1,78 |
| 4      | 1,44                    | 1,55 | 1,61 | 1,62 | 1,57                    | 1,61 | 1,70 | 1,69 |
| 5      | 1,43                    | 1,51 | 1,56 | 1,59 | 1,56                    | 1,60 | 1,61 | 1,61 |
| 6      | 1,39                    | 1,45 | 1,51 | 1,56 | 1,50                    | 1,52 | 1,58 | 1,57 |
| 7      | 1,38                    | 1,45 | 1,47 | 1,52 | 1,48                    | 1,53 | 1,54 | 1,51 |
| 8      | 1,36                    | 1,42 | 1,44 | 1,48 | 1,46                    | 1,49 | 1,52 | 1,52 |
| 9      | 1,32                    | 1,39 | 1,43 | 1,42 | 1,39                    | 1,48 | 1,48 | 1,48 |
| 10     | 1,27                    | 1,26 | 1,37 | 1,39 | 1,36                    | 1,37 | 1,40 | 1,42 |
| 11     | 1,09                    | 1,11 | 1,11 | 1,12 | 1,12                    | 1,19 | 1,18 | 1,19 |

to e teor de nitrogênio. Para a cana-de-açúcar quantidades elevadas no período inicial resulta em melhor perfilhamento e desenvolvimento. No estágio final de desenvolvimento afeta a quantidade de sacarose produzida.

JONES e HUMBERT (1960), em estudos com variedades havaianas de cana-de-açúcar concluíram que ocorria diminuição dos teores de nitrogênio total com o desenvolvimento da cultura, em todas as partes da planta (bainha, lâmina foliar e colmos).

CATANI et alii (1960) verificaram em estudos da marcha de absorção dos nutrientes em cana-de-açúcar, variedade CO 419, que a concentração de nitrogênio total na planta (folhas e colmos) decresceu com o desenvolvimento da planta.

A análise de variância obtida dos teores de nitrogênio total nas diferentes épocas (Tabela 12), deixa evidente o efeito das doses aplicadas. As folhas +3, até a 6ª época (330 dias de idade), mostram o efeito da adubação nitrogenada, enquanto que as folhas +4, respondem somente até a 4ª época (210 dias) ao nitrogênio aplicado.

Tabela 12 - Valores de F para tratamentos, coeficiente de variação e diferenças mínimas significativas entre médias, dos teores de nitrogênio total nas folhas +3 e +4, nas diferentes épocas de amostragem.

| Épocas | Folhas +3  |      |              | Folhas +4  |      |              |
|--------|------------|------|--------------|------------|------|--------------|
|        | Valor de F | CV % | d.m.s. a 5 % | Valor de F | CV % | d.m.s. a 5 % |
| 1      | 16,43**    | 2,58 | 0,095        | 7,95**     | 3,32 | 0,131        |
| 2      | 18,12**    | 2,72 | 0,098        | 9,79**     | 2,04 | 0,079        |
| 3      | 12,26**    | 2,90 | 0,102        | 20,70**    | 2,26 | 0,065        |
| 4      | 13,28**    | 2,80 | 0,096        | 8,20**     | 2,72 | 0,099        |
| 5      | 9,94**     | 3,04 | 0,102        | 3,32       | 1,57 | 0,055        |
| 6      | 14,49**    | 2,68 | 0,086        | 2,00       | 3,31 | 0,112        |
| 7      | 3,70       | 3,96 | 0,127        | 1,05       | 3,23 | 0,108        |
| 8      | 3,56       | 3,92 | 0,123        | 2,05       | 2,53 | 0,083        |
| 9      | 5,82*      | 2,85 | 0,087        | 14,22**    | 1,62 | 0,052        |
| 10     | 22,87**    | 2,19 | 0,064        | 6,74*      | 2,42 | 0,074        |
| 11     | 3,13       | 1,46 | 0,036        | 7,17       | 2,04 | 0,052        |

\* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

A partir do plantio até a 4ª época (210 dias), ocorreu uma precipitação de 604,9 mm e de 795,6 mm até a 6ª época (330 dias). Possivelmente a chuva caída em solo arenoso, como o do local do experimento, seja o fator atenuante da resposta à adubação nitrogenada.

As concentrações de nitrogênio total, encontradas nas diversas épocas do experimento se aproximam dos encontrados por diversos pesquisadores.

MALAVOLTA (1959) considera como valores associados ao bom estado nutricional da cultura os teores de 1,5 a 2,0 % de nitrogênio total, recomendando na amostragem as folhas 3 e 4 (+1 e +2).

