

NÍVEIS DE CALAGEM E DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA PARA MILHO

ANTONIO PEREIRA DE CAMARGO
(M. S.)

Orientador: ANDRÉ M. L. NEPTUNE

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro, 1979

À memória de minha saudosa MÃE

Dedico as 5 Marias

Nazareth

Leticia

Angélica

Beatriz

Carmo

AGRADECIMENTOS

Agradeço às seguintes pessoas e instituições:

Professor Dr. André Martin Louis Neptune pela orientação.

Dr. Bernardo van Raij, pelo estímulo e apoio.

Engenheiros Agrônomos, Tulio R. da Rocha, José Cione,
Celi Teixeira Feitosa.

Seção de Técnica Experimental e Cálculo do IAC.

Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, que tornou
possível este trabalho.

Maria Elisabeth Ferreira de Carvalho, pelo auxílio na
Revisão Bibliográfica.

Aos funcionários, José F. Alves, Vera Teixeira T. Grecco
e Regina Aparecida C. Granato.

INDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Critério de Recomendação de Calagem	4
2.2. Efeito da Calagem no Solo	7
2.2.1. Nos valores pH	7
2.2.2. Nos teores de cálcio e magnésio	9
2.2.3. Nos teores de alumínio trocável	10
2.2.4. Na porcentagem de saturação de alumínio	11
2.2.5. Nos teores de fósforo e magnésio	11
2.2.6. Na lixiviação de bases e efeito residual	12
2.3. Efeito da Calagem para Culturas em Nossas Condi- ções e para Milho de uma forma geral	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Descrição da Área Experimental	18
3.2. Delineamento Experimental	19
3.3. Método Utilizado na Determinação da Necessidade de Calagem	19
3.3.1. Aplicação de calcário	23
3.3.2. Adubação	24

	Página
3.3.3. Plantio	25
3.3.4. Colheitas	26
3.4. Amostragens	26
3.4.1. Solos	26
3.4.2. Folhas	27
3.5. Métodos de Laboratório	27
3.5.1. Análise dos solos	27
3.5.2. Análise das folhas	28
3.5.3. Balanço Hídrico	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Efeito da Calagem no Solo	30
4.1.1. Índice pH	30
4.1.2. Teores de cálcio	31
4.1.3. Teores de magnésio	37
4.1.4. Teores de alumínio trocável	38
4.2. Efeito de Calagem na Produção de Milho	41
4.3. Correlação entre Produção e Algumas Características Químicas do Solo e da Planta	49
4.4. Variabilidade dos Dados Analíticos dentro das Parcelas Experimentais	58
4.5. Balanço Hídrico	61
4.6. Avaliações Econômicas	64
5. CONCLUSÕES	70
6. SUMMARY	72
7. LITERATURA CITADA	75

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Resultados de valores pH observados em diferentes anos agrícolas nas 2 profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Cada resultado representa a média de 4 repetições	32
2	Resultado analítico de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , profundidade de 0-20 cm, em diferentes anos agrícolas. Cada resultado representa a média de 4 repetições	34
3	Resultado analítico de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , a profundidade de 20-40 cm em diferentes anos agrícolas. Cada resultado representa a média de 4 repetições	35
4	Análise da variância conjunta dos 3 anos agrícolas para os teores de cálcio na profundidade de 0-20 cm	36
5	Análise de variância conjunta dos 3 anos agrícolas para os teores de magnésio na profundidade de 0-20 cm	39
6	Análise de variância dos 3 anos agrícolas para os teores de alumínio na profundidade de 0-20 cm	41
7	Resultados das produções de milho e análise de variância no ano agrícola 1973/74	43
8	Resultados das produções de milho e análise de variância no ano agrícola 1974/75	44

Tabela nº		Página
9	Resultados das produções de milho e análise de variância no ano agrícola 1975/76	46
10	Análise de variância conjunta de produção nos três anos agrícolas	47
11	Produções absolutas e relativas de milho nos 3 anos agrícolas	48
12	Teores de macronutrientes nas folhas de milho para as diversas doses de calcário, no ano agrícola 1975/76	55
13	Valores extremos e médios de resultados analíticos das amostras coletadas de pontos isolados referentes a 40 pontos por bloco, 10 pontos por parcela, retiradas aos 30 dias (1a. <u>co</u> luna) e 60 dias (2a. coluna) na profundidade de 0-20 cm	60
14	Chuva em milímetros e temperaturas médias mensais, ocorridas durante os anos agrícolas 1973/74; 1974/75 e 1975/76	63
15	Retorno econômico devido à aplicação de calcário para milho no caso do tratamento N_1P_1 , considerando os preços de Cr\$ 300,00 por tonelada de calcário e Cr\$ 2,50 por kg de milho	66
16	Retorno econômico devido à aplicação de calcário para milho no caso de tratamento N_2P_1 , considerando os preços de Cr\$ 300,00 por tonelada de calcário e Cr\$ 2,50 por kg de milho	67

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Esquema de Campo e Detalhes de um Canteiro	20
2	Curva de neutralização do solo	22
3	Relações entre as produções de milho, e as avaliações de pH do solo, no ano agrícola 1975/76	50
4	Relações entre as produções de milho e os teores de Ca^{+2} trocável no solo, no ano agrícola 1975/76	51
5	Relações entre as produções de milho e os teores de Mg^{2+} trocável no solo, no ano agrícola 1975/76	52
6	Relações entre as produções de milho e os de alumínio trocável no solo, no ano agrícola 1975/76	53
7	Relações entre as produções de milho e os teores de cálcio nas folhas, no ano agrícola 1975/76	56
8	Relações entre as produções de milho e os teores de magnésio nas folhas, no ano agrícola 1975/76	57
9	Balanço Hídrico, épocas de amostragem de solos, plantios e colheitas dos três anos agrícolas	62

Figura nº

Página

- 10 Resposta do milho à calagem, para o tratamento de adubação N_1P_1 . A linha de custo considerou os preços de Cr\$ 300,00 por tonelada de calcário e Cr\$ 2,50 por kg de milho, ou 120 kg de milho por tonelada de calcário 68
- 11 Resposta do milho à calagem, para o tratamento de adubação N_2P_1 . A linha de custo considerou os preços de Cr\$ 300,00 por tonelada de calcário e Cr\$ 2,50 por kg de milho por tonelada de calcário 69

RESUMO

A importância da acidez dos solos em São Paulo é evidenciada pelo fato de quase a metade do Estado apresentar valores de pH abaixo de 5,5.

Embora a calagem tenha um efeito residual reconhecido, são raros os estudos em que os efeitos dessa prática agrícola tenha sido avaliada durante vários anos.

No presente trabalho foram estudados níveis de calagem bastante elevados, procurando-se avaliar o efeito imediato e durante três anos para a cultura do milho, com o objetivo de poder comparar diversas maneiras de estimar a necessidade de calagem e para determinar o retorno econômico devido a essa prática agrícola. Também foi avaliado o efeito de níveis das adubações fosfatada e nitrogenada.

Instalou-se um experimento em área pertencente à Estação Experimental de Mococa, em solo Podzólico Vermelho Amarelo-orto. Os níveis de calcário foram calculados com base em curva de neutralização do

solo incubado com CaCO_3 p.a., e as quantidades determinadas de calcário foram de 0, 3, 6 e 9 t/ha. O calcário usado foi o dolomítico, com PRNT de 54%. Foram realizadas adubações básicas nos três anos de cultivo, aplicando-se no plantio 10 kg/ha de N, 60 ou 120 kg/ha de P_2O_5 , 30 kg/ha de K_2O e 10 kg/ha de ZnSO_4 . Em cobertura usou-se 50 ou 110 kg de N/ha. O milho usado foi o da variedade HMD 7974.

Amostrou-se o solo em pontos isolados na profundidade de 0-20 cm aos 30 e 60 dias após aplicação do corretivo. Amostras compostas na profundidade de 0-20 cm, foram feitas antes do primeiro plantio e de 0-20 cm e 20-40 cm, antes do segundo e terceiro plantios. Foram coletadas amostras de folhas aos sessenta dias após o 3º plantio.

Foram feitas análises químicas dos solos, determinando-se: valor pH, matéria orgânica, PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} e determinou-se através das análises químicas das folhas os teores de N, P, K, Ca e Mg.

Observaram-se aumentos do valor pH apenas na profundidade de 0-20 cm pela aplicação de doses mais elevadas de calcário, isto é, de 6 e 9 t/ha. Quanto aos teores de cálcio e magnésio, houve diferenças significativas ao nível de 5% entre as doses de 0, 3 e 6 t/ha de calcário no primeiro ano de cultivo, para os dois últimos anos houve diferenças significativas entre todas as doses na profundidade de 0-20 cm e praticamente não houve variação dos teores de cálcio na profundidade de 20-40 cm; entretanto foi observada variação nos teores de magnésio na profundidade de 20-40 cm.

Quanto à eliminação do alumínio trocável a níveis considerados baixos para o bom desenvolvimento das plantas, observou-se que a partir da dose de 3 t/ha de calcário tal efeito se fez sentir.

A calagem elevou consideravelmente a produção de milho em todos os anos de cultivo, não se verificando decréscimos de produções quando se usou até 9 t/ha de calcário.

Correlações entre produção de milho e teores de elementos encontrados nas análises do solo e folhas mostraram dois fatos interessantes: no primeiro, mesmo quando a análise do solo não revelar a presença de alumínio trocável, existe a possibilidade de aumentos de produções pelo emprego de maiores quantidades de calcário, e o segundo é mostrado pela análise foliar onde indicou correlações altamente significativas entre os teores de magnésio na folha ($r=0,951^{**}$) e produção de milho.

Observou-se que mesmo pela aplicação de doses mais elevadas de calcário, que no presente trabalho foram até de 6 e 9 t/ha, o retorno econômico no 3º ano ultrapassa a Cr\$ 4,00 em cada Cr\$ 1,00 aplicado.

1. INTRODUÇÃO

Embora a prática de calagem seja razoavelmente difundida no Estado de São Paulo, o estudo de níveis de calagem não tem merecido grande atenção. Em geral o efeito do calcário tem sido encarado pela ação imediata de doses únicas aplicadas por critérios diversos em diferentes ensaios.

A importância da acidez dos solos em São Paulo é facilmente entendida caso se considere o pH 5,5 como o limite abaixo do qual a acidez passa a ser fator prejudicial às culturas. Com este limite, o trabalho de GARGANTINI et alii (1970) indica que este Estado apresenta 47% de sua área com sérios problemas de acidez.

Trabalhos com calagem conduzidos por vários anos mostram um efeito residual prolongado, o que sugere que a calagem deveria ser estudada sob o ponto de vista técnico-econômico, não somente como insumo agrícola, para um ano agrícola, mas como um investimento a médio prazo.

É difícil afirmar se o maior benefício da calagem, nas condições do Estado de São Paulo, seria decorrente da neutralização do alumínio trocável.

Para as mesmas condições, talvez a elevação dos teores de cálcio e magnésio a níveis mais adequados e o efeito na disponibilidade de outros elementos, sejam mais importantes.

Tentativas de se transferir critérios de recomendação de calagem diretamente de regiões temperadas para as tropicais são problemáticas, pois, há bastante diferença entre solos e exigências de culturas de regiões temperadas e de regiões tropicais e também na reação dos solos à calagem (RICHARDSON, 1951).

Atualmente ainda não dispomos de índices bem definidos de pH ou de alumínio para as nossas condições e para as nossas culturas.

A sugestão de COLEMAN et alii (1958), de que o alumínio deveria ser o principal fator considerado para cálculos de necessidade de calagem tem sido bastante considerada em regiões tropicais (KAMPRATH 1970; PEARSON, 1975). Como consequência em São Paulo e no Brasil, a idéia vem se impondo, sem contudo contar com suficiente lastro experimental, contra ou a favor. No Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, o critério de recomendar a calagem com base no alumínio trocável tomou o lugar do método usado anteriormente, baseado na correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases (CATANI e GALLO, 1955).

Para as nossas condições, poucos são os ensaios de níveis de calagem em condições de campo. São com eles que se pode chegar a resultados mais positivos quanto às melhores dosagens de calcário, aferindo os métodos de laboratório.

Justifica-se, pois, estudos de calagem que possam trazer subsídios sobre que doses utilizar de corretivos, levando em conta os aspectos econômicos visando a melhor produção com o mínimo de custos.

O primeiro objetivo deste trabalho, visando o aspecto teórico do problema, está no estudo de níveis de calagem bem mais elevados, e assim permitir uma comparação entre as duas correntes que atualmente predominam a respeito da calagem: a baseada na elevação do pH a 6,5 ou mais e a baseada na neutralização do alumínio trocável, que leva a valores de pH no máximo de 5,5.

O segundo objetivo, visando um aspecto prático, é a determinação do retorno econômico devido à calagem a curto e médio prazos.

Para isso foi observado o comportamento do milho durante três anos, sob diferentes níveis de calagem e adubação nitrogenada e fosfatada, através de medidas de produção, da diagnose foliar e de análises de solos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Critérios de Recomendação de Calagem

A determinação da necessidade de calagem dos solos é geralmente baseada em um dos seguintes métodos:

a. elevação do pH a valores predeterminados com base na relação entre pH e saturação em bases (PEECH, 1965; CATANI e GALLO, 1955);

b. neutralização do alumínio trocável, (COLEMAN et alii, 1958; KAMPRATH, 1970; PEARSON, 1975; REEVE e SUMNER, 1970);

c. extração de acidez dos solos com soluções tamponadas, (WOODRUFF, 1948; SHOEMAKER et alii, 1961);

d. curvas de titulação com concentrações crescentes de bases, (ABRUNA e VICENTE-CHANDLER, 1955).

No Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, a determinação da necessidade de calagem é baseada no teor de alumínio trocável, e na elevação de cálcio e magnésio trocáveis até 2 e.mg/100g

de terra para solos com até 29% de matéria orgânica e até 3 e.mg/100g para solos com mais de 3% de matéria orgânica (RAIJ, 1978).

FREITAS et alii (1968) estimaram por cinco métodos as necessidades em calcário de alguns solos do Estado de São Paulo, concluindo que o método de WOODRUFF (1948) é recomendável para ser usado em laboratórios de pesquisa ou análises de rotina por exigir menos reagentes. O método SMP, (SHOEMAKER et alii (1961) também mostrou-se satisfatório, bem como o método baseado na acidez extraída pelo acetado de cálcio pH 7,0. A necessidade de calcário determinada com base na extração de acidez por solução de KCl 1N revelou-se insatisfatória para o controle do pH, mas revelou-se adequada para prever a neutralização do alumínio trocável e o fornecimento de cálcio e magnésio.

KAMINSKI e BOHNEN (1973) indicaram correlações muito significativas entre as necessidades de calcário para pH 6,0 e alumínio trocável ($r=0,93$), matéria orgânica ($r=0,82$), pH SMP ($r=0,84$) e a necessidade de calcário indicada pelo método do cloreto de bário ($r=0,99$), em 34 solos do Rio Grande do Sul. Concluíram que para solos estudados o método do cloreto de bário pode ser usado como padrão para indicação da necessidade de calcário.

Pesquisas de RIXON e SHERMAN (1962) trataram de um caso extremo em solo derivado de cinzas vulcânicas, para o qual foram necessárias cerca de 72 t/ha de CaCO_3 para satisfazer a diferença de CTC calculada a partir da soma de cátions e a medida pelo acetado de amônio a pH 7,0.

SANTANA et alii (1970) indicam que, quando a porcentagem de saturação de alumínio for maior que 15% e os teores de cálcio magnésio forem iguais ou superiores a 3,0 e.mg/100g de solo, a necessidade de calagem pode ser calculada pela fórmula: $NC = (Al - 0,18 \times Ca + Mg) \times 1.500$ kg/ha.

As recomendações da necessidade de calcário segundo MCLEAN (1970), para a região centro-oeste dos Estados Unidos, têm por objetivo elevar o pH para o bom desenvolvimento das plantas ao redor de 6,5, podendo ser de 6,0 para o milho e de 6,8 para a alfafa.

SCHRAEDER (1949), em ensaios de campo onde usou o método da acidez titulável para a determinação da necessidade de calagem, observou um aumento do pH inicial de 5,5 a 6,0 no fim de 10 meses, 6,5 no fim de 2 anos e 7,0 no 4º ano.

Pode-se perceber pela literatura que as maneiras para estimar a necessidade de calagem são inúmeras, continuando a ser motivo de controvérsias.

PUNDEK (1973) verificou que a calagem no nível 1 SMP, eliminou o alumínio trocável em 6 de 7 solos estudados, cujos teores iniciais nesse elemento variavam de 1,6 a 8,3 e.mg/100g. Também observou a diminuição dos teores de manganês trocável em solos, que inicialmente variavam de 15,1 a 101,6 ppm, para 5,3 a 77,6 ppm.

2.2. Efeito da Calagem no Solo

2.2.1. Nos valores de pH

Ensaio de BRAMS (1971) revelou que em Oxissolos do Oeste da África, onde o pH inicial do solo de 4,4 aumentou para 5,4 após a calagem, o pH voltou para valores próximos do inicial após 1 ano.

BROWN e MUNSELL (1942), observaram que pela aplicação de doses crescentes de calcário 1, 2, 4 e 6 t/ha, onde o pH inicial era 5,0, elevações do valor pH para 5,34; 5,51; 5,83 e 5,92, respectivamente.

KAMPRATH (1967), mostra que em condições de campo com soja em solo "Norfolk", obteve efeitos significativos das doses de 1 e 2 t/ha de calcário na elevação do pH de 4,9 para 5,9, como também na elevação dos teores de cálcio mais magnésio trocáveis de 1,32 para 2,55 e.mg/100g de solo e obtendo uma diminuição do teor de alumínio trocável de 1,04 para 0,16 e.mg/100g de solo.

RIOS et alii (1968) notaram que o valor pH de um solo diminuiu seis meses após a calagem, mesmo sem que ocorresse lixiviação ou efeito residual de adubos, e sugeriram uma possível reação de cálcio com o fósforo liberado na reação do ferro e alumínio, como a razão para diminuição do pH.

WUTKE et alii (1962), observaram em ensaios conduzidos em vasos, onde a planta indicadora era a soja, com solo que apresentava pH inicial de 4,8, aumentos de pH pela aplicação de calcários

calcítico e dolomítico para valores de 6,07 e 6,20, respectivamente, quando se usou a dose 1. Pelo emprego do dobro desta dose o pH atingiu valores de 6,8 e 6,5 respectivamente. As doses foram calculadas com base no pH e no teor de $H^+ + Al^{3+}$ trocável do solo. Verificou-se também diminuição no teor de $H^+ + Al^{3+}$ trocável de 8,02 e.mg/100g de solo para 3,08 e 3,61, pelo emprego da dose 2 de calcários calcítico e dolomítico, respectivamente.

GOMES et alii (1965), em ensaios onde aplicaram 6 t/ha de calcário dolomítico em solo argilo-arenoso, onde o pH inicial era 5,4, e procedendo a determinações mensais até o 22º mês, concluíram que até o 10º mês o valor pH se elevava, para após esse tempo diminuir, atingindo aos 22º mês o valor pH 5,75.

AMARASIRI e OLSEN (1973) constataram que a solubilidade do fósforo em um Oxissolo da Colômbia decresceu à medida que o pH era aumentado pela aplicação do $CaCO_3$.

GARGANTINI et alii (1965) observaram que quando se aplicou 6 t/ha de calcário dolomítico em solo com pH inicial de 4,85, aumentos no valor do pH foram verificados em todos os tratamentos até o nono mês após instalação do ensaio. Do 10º até o 20º mês observaram diminuições nos valores de pH para novamente ocorrer aumento até o 22º mês.

Em experimentos relatados por LUNT (1951), em que foram retiradas amostras de solos durante quinze anos após a calagem, mostrou-se que no horizonte A_0 , os valores de pH tenderam a diminuir, enquanto que as camadas A_{11} e A_{12} tiveram seus valores de pH aumentados.

VIEGAS et alii (1960), em ensaios onde foram aplicados calcários na dose de 500 kg/ha anualmente de 1945 a 1952 e de 1 t/ha no ano de 1952/53, para a cultura de milho em Pindorama, Capão Bonito e Tatuí, conseguiram os seguintes resultados na elevação do pH: de 6,30 para 7,00 em Pindorama; de 5,60 a 5,65 em Capão Bonito e de 5,80 para 6,10 em Tatuí.

2.2.2. Nos teores de cálcio e magnésio

MIKAMI e KIMURA (1964) verificaram que o cálcio aplicado em solos tropicais em calagens, geralmente não é aproveitado totalmente, mesmo que não ocorram perdas por erosão ou lixiviação e sugeriram uma reação de fixação de natureza indeterminada. Em estudos de laboratórios, utilizando solos havaianos, verificaram que mais de 15% do cálcio aplicado foi fixado em 5 meses.

MAHILUM et alii (1970) verificaram que o cálcio se movimenta no sentido vertical numa velocidade relativamente alta num solo Typic Hydrandept do Hawaí. Determinações de cálcio trocável mostraram movimentos de cálcio até 1,20m de profundidade nos locais examinados. Também verificaram que 5 t/ha de calcário foram quase que completamente perdidas, após 7 anos.

Experimentos de MOSCHLER et alii (1950), onde foram colhidas amostras de solos 23 anos após aplicação de calcário, mostraram que as perdas por lixiviação de cálcio e magnésio são bastante intensas com quantidades maiores desses nutrientes nas camadas inferiores do que nas superiores.

2.2.3. Nos teores de alumínio trocável

CATANI e BRAUNER (1967) estudaram a variação do teor de alumínio trocável do solo e acidez titulável em função da quantidade de CaCO_3 adicionado ao solo, verificando que há uma tendência dos teores de alumínio trocável e da acidez titulável decrescerem aos 10 dias de incubação. Os valores de pH em solução aquosa do extrato de KCl 1N, nesse mesmo período, apresentaram seus maiores valores. Depois deste período de tempo foi observado um aumento nos teores de alumínio trocável e da acidez titulável e uma diminuição nos valores de pH da suspensão aquosa e do extrato de KCl.

RIOS et alii (1968) constataram uma redução nos teores de alumínio trocável em função dos aumentos das quantidades de carbonato de cálcio, isto para solos com altos teores de alumínio em um período de três a seis meses. Verificaram que em latossolos, como também em solos vulcânicos, com acidez elevada e altos teores de alumínio trocável, quando foram empregados até 10 t/ha de CaCO_3 , havia concentração excessiva de cálcio, provocando um desequilíbrio nutricional para plantas.

Pela extrapolação dos resultados de BRAMS (1971) o alumínio trocável em dois solos do oeste da África, um Plinthic Haplustox e outro Typic Haplustox, atingiu níveis muito baixos num pH próximo de 5,2.

Trabalho de CATANI e BRAUNER (1967), onde foram feitas medições de pH e alumínio trocável, com solos incubados com CaCO_3 em

condições de laboratório, de 11 locais do Brasil, indicou que o pH e o alumínio trocável tendem a voltar aos níveis iniciais, sendo que isto acontece com maior rapidez em Latossolo do que em um Podzólico Vermelho-Amarelo.

VOLKWEISS e LUDWICK (1969), mostraram o efeito da calagem sobre o teor de alumínio trocável, o qual passou de valores variáveis de 1,3 a 4,6 e.mg/100g de solo, para 0,2 e.mg/100g de solo e até valores nulos.

2.2.4. Na porcentagem de saturação de alumínio

Os trabalhos citados por KAMPRATH (1967), realizados no sudeste dos Estados Unidos, mostraram que o crescimento do milho foi afetado negativamente pela acidez quanto a saturação de alumínio foi acima de 44%.

Com relação aos novos conceitos da acidez do solo citados por BORNEMISZA (1966), VENEMA (1963) verificou que em Latossolos intemperizados da Indonésia, a toxidez do alumínio é quase nula apesar do alto teor total deste elemento nesses solos. Observou que a presença de sulfatos nos solos aumenta a toxidade do alumínio.

2.2.5. Nos teores de fósforo e manganês

Um dos efeitos interessantes da calagem foi verificado por MCCLUNG et alii (1961) na disponibilidade de fósforo, cujo teor foi aumentado pela elevação do pH, em um Latossolo Roxo de cerrado.

REEVE e SUMNER (1970) constataram que a calagem reduziu o manganês trocável para até 10 ppm. Nesse mesmo trabalho verificaram que a calagem não reduziu a fixação do fósforo.

Raramente os ultisolos apresentam problemas com toxicidade a manganês, enquanto que os Oxisolos já o apresentam (VICENTE-CHANDLER et alii, 1969).

2.2.6. Na lixiviação de bases e efeito residual

Lixiviação de bases foi também constatada em dois solos de Porto Rico por PEARSON et alii (1961), onde quantidades de Ca e Mg equivalentes a 13 t/ha de CaCO_3 foram encontradas na profundidade de 0,15 - 0,50 metros, quando o corretivo foi aplicado na Zona compreendida entre 0 a 0,15 metros.

KAC-KACAS (1968), em ensaios conduzidos por 5 a 6 anos, verificou que não havia lixiviação significativa às camadas mais profundas do solo, quando usou doses de 4 a 7 t/ha de CaCO_3 .