MALAVOLTA (1967), cita como níveis adequados de nitrogênio total 2,0 a 2,5 %. Na amostragem selecionou as 3ª e 4ª folhas a partir da ponta, com a nervura central desprezada e coletada aos 4 meses de idade.

MALAVOLTA et alii (1961) em ensaios fatoriais de adubação realizado em São Paulo com cana-de-açúcar, variedade CB 4176, empregaram a avaliação do nitrogênio total nas folhas 3 e 4 (+1 e +2), aos 4 meses e meio de idade, concluíram 1,92 %, 2,05 % e 2,18 % como teores críticos nos experi -

mentos realizados, respectivamente em solos Terra Roxa Estruturada, Solos Diversos e "Terra Roxa Legítima" (Latossol Roxo).

SAMUELS et alii (1955), empregando as folhas +1, +2 e +3, colhidas aos 3 meses de idade, concluíram ser 2,0 a 2,5 % de nitrogênio total os teores adequados para a cultura em questão.

HALAIS (1955) estabeleceu como nível crítico os teores de 1,66 a 1,85 % de nitrogênio total. Empregou, em seus trabalhos, a parte central da lâmina, sem nervuras, das folhas +1, obtidas dos 4-6 meses de idade.

GALLO et alii (1968) utilizando as folhas +3 promoveram o levantamento do estado nutricional com auxílio da análise foliar em áreas produtoras da cana-de-açúcar do estado de São Paulo, abrangendo as variedades CO 419 e CB 41/76. As amostragens foram efetuadas em três épocas: 4 e 9 meses para a cana planta e 4 a 5 meses para a cana soca. Obtiveram os teores de 1,86 % e 1,77 % de nitrogênio total como índices médios para CO 419 e CB 41/76, respectivamente. As variações dos teores encontrados se enquadraram entre 1,08 % e 2,68 %. Os autores concluíram que a faixa de carência provável, para ambas as variedades, era de 1,08 % e 1,60 % e que a porcentagem de canaviais, nesta situação, estava ao redor de 12 %.



TEIXEIRA e COBRA NETTO (em impressão) cultivaram a variedade NA 5662, em solução nutritiva completa e deficiente de nitrogênio e avaliaram o total do elemento nas folhas +3 e +4. Aos 210 dias (correspondente à 4ª época no presente ensaio) as folhas +4 apresentaram teores de 2,2 % para o tratamento completo e 1,5 % para o deficiente. Aos 290 dias (correspondente à 6ª época no presente ensaio) as folhas +3, continham teores de 1,7 % e 1,3 %, respectivamente para os tratamentos completo e deficiente.

#### 4.3.2. Nitrogênio amoniacal

As concentrações médias do nitrogênio amoniacal, nos diversos tratamentos e épocas, estão contidos na Tabela 13.

Em ambas as folhas testadas observa-se que o nitrogênio avaliado como amônio decresceu com a idade da planta.

Sob este aspecto CATANI (1960) e JONES e HUBERT (1960) trabalhando com o nitrogênio total, verificaram a mesma situação em colmos e folhas de cana-de-açúcar. Este mesmo fenômeno foi relatado por OITICICA (1970) e CLEMENTS et alii (1941), que consideram a ocorrência normal para os vegetais.

Tabela 13 - Teores médios de nitrogênio amoniacal, expressos em ppm, avaliados nas folhas +3 e +4 em diversas épocas de amostragem e tratamentos.

| Épocas | Folhas +3 - Tratamentos |      |      |      | Folhas +4 - Tratamentos |      |      |      |
|--------|-------------------------|------|------|------|-------------------------|------|------|------|
|        | 1                       | 2    | 3    | 4    | 1                       | 2    | 3    | 4    |
| 1      | 1226                    | 1538 | 1785 | 2067 | 1372                    | 1622 | 1972 | 2205 |
| 2      | 1437                    | 1688 | 1844 | 2019 | 1532                    | 1778 | 2002 | 2226 |
| 3      | 1437                    | 1567 | 1673 | 1776 | 1452                    | 1628 | 1732 | 1894 |
| 4      | 755                     | 837  | 895  | 936  | 826                     | 906  | 966  | 1006 |
| 5      | 464                     | 477  | 507  | 518  | 534                     | 563  | 607  | 623  |
| 6      | 550                     | 619  | 654  | 613  | 592                     | 654  | 696  | 658  |
| 7      | 441                     | 588  | 626  | 563  | 497                     | 625  | 656  | 612  |
| 8      | 318                     | 395  | 413  | 353  | 432                     | 465  | 472  | 441  |
| 9      | 322                     | 416  | 420  | 395  | 423                     | 472  | 486  | 465  |
| 10     | 273                     | 276  | 287  | 276  | 329                     | 332  | 350  | 350  |
| 11     | 360                     | 367  | 376  | 381  | 325                     | 332  | 350  | 343  |