GRANT (1970), trabalhando com solos da Rodésia, salientou que muitas condições que governam as reações do solo, especialmente aquelas concernentes à velocidade de reação, são muito prejudicadas pela lixiviação e essas não são as mesmas em regiões tropicais e temperadas. Nesse mesmo trabalho foi mostrado que cerca de 1/3 do calcário aplicado foi perdido pela lixiviação durante os dois primeiros anos; mas a proporção variou de 10 a 60% de acordo com o solo e as condições ambientais.

LONGNECKER e SPRAGNE (1940), fazendo avaliações de lixiviação de cálcio no período de 12 meses, pela aplicação de 2 t/ha de calcário na profundidade de 10 cm, e relacionando a lixiviação ao valor pH do solo, constataram que não há mudanças significativas no pH e concluíram que o cálcio não foi lixiviado significativamente.

BARRETO et alii (1973), utilizando lisímetro, verificaram que, independentemente das classes de solos estudados o efeito do calcário restringiu-se praticamente ao horizonte A nas três primeiras doses (0, 1 e 2 vezes o teor de alumínio trocável), enquanto que nas doses maiores (3 e 4 vezes o teor de alumínio trocável) o calcário atingiu em maior ou menor quantidade os primeiros 10 cm do horizonte B, dependendo essa maior ou menor quantidade dos valores de alumínio e hidrogênio do horizonte A.

WEEKS e LATHWELL (1965) verificaram que o efeito residual de calcário, com utilização de 5 t/ha, era ainda apreciável 14 anos após a aplicação.

Para a Baixada Fluminense, SCHRAEDER (1959) constatou que aplicações de 10 a 30 t/ha de corretivo tiveram efeito residual de pelo menos 11 anos.

Trabalho de DONAHUE (1958), com dados de quinze anos de medidas das perdas de cálcio mais magnésio, revelaram que as perdas são maiores em solos sem cultura do que em solos com culturas.

MASCARENHAS et alii (1968), verificando as alterações no valor pH, teores de cálcio mais magnésio e alumínio trocáveis, na

profundidade de 0-45 cm, quando aplicou-se 1, 2 e 3 t/ha de calcário do lomítico, observaram que a lixiviação de cálcio mais magnésio foi pouco significativa.

2.3. Efeito de Calagem para Culturas em Nossas Condições e para Milho de uma forma geral

MIRANDA (1971) mostrou uma figura que indica que produções maiores de milho tem sido obtidos em solos que apresentam valores mais elevados de pH e cálcio trocável. Aparentemente a relação é válida para valores de pH acima de 5,5 e teores de cálcio acima de 5,0 e.mg/100ml de solo. Contudo, esse pesquisador indica no mesmo trabalho que ensaios experimentais tem indicado ser a calagem desnecessária para o milho quando o pH está acima de 5,4.

Inúmeros trabalhos sobre o uso e aplicação do calcário foram sintetizados por VERDADE et alii (1968), nos quais citam que para a cultura do milho, café, algodão os experimentos não indicam resposta a calagem quando o valor pH é maior que 5,4. Outro exemplo é com relação a cultura do arroz de sequeiro, onde 95% dos resultados, há prejuízo ocasionado pela calagem.

Em experimentos de três anos conduzidos no Rio Grande do Sul por GOEPFERT et alii (1973) com milho, foi verificado que a cultura respondeu ao calcário com um aumento de 10 a 15% no rendimento.

Estudos conduzidos por AMARAL et alii (1965), com a cultura do milho em um solo Latossolo, onde a quantidade de calcário foi

de 4,25 t/ha, calculada com base no índice pH e no teor de H^+ + Al^{3+} do solo para elevar o pH a 6,5, mostraram que durante três anos, o valor máximo atingido pelo índice pH foi de 5,7, valor que foi atribuído em parte à solubilização incompleta do calcário. Observaram que a calagem aumentou significativamente a produção de milho.

Trabalho de KOLLING e STAMMEL (1975) em casa de vegetação, com as culturas de Macroptilium atropurpureum Urb. (siratro) e Desmodium intortum (Mill.) Urb. (desmódio) mostraram efeitos significativos pela aplicação de calcário e fósforo na produção de matéria seca. Verificaram que a produção máxima de siratro foi atingida com pH 5,5 e com 5,9 para o desmódio, sendo o calcário responsável pela redução dos teores de alumínio e manganês trocáveis.

Trabalhos conduzidos por SOUZA et alii (1975) mostraram não ser necessário fazer calagem para a cultura da mamoneira, em Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa, quando o pH for igual ou superior a 5,6.

VIEGAS e FREIRE (1956) trabalhando com a cultura de milho, cuja adubação básica foi de 80 kg/ha de P_2O_5 e 50 kg/ha de K_2O , e com dosagens de calcário de 1, 2, 3 e 4 t/ha, chegaram à conclusão que o calcário não apresentou efeito significativo, provavelmente devido à pouca acidez dos solos estudados.

IGNATIEFF e LEMOS (1963) observaram que em um Podzólico Vermelho-Amarelo, a calagem provocou grandes decréscimos de produção, mas esta não ocorria se houvesse um suprimento adequado de magnésio, potássio e de micronutrientes.

MARIN (1968) verificou que deficiências de micronutrientes, sobretudo de manganês e ferro, seriam induzidas pelo excesso de calagem principalmente para as culturas de soja, alguns cereais e plantas hortícolas.

Trabalhos de PARRA (1971) relatam que houve uma queda acentuada na produção de feijão em solos vulcânicos da Colômbia com a aplicação acima de 2 t/ha de calcário.

CABALA e FASSBENDER (1971) verificaram em ensaios de campo, efeito negativo da supercalagem em 8 solos cujo pH inicial mais baixo era de 5,5. Relataram a diminuição de produção de sorgo em dois solos pela aplicação de calcário. A necessidade de calcário foi determinada de acordo com ABRUNĂ e CHANDLER (1955) e variaram entre 0,77 e 5,26 m. eq. de Ca + Mg/100g de solo.

Pesquisas realizadas por BRAMS (1971) mostraram pequenas quedas na produção de milho e amendoim pela aplicação de grandes quantidades de calcário de até 7050 kg/ha.

Trabalhos de PIERRE (1931) revelaram que há correlação entre concentração de Al^{3+} na solução do solo e o crescimento das plantas de milho em solos ácidos. Constatou também que grandes quantidades de Al^{3+} na solução do solo, provocaram injúrias nas plantas, quando o grau de saturação de bases era alto e acontecendo o inverso em solos com teores baixos de alumínio.

Trabalhos de MASCARENHAS et alii (1969) mostraram que, onde foram usadas doses de calcário acima de 4,8 t/ha em um Latossolo

Roxo, houve aumento considerável na produção de soja.

Ensaio conduzido por MIKKELSEN et alii (1963) em solos de campo de cerrado com cultura de milho por um período de dois anos, usando quantidades crescentes de calcário (0, 2, 4 e 8 t/ha), observaram aumentos de produção de aproximadamente 25% pela aplicação de 8 t/ha de calcário em relação à testemunha.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da Área Experimental

O ensaio foi instalado em solo Podzólico Vermelho Amarelo orto, no município de Mococa em área pertencente à Estação Experimental de Mococa do Instituto Agronômico de Campinas.

Fez-se uma amostragem composta da área de instalação do ensaio. A análise química da gleba inicial revelou:

Matéria orgânica %	pH	Al ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K	P
		e.mg/100ml de T.F.S.A.		µg/ml T.F.S.A.	
3,4	4,6	1,12	1,04	60	9

Uma tradagem até 80 cm de profundidade revelou teores de argila de 44, 44, 55 e 56%, respectivamente para amostras retiradas a 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade.

3.2. Delineamento Experimental

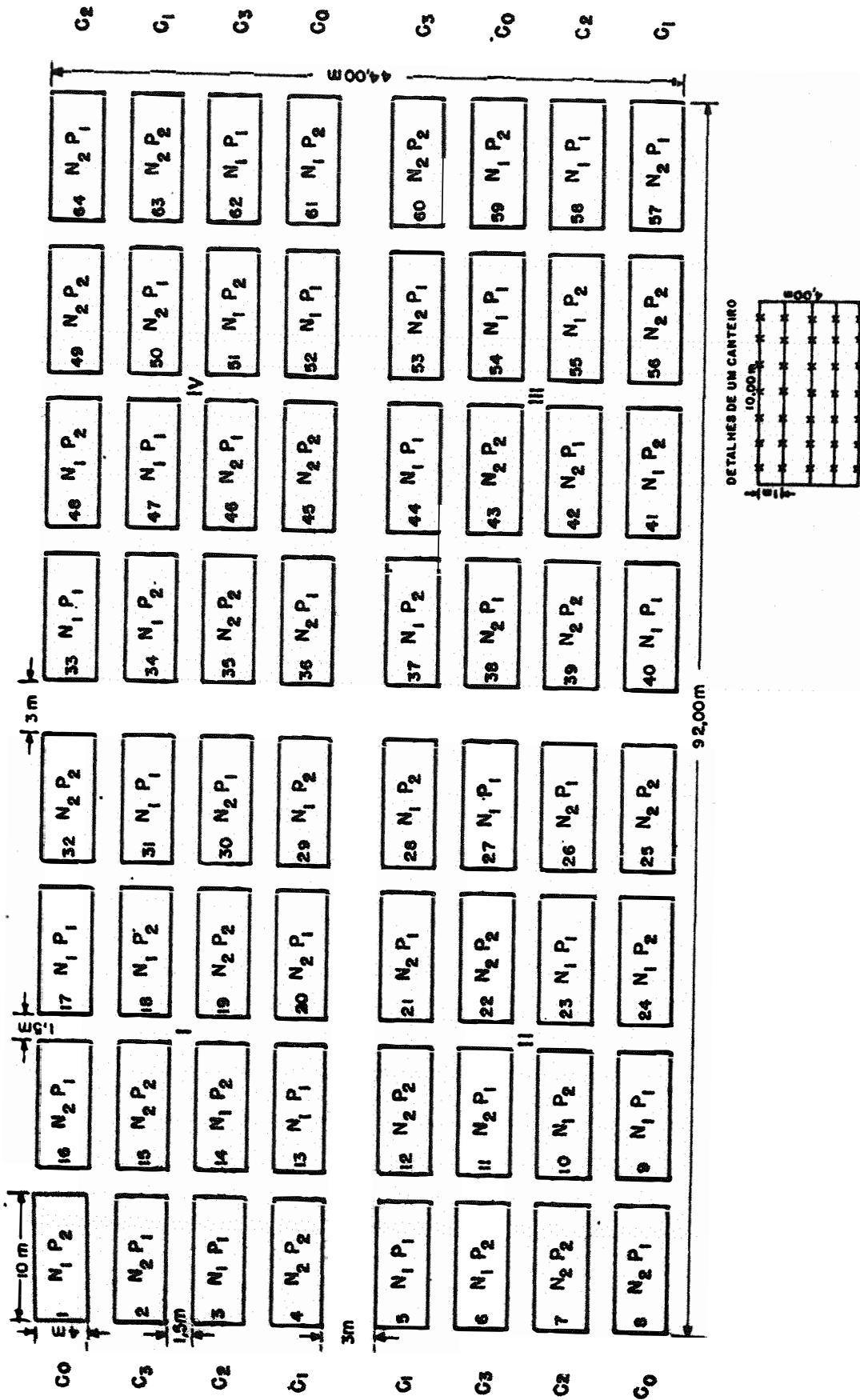
O ensaio foi instalado em parcelas subdivididas, num delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições. Cada parcela era constituída de um nível de calagem, sendo subdividida em 4 sub-parcelas que receberam os tratamentos com N e P, a saber: N_1P_1 , N_1P_2 , N_2P_1 e N_2P_2 .

Cada sub-parcela ou canteiro, com dimensões de 10m x 5m, continha 5 linhas de plantas, sendo 1,0m o espaçamento entre as linhas e de 0,2m entre as plantas (Figura 1).

3.3. Método Utilizado na Determinação da Necessidade de Calagem

Os níveis de calagem foram calculados com base numa curva de neutralização do solo com CaCO_3 p.a. Esta curva foi obtida adicionando-se ao solo, quantidades crescentes de CaCO_3 , conforme mostra a relação dada a seguir:

Fig. 1 - ESQUEMA DE CAMPO E DETALHES DE UM CANTEIRO



CaCO ₃ g/100 cm ³ de Terra	CaCO ₃ t/ha x 20 cm
0,00	0
0,05	1
0,10	2
0,15	3
0,20	4
0,25	5
0,30	6
0,35	7
0,40	8
0,45	9
0,50	10

A incubação do solo com as quantidades crescentes de CaCO₃ p.a. foi feita por um período de 15 dias. Após esse tempo determinou-se o pH em água e construiu-se a curva de neutralização apresentada na Figura 2.

De posse da curva, determinou-se as quantidades aproximadas necessárias de CaCO₃ p.a., para obter os valores pH 4,7; 5,2; 5,9 e 6,6, que foram respectivamente de 0; 2; 4 e 6 t/ha.

Adotou-se na ocasião da instalação do ensaio um fator de calagem de 1,5, aplicando-se, pois, 0, 3, 6 e 9 t/ha de calcário dolomítico.

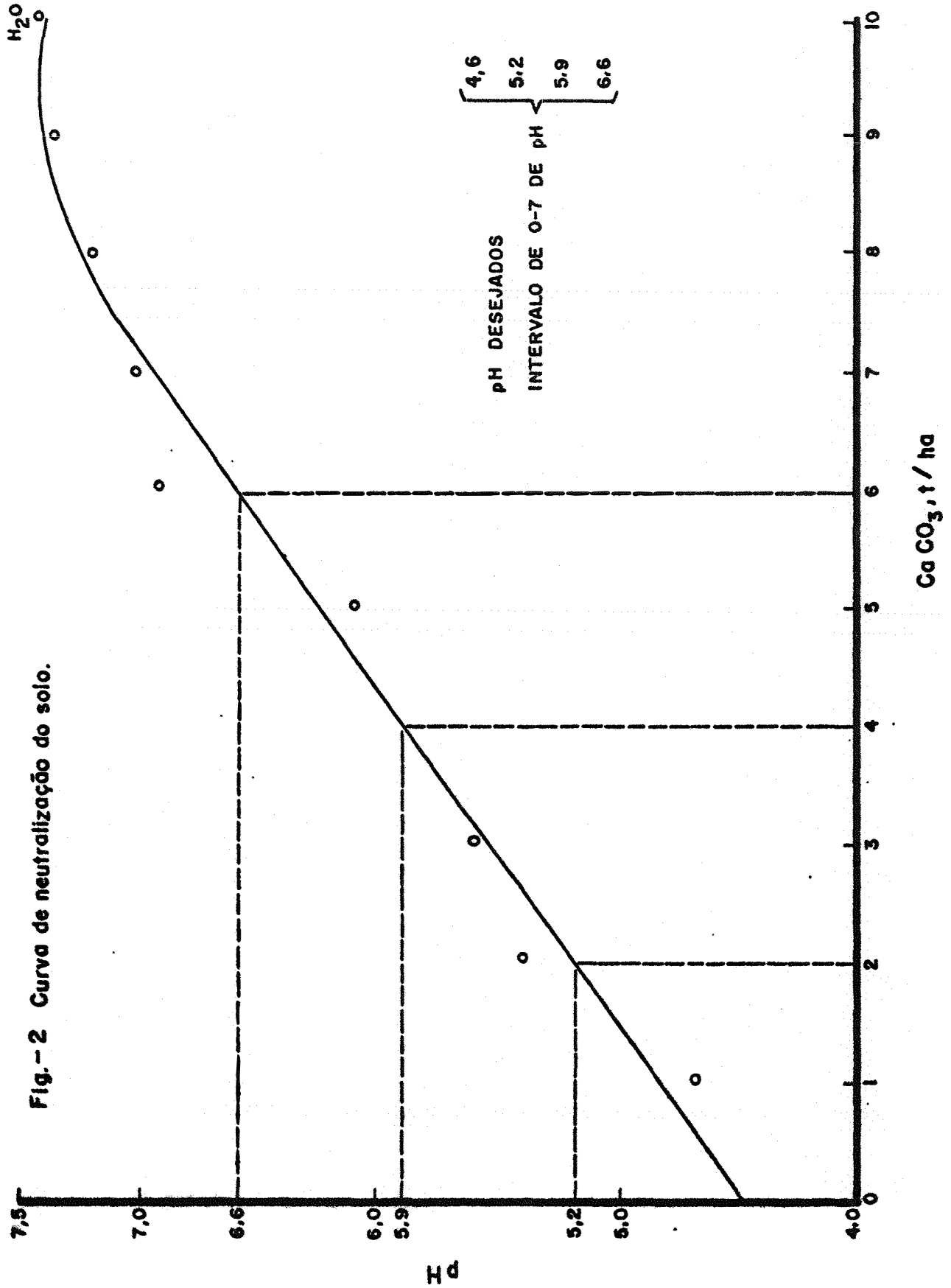


Fig.-2 Curva de neutralização do solo.

pH DESEJADOS
INTERVALO DE 0-7 DE pH

4,6
5,2
5,9
6,6

O material corretivo utilizado foi de origem sedimentar, apresentando teores de cálcio e magnésio que permitiu denominá-lo de calcário dolomítico.

A análise química e granulométrica revelaram:

Análise química		Análise granulométrica		
		Material	Peneira (Mesh)	%
	%	Retido	10	4,0
<u>CaO</u>	<u>MgO</u>	"	20	20,7
22,1	16,5	"	60	29,6
		não retido	60	45,7

Com os dados disponíveis foi calculado o poder relativo de neutralização total ou PRNT do calcário, (RAIJ, 1977).

$$\text{PN em (CaCO}_3\%) = (\% \text{ CaO} \times 1,79 + \text{MgO} \times 2,48)$$

$$\text{PN} = 80,47\%$$

$$\text{PRNT} = \text{PN} \frac{(45,7 \times 1,0) + (29,6 \times 0,6) + 20,7 \times 0,2}{100}$$

$$\text{PRNT} = 54,0\%$$

3.3.1. Aplicação de calcário

Depois de arado e gradeado e determinadas as quantidades de calcário a serem adicionadas para um hectare para elevar o valor pH a 4,6; 5,2; 5,9 e 6,6 aplicaram-se as quantidades correspondentes a 0,

53, 107 e 160 kg, nas parcelas na profundidade de 0,20 m. Procurou-se incorporar o calcário de forma homogênea ao solo com auxílio de enxada e ancinho. Esta aplicação realizou-se dois meses antes do plantio, isto é, no dia 27/08/73.

3.3.2. Adubação

Por ocasião da instalação do ensaio foi feita uma incorporação de KCl, na base de 100 kg de K_2O , em toda a área de ensaio.

Nos três anos de cultivo foram feitas adubações básicas, aplicando-se no sulco de plantio 10 kg/ha de N, 60 ou 120 kg/ha de P_2O_5 , 30 kg/ha de K_2O e 10 kg/ha de $ZnSO_4$. Trinta e cinco dias após a germinação, foram aplicadas em cobertura 50 ou 110 kg/ha de N. Para melhor visualização, esses dados são apresentados com maiores detalhes na tabela que se segue:

Adubação de plantio

Tratamento	Sulfato de amônio		Superfosfato simples		Cloreto de potássio		Sulfato de zinco	
	kg/ha	g/cant	kg/ha	g/cant	kg/ha	g/cant	kg/ha	g/cant
N_1P_1	50	250	300	1.500	50	250	10	50
N_1P_2	50	250	600	3.000	50	250	10	50
N_2P_1	50	250	300	1.500	50	250	10	50
N_2P_2	50	250	600	3.000	50	250	10	50

Adubação de cobertura

Tratamento	kg/ha	g/canteiro
N ₁ P ₁	250	1.250
N ₁ P ₂	250	1.250
N ₂ P ₁	550	2.750
N ₂ P ₂	550	2.750

3.3.3. Plantio

Delimitados os canteiros ou sub-parcelas foram abertos cinco sulcos, com espaçamento de 1,0 metro entre si, e o plantio se processou no dia 23/10/1973. Foram plantadas 2 sementes de milho HMD 79/74 por cova e a germinação deu-se no dia 3/11/73.

Por ocasião do desbaste, isto é, aos 35 dias após a germinação (5/12/1973), procurou-se deixar 5 plantas por metro linear.

Durante o decorrer do experimento foram feitas capinas por meio de carpideiras e enxadas. Devido ao aparecimento da lagarta militar, Spodoptera frugiperda (J.E. Smith, 1797), fêz-se o polvilhamento com inseticida Parathion a 1%.

O 2º e o 3º plantios foram realizados respectivamente nos dias 7/11/1974 e 15/10/1975, e tiveram os mesmos tratamentos culturais do 1º plantio.

A aração e a gradeação nos diferentes plantios se processaram no maior comprimento dos canteiros, tomando-se o maior cuidado para evitar misturas de solos entre os diversos canteiros.

3.3.4. Colheitas

As colheitas foram realizadas manualmente, com aproveitamento das três fileiras centrais de cada sub-parcela ou canteiro. A 1a. colheita foi feita no dia 22/4/75, a 2a. no dia 28/4/75 e a 3a., no dia 4/4/76.

3.4. Amostragens

3.4.1. Solos

Foram feitas em 27/9/73 e 22/10/73 amostragens de pontos isolados dentro das parcelas com diferentes níveis de calagem, na profundidade de 0-20 cm, aos 30 e 60 dias após aplicação de corretivo, respectivamente. Foram retirados 10 pontos por parcela, resultando em 40 pontos por bloco ou 160 amostras na área total do ensaio.

Uma amostragem composta, constituída de 20 amostras simples foi feita um dia antes do 1º plantio, em cada parcela de calagem, isto é, no dia 22/10/73, na profundidade de 0-20 cm, resultando em 16 amostras compostas.

Mais duas amostragens compostas foram realizadas, uma antes do 2º plantio no dia 10/8/74 e outra antes do 3º plantio no dia 10/8/75 nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

Todas as amostras foram retiradas por meio de trado tipo holandês, aproveitando-se a porção central de terra da tradagem mais profunda, a fim de evitar contaminação da terra da camada superficial.

3.4.2. Fôlhas

Foram coletadas amostras de folhas de milho no 39 ano de cultivo, cerca de 60 dias após o plantio, na época em que a flecha floral aparece entre as folhas ou um pouco antes, de acordo com a técnica de amostragem para milho, descrita por GALLO e COELHO (1963). Amostrou-se o terço basal clorofilado da folha de posição +4, isto é, a quarta folha a partir do ápice, de 15 plantas por canteiro. As folhas após secas em estufa, foram moídas e analisadas segundo métodos usuais de análise do Laboratório de Análise Foliar do Instituto Agrônômico.

3.5. Métodos de Laboratório

3.5.1. Análise dos solos

Foram feitas análises de pH, matéria orgânica, PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} .

As análises químicas das amostras de solos foram feitas conforme RAIJ e ZULLO (1977). O pH foi determinado em suspensão de terra em água na relação 1: 2,5, após um período de contacto de 60 minutos, foram feitas as leituras num medidor de pH provido de eletrodo combinado, vidro e calomelano.

A matéria orgânica, após sofrer oxidação por dicromato de sódio 4 N em presença de ácido sulfúrico, foi determinada por fotolorímetro com filtro de transmissão máxima a 560 nm.

O fósforo solúvel foi extraído com solução de ácido sulfúrico 0,05 N, e sua determinação foi feita pelo método de ácido sulfomolibdico com fotolorímetro de filtro com transmissão máxima de 660 nm.

A extração do potássio trocável foi feita com solução de H_2SO_4 0,5N, e sua determinação através do fotômetro de chama.

O alumínio trocável foi extraído com solução de cloreto de potássio 1 N e titulado com solução de NaOH 0,25 N.

O cálcio e o magnésio trocáveis foram extraídos pela solução de KCl 1N e determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

3.5.2. Análise das folhas

Os teores de nitrogênio foram determinados através do uso de um autoanalisador II Technicon GEHRKE et alii (1973), após as amostras terem sido digeridas segundo técnica descrita por CONCON e SOLTESS (1973).

O fósforo foi determinado através da mesma técnica descrita por LOTT et alii (1956), adaptada para o autoanalisador II Technicon.

Os teores de potássio, cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o potássio de acordo com CATÁLOGO PERKIM ELMER (1971) e o cálcio e magnésio pela técnica descrita por BATAGLIA e GALLO (1972).

3.6. Balanço Hídrico

O balanço hídrico foi determinado pelo método de THORNTHWAITE e MATTER (1955), de acordo com CAMARGO (1966), adotando-se como capacidade de armazenamento de água dos solos agrícolas de 125mm pluviométricos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeito da Calagem no Solo

4.1.1. Índice pH

Com relação a este tópico, primeiramente serão feitas algumas considerações a respeito dos valores de pH esperados.

As quantidades adicionadas de calcário foram baseadas nas curvas de neutralização do solo incubado com CaCO_3 p.a., adotando-se um fator de calagem 1,5 para determinar as doses de calcário dolomítico a aplicar. Quando se fez esse cálculo não foi considerado o valor do PRNT do calcário. A determinação do PRNT do calcário foi realizada depois do mesmo ser aplicado e este valor veio revelar que na realidade tinham sido aplicadas quantidades inferiores às preconizadas. O fator de calagem deveria ser de 1,87 ao invés de 1,50.

Levando em consideração a eficiência do calcário aplicado, conforme é mostrado na Tabela 1, os valores de pH observados foram próximas dos esperados, exceto para a aplicação de 9 t/ha de calcário,

que comprova os resultados obtidos por BRAMS (1971), pois em seu trabalho observou-se um aumento de pH após a calagem, mas passado um ano, o valor pH voltou a valores próximos do inicial. Esta dificuldade de atingir valores de pH acima de 6,0 em ensaios de campo foi também constatado por AMARAL et alii (1963).