VIETS (1965), trabalhando com nitrogênio solúvel, verificou a diminuição dos teores em função da idade da planta. Segundo este autor o crescimento diminui a possibilidade de armazenamento destas formas transitórias de nitrogênio, pois, com a idade, ocorre diminuição do protoplasma e aumento do material fibroso. CROCOMO e NEPTUNE (1962) consideram o vacúolo como local de armazenamento do nitrogênio solúvel.

KORSTACHACK (1968) verificou a diminuição dos aminoácidos solúveis com a idade da planta. Por outro lado é conhecido na cana-de-açúcar que elevados teores de nitrogênio na fase final de crescimento dificulta a maturação e diminui o teor de sacarose na planta. Nos solos deficientes, o nitrogênio determina aumentos na colheita. Usando-se um excesso do elemento, de acordo com MALAVOLTA et alii (1967) pode ocorrer uma diminuição na porcentagem de sacarose nos colmos.

Os resultados obtidos se assemelham aos encontrados por TEIXEIRA e COBRA NETTO (não publicado), em trabalhos realizados com cana-de-açúcar, variedade NA 5662, cultivadas em meio nutritivo completo e omissa em nitrogênio.

Na avaliação do estado nutricional da cana planta, MALAVOLTA (1959) indica a seleção das folhas 3 e 4 (+1 e +2), coletadas aos 4 meses de idade. Por outro lado, GALLO et alii (1962 e 1968) recomendam para a cana planta amostragens aos 4 e 9 meses, como as indicativas da nutrição da cultura. Nas condições experimentais a idade de 9 meses é atingida entre as 5ª e 6ª épocas de amostragens.

A análise de variância dos resultados dos teores de amônio, das folhas +3 e +4 estão apresentados na Tabela 14. As folhas testadas até a 4ª época mostram-se com comportamento semelhante, ao nível de 1 % de significância. A 5ª época não mostrou diferenças nos teores e, posteriormente, as 6ª e 7ª épocas voltaram a evidenciar um provável efeito de tratamento.

A avaliação do nitrogênio amoniacal e total, apresentam, nas condições do experimento, resultados positivos até a 4ª época de amostragem (efetuada aos 210 dias de idade). Esse comportamento se assemelha às indicações de diversos pesquisadores como HALAIS (1955) e GALLO et alii (1962 e 1968).

Tabela 14 - Valores de F para tratamentos, coeficientes de variação e diferenças mínimas significativas entre médias, dos teores de  $N \equiv NH_4^+$  nas folhas +3 e +4 nas diferentes épocas de amostragem.

| Épocas | Folhas +3  |       |              |            | Folhas +4 |              |            |      |              |
|--------|------------|-------|--------------|------------|-----------|--------------|------------|------|--------------|
|        | Valor de F | CV %  | d.m.s. a 5 % | Valor de F | CV %      | d.m.s. a 5 % | Valor de F | CV % | d.m.s. a 5 % |
| 1      | 18,69**    | 9,96  | 260,71       | 16,20**    | 10,22     | 262,57       |            |      |              |
| 2      | 34,62**    | 4,77  | 137,39       | 78,99**    | 3,60      | 122,35       |            |      |              |
| 3      | 20,55**    | 3,71  | 96,46        | 70,09**    | 2,65      | 112,61       |            |      |              |
| 4      | 22,35**    | 3,88  | 64,44        | 12,15**    | 4,84      | 57,09        |            |      |              |
| 5      | 0,97       | 10,43 | -            | 4,35       | 6,81      | -            |            |      |              |
| 6      | 11,00**    | 4,51  | 53,84        | 5,07*      | 5,85      | 72,34        |            |      |              |
| 7      | 33,83**    | 4,96  | 54,25        | 17,92**    | 5,49      | 40,72        |            |      |              |
| 8      | 3,41       | 12,43 | -            | 0,71       | 10,08     | -            |            |      |              |
| 9      | 3,36       | 12,80 | -            | 1,71       | 8,96      | -            |            |      |              |
| 10     | 0,46       | 6,41  | -            | 0,27       | 12,77     | -            |            |      |              |
| 11     | 2,00       | 4,55  | -            | 1,46       | 4,13      | -            |            |      |              |

\* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

#### 4.3.3. Nitrogênio nítrico

Os teores médios de nitrogênio avaliado como nitrato, nas folhas +3 e +4, estão representados na Tabela 15.