Observando-se a Tabela 1 nota-se aumento do valor pH, na profundidade de 0-20 cm, como também de 20-40 cm, pela aplicação de doses mais elevadas, no entanto, entre as doses 6 e 9 t/ha de calcário os acréscimos foram pequenos.

De maneira geral observou-se que houve pequenos aumentos dos valores de pH com o tempo, confirmando trabalhos de SCHRAEDER (1949), onde observaram-se aumentos de pH de 5,5 a 7,0 no final de 4 anos.

4.1.2. Teores de cálcio

Vários trabalhos citam a perda de cálcio por lixiviação (MOSCHLER et alii, 1950; MAHILUM et alii, 1970) e outros trabalhos, como no caso do de MIKAMI e KIMURA (1964), mostraram que o cálcio aplicado na forma de calcário em solos de zonas tropicais, não é aproveitado totalmente mesmo sem que ocorra lixiviação, sugerindo-se uma fixação de natureza indeterminada.

Tabela 1. Resultados de valores pH observados em diferentes anos agrícolas nas 2 profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Cada resultado representa a média de 4 repetições

Tratamentos CaCO ₃ ne- cessário aplicado	Valor inicial e pH esperado, considerando fator de cala- gem 1,5		Equivalente CaCO ₃ , efe- tivamente aplicado	pH esperado consideran- do PRNT do calciário e o fator 1,87	Profun- didade	pH Observado*		
	t/ha	t/ha				A	B	C
0	0	4,6	0,0	4,6	0-20	4,6	4,3	4,5
					20-40	-	4,2	4,5
2	3	5,2	1,6	5,1	0-20	4,9	4,8	5,0
					20-40	-	4,3	4,6
4	6	5,9	3,2	5,6	0-20	5,4	5,4	5,3
					20-40	-	4,3	4,6
6	9	6,6	4,8	6,2	0-20	5,5	5,7	5,7
					20-40	-	4,3	4,6

* A - ano agrícola 1973/74

B - ano agrícola 1974/75

C - ano agrícola 1975/76

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os dados de cálcio trocável nos três anos para amostras de 0-20 cm e 20-40 cm respectivamente.

Na profundidade de 0-20 cm, nos três anos, verificaram-se aumentos nos teores de cálcio pela aplicação de doses crescentes de calcário, observando-se que somente com aplicação de 9 t/ha de calcário chega-se a teores de cálcio trocável considerados médios segundo CATANI e GALLO (1955).

A análise estatística revelou diferenças significativas nos teores de cálcio no 1º ano entre as doses 0, 3 e 6 t/ha de calcário, só não diferindo estes teores pelo emprego das doses 6 e 9 t/ha de calcário. Para os dois últimos anos houve diferenças significativas entre todas as doses.

Verificando-se os valores encontrados de cálcio trocável na profundidade de 20-40 cm, nota-se que praticamente não houve variações acentuadas pela aplicação de doses mais elevadas de calcário, fato comprovado pela análise estatística que mostrou não haver diferenças significativas.

A análise da variância conjunta dos três anos para os teores de cálcio encontrados na profundidade de 0-20 cm, conforme é mostrado na Tabela 4, revelou que os componentes linear, quadrático e cúbico foram significativos, sendo o primeiro positivo e os dois últimos negativos, mostrando com isso que a curva que melhor explica a relação entre doses de calcário e teores de cálcio é a linear.

Tabela 2. Resultado analítico de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , profundidade de 0-20 cm, em diferentes anos agrícolas. Cada resultado representa a média de 4 repetições

Profundidade de amostragem	Quant. de calcário aplicado	Ca^{2+}			Mg^{2+}			Al^{3+}		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
cm	t/ha	e.mg/100 ml TFSA								
0-20	0	0,80	0,60	0,52	0,25	0,12	0,12	1,12	1,10	1,32
	3	1,22	1,25	1,15	0,75	0,72	0,52	0,40	0,35	0,52
	6	1,80	2,00	1,82	1,25	1,45	1,05	0,15	0,10	0,13
	9	1,95	2,20	2,30	1,42	1,67	1,42	0,12	0,00	0,04
d.m.s. (5%)		0,32	0,16	0,31	0,30	0,10	0,17	0,30	0,11	0,21
C.V. %		11,08	5,52	10,63	16,42	10,06	10,85	32,80	15,29	24,77

* A - ano agrícola 1973/74

B - ano agrícola 1974/75

C - ano agrícola 1975/76

Tabela 3. Resultado analítico de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , à profundidade de 20-40 cm em diferentes anos agrícolas. Cada resultado representa a média de 4 repetições

Profundidade de amostragem	Quant. de calcário aplicado	Ca^{2+}			Mg^{2+}			Al^{3+}		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
cm	t/ha	e.mg/100 ml TFSA								
	0	-	0,52	0,65	-	0,12	0,10	-	1,10	1,30
	3	-	0,57	0,65	-	0,20	0,22	-	1,00	1,02
20-40	6	-	0,82	0,70	-	0,20	0,35	-	0,85	0,90
	9	-	0,52	0,62	-	0,25	0,40	-	0,92	0,90
d.m.s. (5%)		-	0,37	0,23	-	0,13	0,08	-	0,42	0,22
C.V.			27,7	16,0	-	28,6	12,7	-	19,8	9,5

* A - ano agrícola 1973/74

B - ano agrícola 1974/75

C - ano agrícola 1975/76

Tabela 4. Análise da variância conjunta dos 3 anos agrícolas para os teores de cálcio na profundidade de 0-20 cm.

Fv	GL	SQ	QM	F
Repetições	3	0,1983	0,0661	6,88*
Calcário (C)	(3)	16,5723	5,5241	575,43**
C _L (+)	1	16,1720	16,1720	1.684,58**
C _Q (-)	1	0,2552	0,2552	26,58*
C _C (-)	1	0,1450	0,1450	15,10**
Erro (a)	9	0,0860	0,0096	-
Parcelas	15	16,8566		
Anos (A)	2	0,0462	0,0231	ns
C x Anos	6	0,4920	0,0820	3,03*
Erro (b)	24	0,6482	0,0270	
Total	47	18,0430		

$$\bar{x} = 1,46$$

$$s_a = 0,0978$$

$$CV_a = 6,7\%$$

$$s_b = 0,1643$$

$$CV_b = 11,2\%$$

Pelos resultados encontrados pode-se admitir que não houve translocação de cálcio mesmo pela aplicação de doses mais elevadas de calcário, fato este observado em trabalhos de SOUZA (1970), no qual revelou que os teores de cálcio trocável encontrados na profundidade 20-40 cm não foram significativos com relação à testemunha, como

também comprovam trabalhos de MAHILUM et alii (1970), que mesmo com a aplicação de até 42,5 t/ha de calcário, e fazendo-se estudo até a profundidade de 1,20 m, concluíram haver pouca lixiviação de cálcio. Pode-se citar também trabalhos de LONGNECKER e SPRAGNE (1940), que concluíram não ocorrer mudanças significativas no valor pH, portanto, o cálcio não foi lixiviado significativamente. Outro trabalho apresentou resultados discordantes ao presente ensaio, pois PEARSON et alii (1961), trabalhando em dois solos ácidos, sendo um Latossolo e outro Podzólico Amarelo e empregando doses de 19 a 39 t/ha de calcário, observaram haver uma lixiviação de cálcio até a profundidade de 60 cm.

4.1.3. Teores de magnésio

Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentados os resultados analíticos dos teores de magnésio trocável, de 3 anos, na profundidade de 0-20 e 20-40 cm.

Observa-se pelos resultados que os teores de magnésio na profundidade de 0-20 cm, podem ser considerados baixos quando não se fez uso da calagem, mas a partir da dose 3 t/ha de calcário a análise revelou teores considerados médios a altos segundo CATANI e GALLO (1955). Os resultados revelam, pela análise estatística, diferenças significativas entre os teores de magnésio pelo emprego das doses de 3, 6 e 9 t/ha de calcário em relação à testemunha e que apenas não diferiram estatisticamente as doses 6 e 9 t/ha de calcário. No 2º e 3º ano foram significativamente diferentes ao nível de 5% os teores de magnésio para todas as doses de calcário empregadas.

Verificando a Tabela 5 para as análises de variância conjunta dos três anos para os teores de magnésio na profundidade de 0-20 cm, nota-se que a curva que mostra a melhor relação entre as doses de calcário aplicado e os teores de magnésio é a linear, sendo o componente linear positivo e o quadrático e cúbico negativos.

Na profundidade de 20-40 cm para o 2º ano, os teores de magnésio não mostraram diferenças significativas ao nível de 5% entre todas as doses de calcário empregadas. Para o 3º ano os teores foram significativamente diferentes entre as doses 0, 3 e 6 t/ha de calcário, no entanto não houve diferenças significativas para as doses 6 e 9 t/ha de calcário.

Observando mais demoradamente a Tabela 3 verifica-se um aumento considerável nos teores de magnésio no 3º ano quando se usou doses mais elevadas de calcário, revelando que houve lixiviação de magnésio, o que contraria trabalhos de MAHILUM et alii (1970), já citado no caso dos teores de cálcio.

4.1.4. Teores de alumínio trocável

Nas Tabelas 2 e 3 estão representados os teores de alumínio trocável dos três anos, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Observa-se que, com o uso da dose de 3 t/ha de calcário houve uma redução nos teores de alumínio trocável na profundidade de 0-20 cm a níveis considerados não tóxicos às plantas, isto para o 1º ano de cultivo. A análise estatística revelou diferenças significativas ao nível de 5%

pelo emprego das doses 3, 6 e 9 t/ha de calcário em relação à testemunha e indicou que essas doses não diferiram entre si.

Tabela 5. Análise de variância conjunta dos 3 anos agrícolas para os teores de magnésio na profundidade de 0-20 cm.

Fv	GL	SQ	QM	F
Repetições	3	0,0356	0,0119	2,48 ns
Calcário (C)	(3)	13,0175	4,3391	903,97**
C _L (+)	1	12,7420	12,7420	2.654,58**
C _Q (-)	1	0,1752	0,1752	36,50**
C _C (-)	1	0,1000	0,1000	20,83**
Erro (a)	9	0,0434	0,0048	-
Parcelas	15	13,0964	-	-
Anos (A)	2	0,3717	0,1859	8,85**
C x A	6	0,2783	0,0464	2,20 ns
Erro (b)	24	0,5034	0,0210	-
Sub-parcelas	47	14,2498	-	-

$$\bar{x} = 0,8979$$

$$s_a = 0,0694$$

$$CV_a = 7,7\%$$

$$s_b = 0,1449$$

$$CV_b = 16,1\%$$

Para o 2º e 3º ano verificaram-se diferenças significativas ao nível de 5% entre todas as doses em relação à testemunha e não houve diferenças estatísticas entre as doses de 6 a 9 t/ha de calcário.

A análise de variância conjunta de três anos, conforme a Tabela 6, revelou que os componentes linear e quadrático foram significativos, sendo o 1º negativo e o 2º positivo, indicando que os teores de alumínio decresceram com o aumento das doses de calcário, confirmando trabalhos de RIOS et alii (1968), KAMPRATH (1967), VOLKWEISS e LUDWICK (1969), os quais mostram os efeitos significativos do emprego de calcário na diminuição do teor de alumínio trocável. Esta mesma análise (Tabela 6) indicou que em todos os anos o comportamento do calcário foi semelhante na insolubilização do alumínio trocável, embora existam algumas variações dos teores deste elemento quando se faz amostragens em diferentes épocas, ora aumentando, ora diminuindo. De acordo com Tabela 3, frente aos resultados da análise estatística do 2º ano, os teores de alumínio trocável na profundidade de 20-40 cm, não mostraram diferenças significativas pelo emprego de diferentes doses de calcário. Para o 3º ano os resultados não mostraram diferenças significativas pelo emprego das doses de 3, 6 e 9 t/ha de calcário, sendo que apenas diferiu estatisticamente das demais a dose 0 (zero) t/ha de calcário.

Tabela 6. Análise de variância dos 3 anos agrícolas para os teores de alumínio na profundidade de 0-20 cm

Fv	GL	SQ	QM	F
Repetições	3	0,0254	0,0085	0,68 ns
Calcário (C)	(3)	8,0273	2,6757	215,78**
C _L (+)	1	6,9700	6,9700	562,10**
C _Q (-)	1	1,0502	1,0502	84,69**
C _C (-)	1	0,0070	0,0070	ns
Erro (a)	9	0,1117	0,0124	
Parcelas	15	8,1644	-	ns
Anos (A)	2	0,0388	0,0194	1,80 ns
C x A	6	0,0795	0,0132	1,22 ns
Erro (b)	24	0,2582	0,0108	
Sub-parcelas	47	8,5409		

$$\bar{x} = 0,4188$$

$$s_a = 0,1114$$

$$CV_a = 26,6\%$$

$$s_b = 0,1037$$

$$CV_b = 24,8\%$$

4.2. Efeito de Calagem na Produção de Milho

É fato comprovado o aumento das produções das mais variadas culturas pelo emprego de materiais corretivos da acidez dos solos. Inúmeros trabalhos, dentre os quais pode-se destacar o de MIRANDA

(1971), mostraram que as maiores produções de milho correspondem a valores mais elevados de pH e cálcio trocável. GOEPFERT et alii (1973), em ensaios com milho obteve aumentos de 10 a 15% pelo emprego de calcário; MIKKELSEN et alii (1963) observaram aumentos de produção de milho de até 25% em relação à testemunha pela aplicação de doses crescentes de calcário (0, 2, 4, 6 e 8 t/ha).

Nas Tabelas 7, 8 e 9 são apresentados os resultados das produções de milho e a análise de variância para os anos agrícolas 1973/74, 1974/75 e 1975/76, respectivamente. Observa-se pela Tabela 7, referente ao ano agrícola 73/74, que houve realmente aumentos de produção em função de doses de calcário e pelo uso de doses mais elevadas de adubos. Entretanto, a análise estatística não mostrou diferenças significativas entre as doses 3, 6 e 9 t/ha de calcário, mas estas diferiram significativamente da dose 0 t/ha de calcário.

Observou-se efeito significativo da adubação nitrogenada, mas não foram significativos os efeitos da adubação fosfatada, como as interações N x P e adubação x calcário.

Na Tabela 8, onde são mostrados os resultados de produções e análise de variância do ano agrícola 1974/75, observa-se que houve produções mais elevadas em relação ao ano agrícola anterior, mesmo nos tratamentos sem calcário. Pela análise de variância não houve diferenças significativas entre as doses 6 e 9 t/ha de calcário e ambas diferiram significativamente das doses 0 e 3 t/ha, sendo que estas apresentam diferenças significativas ao nível de 5% entre si. Os mesmos resultados do ano anterior se fizeram sentir no tocante às adubações.

Tabela 7. Resultados das produções de milho e análise de variância no ano agrícola 1973/74

Ano agrícola	Calcário aplicado	Produção de milho para diversas adubações				Médias
		N ₁ P ₁	N ₁ P ₂	N ₂ P ₁	N ₂ P ₂	
1973/74	0	3524	3549	4058	4524	3914b
	3	3966	4216	4716	4241	4284ab
	6	4124	4774	5266	5158	4830a
	9	4774	4766	5291	5483	5078a

t/ha

d.m.s. (Teste de Tuckey a 5%) = 904 kg. Letras diferentes entre as médias expressam significativas pelo teste de Tuckey a 5%. Cada resultado é a média de 4 repetições. diferenças

C. Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Repetições	3	8,6479	2,8826	4,30*
Calcário	3	13,2957	4,4319	6,61*
Erro (a)	9	6,0368	0,6707	
Sub parcelas	15	27,9805		
Adubação	3	6,7799	2,2599	4,82**
N	1	6,3567	6,3567	13,56**
P	1	0,2462	0,2462	0,52 ns
N x P	1	0,1770	0,1770	0,38 ns
Adub. x Calc.	9	1,8987	0,2109	0,45 ns
Erro (b)	36	16,8727	0,4686	-
TOTAL	63	53,5320	-	-

CV = 18,09% \bar{x} = 4.527,2 s_a = 0,8189

CV_b^a = 15,12% s_b = 0,6844

Tabela 8. Resultados das produções de milho e análise de variância no ano agrícola 1974/75

Ano agrícola	Calcário aplicado	Produção de milho para diversas adubações				Médias
		N ₁ P ₁	N ₁ P ₂	N ₂ P ₁	N ₂ P ₂	
1974/75	0	4325	4283	4741	5274	4655c
	3	5416	5841	5891	5700	5712b
	6	6091	6166	6508	6575	6335a
	9	6408	6524	6441	6958	6582a

t/ha

Kg/ha

d.m.s. (Teste de Tuckey a 5%) = 450 kg. Letras diferentes entre as médias expressam diferenças significativas pelo teste de Tuckey a 5%. Cada resultado é a média de 4 repetições.

C. Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Repetições	3	3,4299	1,1433	6,90**
Calcário	3	35,4189	11,8063	71,25**
Erro (a)	9	1,4911	0,1656	
Sub parcelas	15	40,3401		
Adubação	3	2,8935	0,9645	3,20*
N	1	2,3009	2,3009	7,64**
P	1	0,5619	0,5619	1,86 ns
N x P	1	0,0306	0,0306	0,10 ns
Adub. x Calc.	9	1,6859	0,1873	0,62 ns
Erro (b)	36	10,8390	0,3010	-
TOTAL	63	55,7586	-	-

CV_a = 7% \bar{x} = 5.821,35 s_a = 0,40704

CV_b = 9,4% s_b = 0,54871

Para o ano agrícola 1975/76, cujos resultados encontram-se na Tabela 9, verificaram-se maiores aumentos pelo uso de doses crescentes de calcário e nota-se que no tratamento testemunha, a produção foi a mais baixa entre todos os anos.

Fato importante é que a calagem elevou consideravelmente a produção de milho em todos os anos de cultivo. Não se verificaram decréscimos de produções quando se usou até 9 t/ha de calcário, contrariando dessa maneira, os resultados de CABALA e FASSBENDER (1971), que notaram efeitos negativos na produção de sorgo, pela aplicação de 6,5 t/ha de calcário e as informações de BRAMS (1971), que mostraram diminuição nas produções de milho e amendoim pela aplicação de 7 t/ha de calcário.

Na Tabela 10, onde são mostrados os resultados da análise de variância conjunta de produção dos três anos, verifica-se o comportamento linear positivo e altamente significativo do efeito da calagem. Embora o componente quadrático tenha sido significativo, a dose 2 de calcário diferiu significativamente da dose 3, sendo portanto, este último nível que leva às maiores produções.

Para melhor visualização dos resultados foram feitas comparações entre as produções absolutas e relativas de milho nos três anos agrícolas, conforme mostra a Tabela 11.

Tabela 9. Resultados das produções de milho e análise de variância no ano agrícola 1975/76

Ano agrícola	Calciário aplicado	Produção de milho para diversas adubações				Médias
		N ₁ P ₁	N ₁ P ₂	N ₂ P ₁	N ₂ P ₂	
1975/76	0	2883	3247	2114	3172	2854c
	3	4803	5345	4978	5053	5045b
	6	5619	5869	5902	6610	6000a
	9	6219	6477	6893	7134	6680a

t/ha

Kg/ha

d.m.s. (Teste de Tuckey a 5%) 2 783 kg. Letras diferentes entre as médias expressam significativas pelo teste de Tuckey a 5%. Cada resultado é a média de 4 repetições.

C. Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Repetições	3	5,5659	1,8553	3,69 ns
Calciário	3	133,5633	44,5211	88,60**
Erro (a)	9	4,5231	0,5025	
Sub parcelas	15	143,6523		
Adubação	(3)	3,6490	1,2163	2,80 ns
N	1	0,4866	0,4866	1,12 ns
P	1	3,0506	3,0506	7,02**
N x P	1	0,1118	0,1118	0,26 ns
Calc. x Adub.	9	4,3701	0,4855	1,12 ns
Erro (b)	36	15,6339	0,4342	-
TOTAL	63	167,3053	-	-

CV_a = 13,8% \bar{x} = 5.145

s_a = 0,7088

CV_b = 12,8%

s_b = 0,6589

Tabela 10. Análise de variância conjunta de produção nos três anos agrícolas

Calcário aplicado	Produção de milho p/ diversas adubações				Médias
	N ₁ P ₁	N ₁ P ₂	N ₂ P ₁	N ₂ P ₂	
0	3578	3693	3638	4323	3808c
3	4728	5134	5195	4998	5014b
6	5278	5603	5892	6114	5722a
9	5800	5922	6208	6525	6114a

d.m.s. (Teste de Tuckey a 5%) = 501 kg

C. Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Repetições	3	15,1880	5,0626	8,18**
Calcário	(3)	147,6040	49,2013	79,50**
C _L (+)	1	139,5756	139,5756	225,52**
C _Q (-)	1	8,0284	8,0784	12,97**
C _C	1	0,0797	0,0797	ns
Erro (a)	9	55,702	0,6189	-
Parcelas	15	168,3623	-	-
Adubação	(3)	10,4634	3,4878	4,22**
N	1	7,4757	7,4757	9,04**
P	1	2,9850	2,9850	3,61
N x P	1	0,0026	0,0026	ns
Cal. x adubo	9	3,8956	0,4328	ns
Erro (b)	36	29,7668	0,8268	-
Sub-parcelas	63	211,9514	-	-
Anos (A)	2	53,6300	26,8150	101,23**
Cal. x Anos	6	34,6740	5,7790	21,82**
Ad. x Anos	6	2,8591	0,4765	1,80ns
Cal. x Ad. x anos	27	4,0594	0,1503	ns
Erro (c)	87	23,0543	0,2649	-

$$\bar{x} = 5.164$$

$$s_a = 0,7867$$

$$CV_a = 15,2\%$$

$$q_{cal} = 0,501$$

$$s_b = 0,7220$$

$$CV_b = 14,0\%$$

$$q_{anos} = 0,217$$

$$s_c = 0,5148$$

$$CV_c = 10,0\%$$

Tabela 11. Produções absolutas e relativas de milho nos 3 anos agrícolas

Tratamento (1)	Ano agrícola 1ª	Produção absoluta de milho obtida para os tratamentos						Produção relativa de milho obtida para os tratamentos					
		N ₆₀ P ₆₀		N ₁₂₀ P ₆₀		N ₁₂₀ P ₁₂₀		N ₆₀ P ₆₀		N ₆₀ P ₁₂₀		N ₁₂₀ P ₁₂₀	
		Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
C ₀	73/74	3524	3549	4058	4524	64	65	74	83				
C ₁		3966	4216	4716	4241	72	77	86	77				
C ₂		4124	4774	5266	5158	75	87	96	94				
C ₃		4774	4766	5291	5481	87	87	97	100				
C ₀	74/75	4325	4283	4741	5274	62	62	68	76				
C ₁		5416	5841	5891	5700	78	84	85	82				
C ₂		6091	6166	6508	6575	88	89	94	94				
C ₃		6408	6524	6441	6958	92	94	93	100				
C ₀	75/76	2883	3274	2114	3172	40	45	30	44				
C ₁		4803	5345	4978	5053	67	75	70	71				
C ₂		5619	5869	5902	6610	79	82	83	93				
C ₃		6219	6477	6893	7134	87	91	97	100				

(1) Os tratamentos correspondem a 0, 3, 6 e 9 t/ha de calcário aplicado apenas em 1973.

4.3. Correlações entre produções e algumas características químicas do solo e da planta

Foram estudadas correlações entre resultados de produção e teores de elementos encontrados na análise de solo e planta, para o último ano de cultivo, isto é, no ano agrícola 75/76.

As Figuras 3, 4, 5 e 6 mostram as relações entre produções e quatro parâmetros que podem servir de base para cálculos de necessidade de calagem, respectivamente pH, teor de cálcio, teor de magnésio e teor de alumínio encontrados no solo.

Pela Figura 3, onde é mostrada a curva calculada para pH ($r=0,973^{**}$), observam-se pontos de máximos nas curvas para valores pH próximos de 6,0; para teores de cálcio ($r=0,970^{**}$) o ponto de máximo da curva está próximo de 2,5 e.mg (Figura 4); para os teores de magnésio ($r=0,961^{**}$) o ponto de máximo na curva está próximo de 1,5 e.mg. (Figura 5). Quanto aos teores de alumínio trocável ($r=0,958^{**}$) a curva (Figura 6) indica que, mesmo quando o valor do elemento atingir valores não revelados pela análise do solo, (ou seja valores negativos) existe ainda possibilidade do calcário aumentar a produção, comprovando trabalhos de RAIJ et alii (1977) em cultura de soja em solo de cerrado.