Em ambas as folhas o nitrogênio nítrico apresenta comportamento semelhante ao amoniacal porém, as quantidades obtidas, foram sempre menores.

A análise de variância apresentada na Tabela 16 mostra o efeito significativo para tratamento até a 6ª época para a folha +3 e até a 4ª época para a folha +4.

Os testes rápidos para avaliação do nitrato, não tem mostrado resultados apreciáveis em cana-de-açúcar. Possivelmente, no processo empregado no ensaio a liga de devarda, em meio alcalino produzido pelo óxido de magnésio, promove a redução de outras formas nitrogenadas.

ULRICH (1948) trabalhando com beterraba mostrou ser a forma nítrica a mais indicada para avaliação do estado nutricional.

LORENZ et alii (1954) consideraram a forma de nitrato como indicadora do estado nutricional da batata.

Tabela 15 - Teores médios de nitrogênio nítrico expressos em ppm, avaliados nas folhas +3 e +4 em diversas épocas de amostragem e tratamentos.

| Épocas | Folhas +3 - Tratamentos |     |     |     | Folhas +4 - Tratamentos |     |     |     |
|--------|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|-----|
|        | 1                       | 2   | 3   | 4   | 1                       | 2   | 3   | 4   |
| 1      | 105                     | 154 | 189 | 206 | 140                     | 178 | 222 | 250 |
| 2      | 108                     | 143 | 161 | 180 | 128                     | 144 | 168 | 192 |
| 3      | 128                     | 152 | 178 | 194 | 129                     | 157 | 182 | 197 |
| 4      | 79                      | 107 | 115 | 129 | 100                     | 129 | 143 | 159 |
| 5      | 47                      | 50  | 56  | 63  | 65                      | 66  | 81  | 86  |
| 6      | 44                      | 47  | 49  | 61  | 54                      | 59  | 59  | 59  |
| 7      | 31                      | 44  | 45  | 46  | 44                      | 58  | 59  | 59  |
| 8      | 26                      | 28  | 35  | 31  | 42                      | 42  | 49  | 49  |
| 9      | 30                      | 28  | 30  | 30  | 40                      | 42  | 49  | 45  |
| 10     | 26                      | 26  | 28  | 28  | 28                      | 28  | 31  | 33  |
| 11     | 28                      | 28  | 28  | 28  | 28                      | 28  | 28  | 28  |

Tabela 16 - Valores de F para tratamentos, coeficientes de variação e deficiências mínimas significativas entre médias, dos teores de  $N \equiv NO_3^-$  nas folhas +3 e +4 nas diferentes épocas de amostragem.

| Épocas | Folhas +3  |       |              | Folhas +4  |       |              |
|--------|------------|-------|--------------|------------|-------|--------------|
|        | Valor de F | CV %  | d.m.s. a 5 % | Valor de F | CV %  | d.m.s. a 5 % |
| 1      | 26,17**    | 10,69 | 41,85        | 12,12**    | 14,12 | 45,37        |
| 2      | 36,80**    | 6,77  | 13,73        | 18,42**    | 8,07  | 7,48         |
| 3      | 55,13**    | 4,83  | 18,31        | 25,91**    | 7,15  | 27,64        |
| 4      | 11,97**    | 11,49 | 17,81        | 22,76**    | 7,96  | 16,73        |
| 5      | 4,84*      | 11,48 | 14,61        | 1,34       | 15,96 | 16,55        |
| 6      | 5,24*      | 15,42 | 15,24        | 0,69       | 10,84 | -            |
| 7      | 2,52       | 20,48 | -            | 7,60**     | 10,03 | 4,28         |
| 8      | 1,90       | 18,63 | -            | 2,00       | 12,56 | -            |
| 9      | 0,12       | 17,23 | -            | 1,90       | 12,73 | -            |
| 10     | 0,66       | 9,12  | -            | 1,17       | 16,05 | -            |
| 11     | -          | -     | -            | -          | -     | -            |

\* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.



GALLO et alii (1963, 1965), empregaram a mesma fração no estado nutricional das culturas de milho e batata. HIROCE et alii (1969) utilizaram a mesma técnica para o diagnóstico na cultura do feijoeiro.

#### 4.4. Correlações entre teores de nitrogênio nas folhas e produção de cana

Para a verificação da possibilidade do uso do método do nitrogênio solúvel na diagnose foliar procedeu-se a comparação entre os processos utilizados no ensaio e a sua correlação com a produção. A análise de correlação entre os teores obtidos, nas formas testadas e produção final de colmos se acham nas Tabelas 17 e 18.

As amostragens até a 4ª época apresentam correlações ao nível de 1 % de significância, para todas as formas estudadas. Excetua-se o nitrogênio total, avaliado nas folhas +4. A ocorrência é uma indicação de que o nitrogênio total, amoniacal e nítrico, podem ser empregados para estudo nutricional da cana-de-açúcar.

Procurou-se verificar a variação entre os métodos, transformando-se os valores de coeficiente de correlação (r) em (z). Desta maneira foi possível constatar a homoge

neidade entre os métodos empregados, o que recomenda a aplicação de quaisquer um deles.

Tabela 17 - Valores de r e t das correlações lineares obtidas entre nitrogênio total, das folhas +3 e +4, nas diversas épocas e produções de colmos.

| Épocas | Folhas +3 |        | Folhas +4 |        |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|
|        | r         | t      | r         | t      |
| 1      | 0,72      | 3,88** | 0,44      | 1,84   |
| 2      | 0,74      | 4,13** | 0,57      | 2,62*  |
| 3      | 0,76      | 4,39** | 0,62      | 2,92** |
| 4      | 0,78      | 4,67*  | 0,78      | 4,76** |
| 5      | 0,72      | 3,88** | 0,48      | 2,03   |
| 6      | 0,71      | 3,82** | 0,34      | 1,47   |
| 7      | 0,35      | 1,45   | 0,26      | 1,30   |
| 8      | 0,26      | 1,30   | 0,18      | 0,98   |
| 9      | 0,21      | 1,08   | 0,16      | 0,86   |
| 10     | 0,12      | 0,68   | 0,11      | 0,62   |
| 11     | 0,09      | 0,58   | 0,08      | 0,52   |

\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 18 - Valores de r e t das correlações lineares obtidas entre teores de nitrogênio solúvel, das folhas +3 e +4, nas diversas épocas e produções de colmos.

| Épocas | Nitrogênio amoniacal |        |           |        | Nitrogênio nítrico |        |           |        |
|--------|----------------------|--------|-----------|--------|--------------------|--------|-----------|--------|
|        | Folhas +3            |        | Folhas +4 |        | Folhas +3          |        | Folhas +4 |        |
|        | r                    | t      | r         | t      | r                  | t      | r         | t      |
| 1      | 0,76                 | 4,39** | 0,71      | 3,82** | 0,85               | 6,11** | 0,80      | 5,05** |
| 2      | 0,77                 | 4,53** | 0,75      | 4,27** | 0,84               | 5,99** | 0,79      | 4,98** |
| 3      | 0,72                 | 3,88** | 0,65      | 3,23** | 0,81               | 5,34** | 0,78      | 4,76** |
| 4      | 0,73                 | 4,03** | 0,69      | 3,62** | 0,70               | 3,67** | 0,66      | 3,36** |
| 5      | 0,14                 | 0,76   | 0,43      | 1,78   | 0,51               | 2,23*  | 0,35      | 1,45   |
| 6      | 0,67                 | 3,37** | 0,56      | 2,57*  | 0,41               | 1,70   | 0,39      | 1,59   |
| 7      | 0,54                 | 2,55*  | 0,15      | 0,78   | 0,08               | 0,52   | 0,05      | 0,46   |
| 8      | 0,40                 | 1,65   | 0,28      | 1,33   | 0,27               | 1,32   | 0,06      | 0,48   |
| 9      | 0,33                 | 1,43   | 0,38      | 1,52   | 0,19               | 1,04   | 0,07      | 0,50   |
| 10     | 0,07                 | 0,50   | 0,14      | 0,76   | 0,23               | 1,18   | 0,08      | 0,52   |
| 11     | 0,26                 | 1,30   | 0,25      | 1,28   | -                  | -      | -         | -      |

\* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade

\*\* Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos e analisados estatisticamente, sugerem as seguintes conclusões, válidas para as condições experimentais:

1. As quantidades de nitrogênio aplicadas evidenciam que a produção máxima ocorreu com o uso de 81,6 kg de nitrogênio/ha no plantio.
2. As folhas +3 e +4, apresentaram variações nos teores de nitrogênio, em função das doses e idade da cultura, durante o período de amostragem de folhas considerado no ensaio.
3. As folhas +3 e +4 mostraram-se como indicadores do estado nutricional, para o elemento nitrogênio, considerando-se os métodos de análise química testados.