Pelos dados apresentados não são confirmados resultados dos trabalhos de COLEMAN et alii (1958), de KAMPRATH (1970) e de PEARSON (1975), onde indicam que a necessidade de calagem avaliada através do teor de alumínio trocável, seria o melhor critério. Contudo, é bom ressaltar que, principalmente no primeiro trabalho, os solos apresentaram teores de alumínio muitíssimo mais elevados do que ocorrem em

Figura 3. Relações entre as produções de milho, e as avaliações de pH do solo, no ano agrícola 1975/76

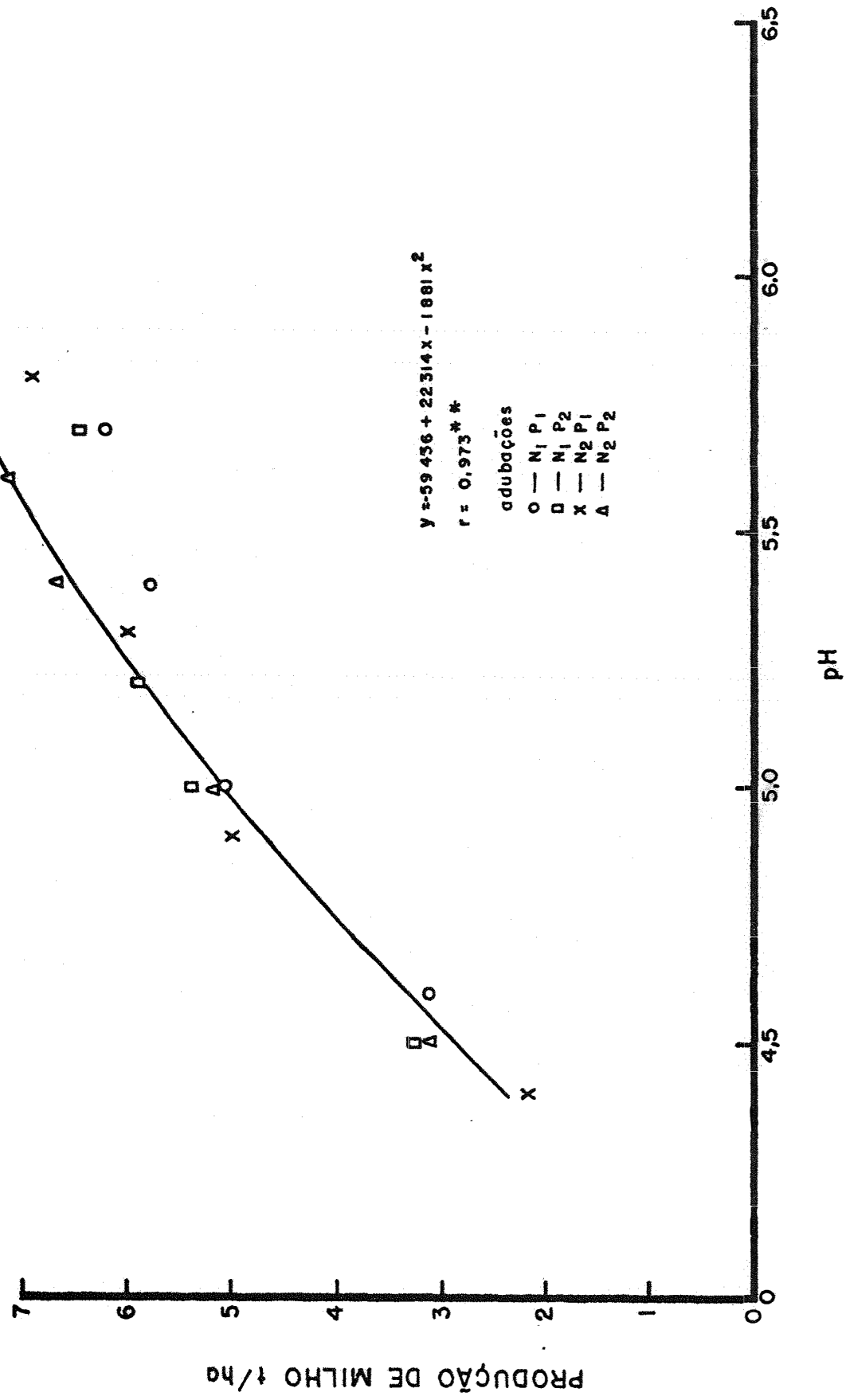


Figura 4. Relações entre as produções de milho e os teores de Ca^{+2} trocável no solo, no ano agrícola 1975/76

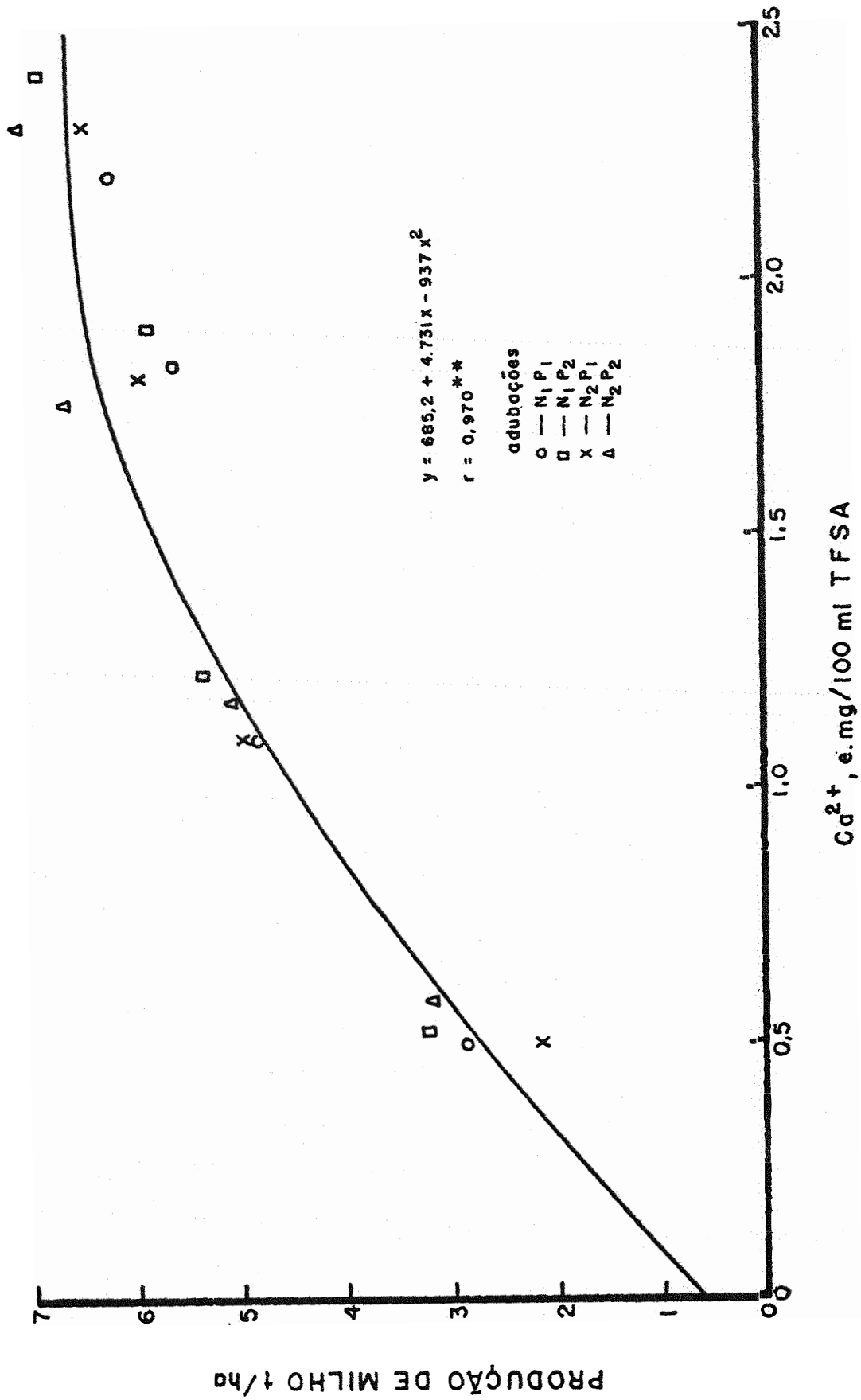


Figura 5. Relações entre as produções de milho e os teores de Mg^{2+} trocável no solo, no ano agrícola 1975/76

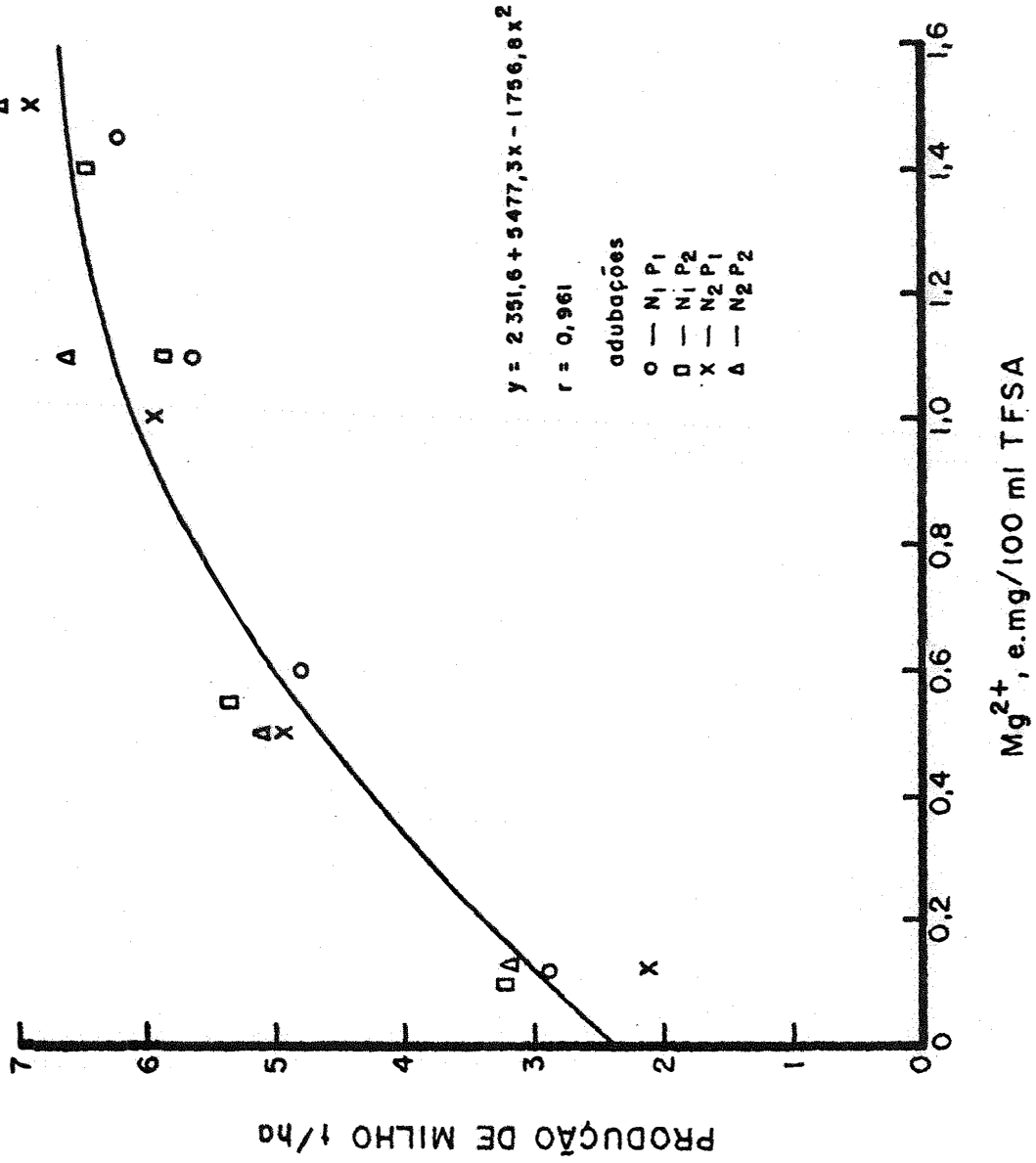
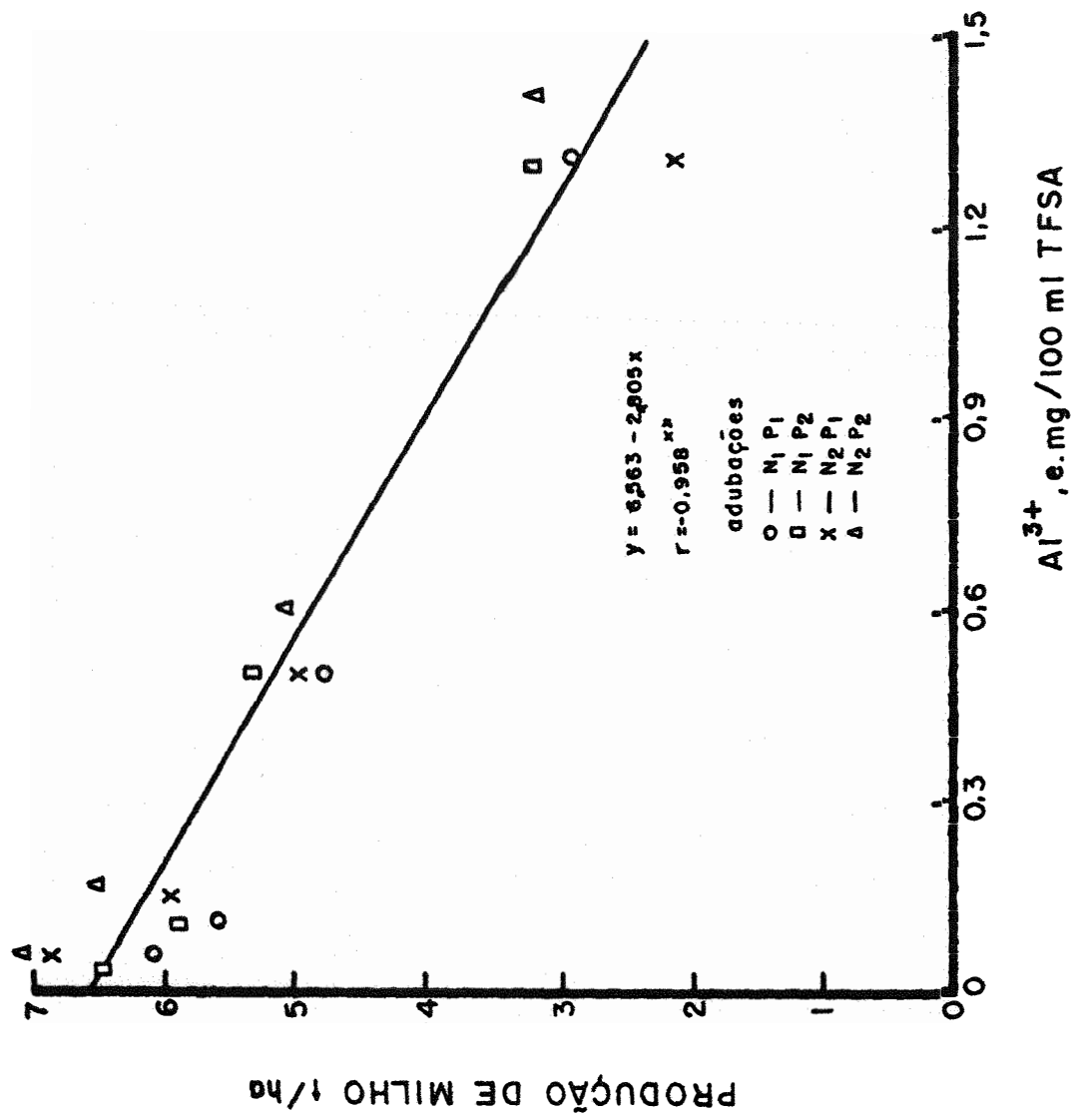