4. Considerando-se os métodos de análise química testados, as amostragens efetuadas aos 90, 130, 170 e 210 dias de idade das plantas, foram as que melhor refletiram as condições de nutrição da cultura.
5. Os métodos químicos de dosagem de nitrogênio solúvel mostraram-se eficientes na indicação do estado nutricional da cultura.

## 6. SUMMARY

An experiment with sugar-cane was conducted at the Experimental field of the Soils Geology and Fertilizers Department. The sugar-cane variety NA 5662 was grown in a soil classified by Ranzani et alii (1966) as Regosol, Sertão-zinho series.

The experiment was conducted by applying increasing quantities of nitrogen (0-30-60-120 kg of N/ha) and  $P_2O_5$  and  $K_2O$  at the rates of 200 kg/ha and 150 kg/ha, respectively. The individual plots measured  $90\text{ m}^2$  and contained 6 rows, 10 meters long, with 4 replications.

The +3 and +4 leaves were harvested 90 days after planting, at 40 days intervals until the sugar-cane was 490 days old. For each harvest, comprised of 20 leaves per

plot, the leaf blade was separated from the main vein. The dry matter of the leaves was used for the determination of total and soluble nitrogen content as ammonia and nitrate. When the crop reached 18 months the stalks were harvested.

Leaf nitrogen content of the leaves and the final yield of stalks were statistically analyzed so as to verify the behavior of the methods under study for the evaluation of the nutritional status of the crop.

Rainfall data obtained at the proximity of the experiment reached a total of 2143,4 mm during the duration of the experiment, appearing to be representative for the region.

The nitrogen rates of 0-30-60-120 kg of N/ha yielded 63.30 - 67.83 - 73.73 and 71.86 t/ha, respectively.

Nitrogen content of the +3 and +4 leaves as determined by the chemical methods used in the experiment, decreased with age. In the samples collected when the crop was 90, 130, 170 and 210 days old, correlations were found between the content of both leaves selected and the final yield.

## 7. LITERATURA CITADA

ALVAREZ, R.; A.Z. do AMARAL e H.V. de ARRUDA, 1960. Ensaio de adubação N-P-K em cana-de-açúcar. Bragantia. Campinas, 19:1061-1069.

ALVAREZ, R. e J.A.C. PACHECO, 1963. Ensaio preliminares de adubação N-P-K em arenito Bauru. Bragantia. Campinas, 22: 193-200.

ARISTIZABAL, G.A., 1967. Deficiências minerais em relação ao metabolismo intermediário do cafeeiro, Coffea arabica, L. Piracicaba, ESALQ/USP, 48 p. (Dissertação de mestrado).

BRENMER, J.M., 1965. Nitrogen. In: Methods of soil analysis. Ed. C.A. Black. Part 2:1179-1209 (Agronomy: American Soc. Agron. Madison Wisconsin).



- BURR, G.O. e D. TAKAHASHI, 1955. Absorption an distribution of nutrients in sugar cane. Part 1 - Nitrogen. Hawaiian Planter's Record. Hawaii, 55:3-10.
- CARVAJAL, J.F. e M. MACHICADO, 1964. El metabolismo del nitrógeno en las hojas del café durante la floración. Fitotecnica Latinoamericana 1(2):59-70.
- CATANI, R.A.; H.C. ARRUDA; D. PELEGRINO e H. BERGAMIN FILHO , 1960. Absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio , magnésio e silício pela cana-de-açúcar CO-419 e o seu crescimento em função da idade. Anais da ESALQ. Piracicaba , 16:167-190.
- CERVELINI, A.; E. SALATI; E.S.B. FERRAZ; N.A. VILLA NOVA; K. REICHARDT; A. DECICO; J.C. OMETTO e M.J. PEDRO JR., 1973. Análise dos dados meteorológicos de Piracicaba (SP) de 1917 a 1970. ESALQ/USP. Piracicaba. Boletim Técnico Científico 36:26 p.
- CLEMENTS, H.F.; J.P. MARTIN e S. MORIGUCHI, 1941. Composition of sugar cane plants in deficient nutrition. Hawaiian Planter's Record. Hawaii 46:17-34.

CLEMENTS, H.F., 1953. Crop logging of sugar cane, principles and practices. Proc. 8th Congr. International Society of Sugar Cane Techn. Hawaii:79-97.

CLEMENTS, H.F., 1959. Recent developments in crop logging of sugar cane. Proc. 10th Congr. International Society of Sugar Cane Techn. Hawaii:522-528.

CROCOMO, O.J. e L. NEPTUNE MENARD, 1962. O ciclo do nitrogênio. O Solo. Piracicaba: ano LIV, X(1):9-72.

DIRIGENTE RURAL, 1977. Brasil amplia as vendas externas de produtos agropecuários. Anuário Rural 78- Exportação. Dirigente Rural. São Paulo:XVI, 9/10:22-24.

ESPIRONELO, A., 1971. Adubação da Cana-de-Açúcar. Aula proferida no curso de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, disciplina de Nutrição e Adubação de Plantas Cultivadas. ESALQ/USP, Piracicaba. 50 p. (mimeografado).

ESPIRONELO, A.; H. de OLIVEIRA e V. NAGAI, 1977. Efeitos da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar (cana planta) em anos consecutivos de plantio. I - Resultados de 1974/1975 e 1975/1976. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 1 nºs 2-3:76-81.

- EVANS, H., 1955. Studies in the mineral nutrition of sugar cane in British Guiana. The Mineral Status of Sugar Cane as Revealed by Foliar Analysis. Tropical Agriculture. Trinidad, 32:295-322.
- GALLO, J.R.; R. ABRAMIDES e R. ALVAREZ, 1962. Amostragem da cana-de-açúcar para fins de análise foliar. Bragantia. Campinas, 21:899-922.
- GALLO, J.R. e F.A.S. COELHO, 1963. Diagnose da nutrição nitrogenada do milho pela análise química das folhas. Bragantia. Campinas, 22:537-548.
- GALLO, J.R.; F.A.S. COELHO e S.A. NOBREGA, 1965. Análise de folíolos e pecíolos na diagnose da nutrição da batatinha. Bragantia. Campinas, 24:385-401.
- GALLO, J.R. e W.L. LOTT, 1965. Método simplificado para determinação de nitrato nas folhas, com o ácido fenoldissulfônico. Bragantia. Campinas, 24:III-VII, nota 2.
- GALLO, J.R.; R. HIROCE e R. ALVAREZ, 1968. Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo pela análise foliar. Bragantia. Campinas, 27:365-382.

- GALLO, J.R.; R. HIROCE e S.A. NOBREGA, 1970. Nutrição nitrogenada, fosfatada e potássica da batatinha revelada pela análise química foliar. Bragantia. Campinas, 29: nota 1: I-V.
- GARZA, M.A., 1963. Foliar diagnosis applied of sugar cane in Mexico. Proc. 11<sup>th</sup> Congr. International Society of Sugar Cane Techn., Mauritius:232-238.
- GOMES, L.S., 1972. Levantamento do estado nutricional da cana-de-açúcar na região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 101 p. (dissertação de mestrado).
- HAAG, H.P., 1965. Estudos de nutrição mineral na cana-de-açúcar (Saccharum officinarum, L.) variedade CB 41/76, cultivada em solução nutritiva. Piracicaba, ESALQ/USP, 141 p. (tese de livre docência).
- HALAIS, P., 1955. Nutrition and soils. Foliar Diagnosis. A. R. Mauritius Sugar. Ind. Research Inst. France. Mauritius: 41-53.
- HIROCE, R.; J.R. GALLO e S. MIYASAKA, 1970. Análise foliar do feijoeiro - Nutrição nitrogenada e potássica. Bragantia Campinas 28, nota 1: I-VIII.

HUMBERT, R.P. e H. MARTIN, 1955. Nutricional deficiency symptoms in sugar cane. Hawaiian Planter's Record. Hawaii 55 (1):95-102.

JACKSON, M.L., 1964. Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs. New York, 489 p.

JONES, T.A. e R.P. HUMBERT, 1960. A spectographic study of the variations in the nutrient content of sugar. Hawaiian Planter's Record. Hawaii 55(4):313-317.

KORSTACHAK, H.P., 1966. Factors affecting aminoacids fluctuations. In: Hawaiian Sugar Planter's Association - Annual Report Experiment Station, p. 2.

KORSTACHAK, H.P., 1968. Aminoacids change with age. In: Hawaiian Sugar Planter's Association - Annual Report Experiment Station, p. 4.

LORENZ, O.A.; J.C. BISHOP; B.J. HORLE; M.P. ZOBEL e P.A. MINGES, 1954. Potato fertilizers experiments in California. California Agricultural Experiment Station, Bulletin 744: 34 p.

- LOTT, W.L.; J.P. NERY; J.R. GALLO e J.C. MEDCALF, 1956. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Boletim do Instituto Agrônômico de Campinas. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo 79:24-36.
- MALAVOLTA, E., 1959. Manual de Química Agrícola - Adubos e adubação. São Paulo. Editora Agronomica Ceres, 489 p.
- MALAVOLTA, E., 1961. Foliar analysis in Brazil. In: Colloquium on Plant Analysis and Fertilizer Problems. American Potash Institute Publication nº 8:10-20.
- MALAVOLTA, E.; F.P. GOMES; T. COURY; C.P. ABREU; O. VALSECHI e H.P. HAAG, 1963. A diagnose foliar na cana-de-açúcar. VI - Resultados de 40 ensaios fatoriais N - P - K 3x3x3 , primeiro corte no estado de São Paulo. ESALQ/USP - Piracicaba, 47 p.
- MALAVOLTA, E. e H.P. HAAG, 1964. Nutrição e adubação. In: Cultura e adubação da cana-de-açúcar. Instituto Potassa . São Paulo:237-278.
- MALAVOLTA, E., 1965. Fisiogênicas. Curso de Fitopatologia para graduados. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária. Argentina. Apuntes de clase 12:91 p. Apuntes de clase 33:81 p.

- MALAVOLTA, E., 1967. Manual de Química Agrícola - Adubos e adubação. 2ª edição. São Paulo. Editora Agronômica Ceres, 606 p.
- MARTIN, J.P., 1938. Sugar cane diseases in Hawaiian. Exp. Sta. Hawaiian Sugar Plant Association, 295 p.
- MARTIN, J.P., 1941. Varietal differences of sugar cane in growth yields and tolerance to nutrient deficiencies. Hawaiian Planter's Record. Hawaiian 45(1):79-91.
- MARTIN, M.I.; N.T. TEIXEIRA e A. COBRA NETTO, 1976. Comportamento dos macronutrientes e do nitrogênio solúvel em feijoeiro (Phaseolus vulgaris, L.) variedade "goiano precoce". O Solo. Piracicaba. 68(1):40-45.
- OITICICA, J., 1970. Análise foliar na cana-de-açúcar pelo "crop log system". Instituto do Açúcar e do Alcool. Museu do açúcar. Recife. 63 p.
- PIMENTEL GOMES, F., 1963. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba, 2ª edição. 466 p.
- PIPER, C.S., 1950. Soil and Plant Analysis. Interscience Publishers Inc. New York. 366 p.

RANZANI, G.; O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Carta de solos do município de Piracicaba. ESALQ/USP. Piracicaba. 85 p.

SAMUELS, G.; P. LANDRAU; S. ALERS e A. RIERA, 1955. The method of foliar diagnosis as applied to sugar cane. Agricultural Experiment Station Bulletin 123. Puerto Rico. 47 p.

STOKING, C.R. e A. ONGUN, 1962. The intracelular distribution of some metallic elements in leaves. Am. J. Bot. 49:284-289.

TEIXEIRA, N.T. e A. COBRA NETTO, em impressão. Avaliação de nitrogênio solúvel em Phaseolus vulgaris L., var. roxinho.

TEIXEIRA, N.T. e A. COBRA NETTO, em impressão. Variação dos teores de nitrogênio solúvel e total de variedades de cana-de-açúcar cultivadas em solução nutritiva.

TEIXEIRA, N.T. e A. COBRA NETTO, em impressão. Métodos de determinação de nitrogênio em plantas. Avaliação do N solúvel em plantas e aminoácidos.



- TSÓ, T.C. e J.R. MURTRI JR., 1960. Mineral deficiency and organic constituents in tobacco plants. II - Aminoacids. Plant Physiology 35, 6:865-870.
- ULRICH, A., 1948. Diagnostic techniques for soil and crops. Ed. American Potash Institute. Washington D.C. 254 p.
- ULRICH, A. e C.M. JOHNSON, 1959. Plant analysis a grude for sugar beets fertilization. California Agricultural Experiment Station, Bulletim 766. California:77 p.
- VIETS JR., F.G., 1965. The plant's need for use of nitrogen. In: Soil nitrogen. Ed. W.W. Bartolomew, F.I. CLARK:350-400.
- ZINK, F., 1969. Cultura da cana-de-açúcar. Boletim Técnico da CATI nº 3, Campinas:42 p.