Figura 6. Relações entre as produções de milho e os de alumínio trocável no solo, no ano agrícola 1975/76



nossos solos, e valores baixos de pH.

Na Tabela 12, onde são mostrados os resultados dos teores em porcentagem dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg nas folhas de milho, para as diferentes doses de calcário, no ano agrícola 1975/76, observa-se não haver diferenças significativas ao nível de 5%, pelo emprego de doses crescentes de calcário, mesmo para os teores de N e P, que encontram-se em níveis adequados para garantir uma boa produção, de acordo com os resultados de NEPTUNE (1966). Quanto aos teores em porcentagem de K, observou-se não haver diferenças significativas ao nível de 5%, embora os mesmos se encontrarem em níveis acima dos observados no trabalho de NEPTUNE (1966), o qual relata que é bem provável que haja um "consumo de luxo" acima de 2,07% de K.

Para os teores de cálcio verifica-se não haver diferenças significativas entre as diferentes doses. No caso do magnésio, porém, todas as doses mostraram diferenças altamente significativas. Pelas Figuras 7 e 8, onde estão correlacionadas as produções com os elementos cálcio e magnésio nas folhas, respectivamente, conclui-se que não houve correlação entre os teores de cálcio e produção ($r=0,292$), mas que a correlação para os teores de magnésio foi altamente significativa ($r=0,951^{**}$). Observa-se que os teores de cálcio e magnésio guardam uma relação inversa com o teor de potássio nas folhas (LOUË, 1963).

Tabela 12. Teores de macronutrientes nas folhas de milho para as diversas doses de calcário, no ano agrícola 1975/76

Elemento	calcário aplicado, t/ha				d.m.s. Tuckey 5%	C.V. %
	0	3	6	9		
N, %	3,00	3,11	3,08	3,05	0,22	7,4
P, %	0,25	0,23	0,23	0,23	0,02	8,4
K, %	3,04	2,93	2,80	2,67	0,36	12,8
Ca, %	0,38	0,40	0,39	0,40	0,07	18,0
Mg, %	0,06	0,18	0,26	0,30	0,03	13,8

Figura 7. Relações entre as produções de milho e os teores de cálcio nas folhas, no ano agrícola 1975/76

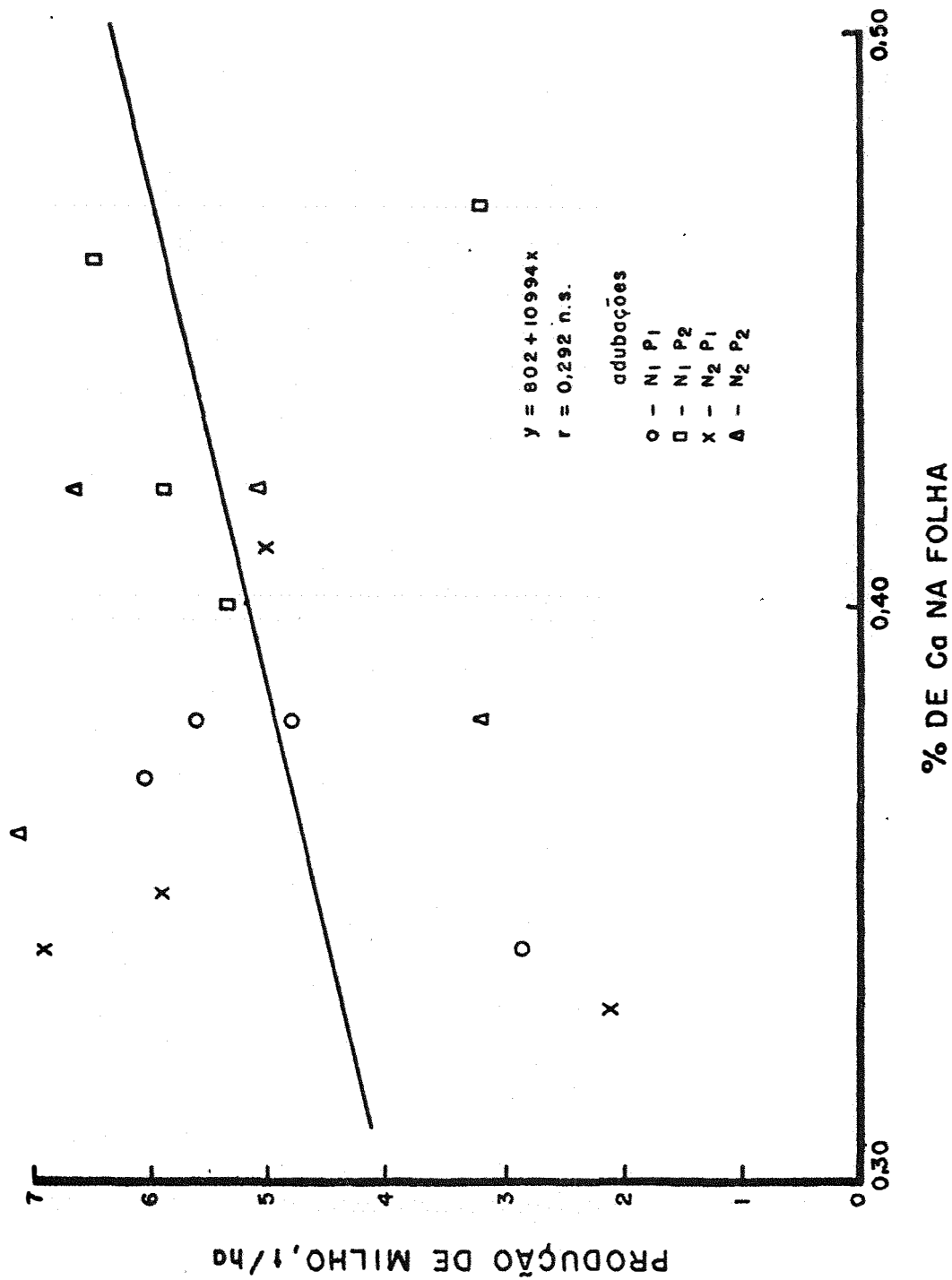
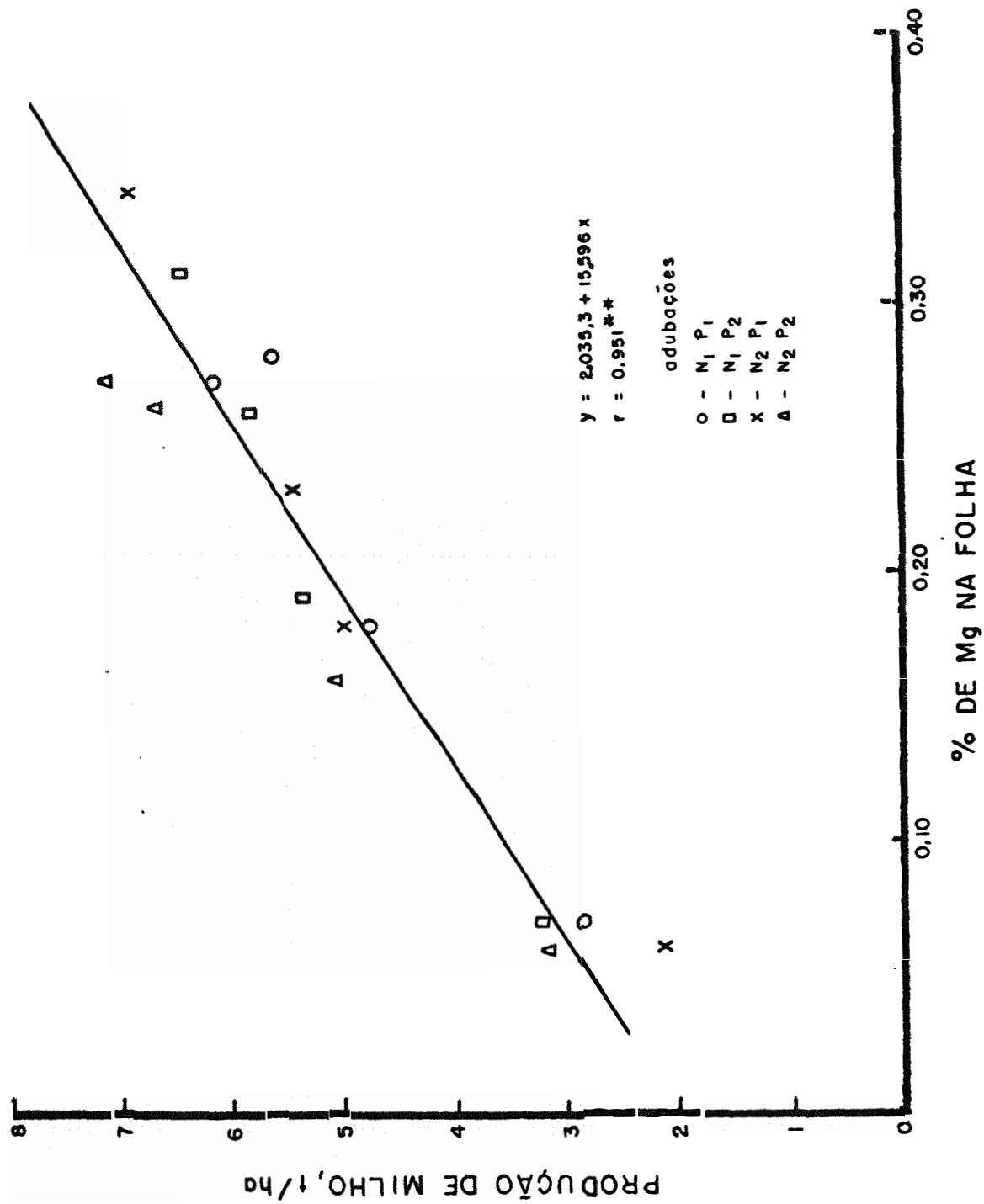


Figura 8. Relações entre as produções de milho e os teores de magnésio nas folhas, no ano agrícola 1975/76



4.4. Variabilidade dos Dados Analíticos dentro das Parcelas Experimentais

Levando em consideração que a aplicação do calcário neste trabalho foi bem melhor do que a feita em operações agrícolas normais, foram feitas amostragens de pontos isolados, aos 30 e 60 dias após incorporação do mesmo, na profundidade de 0-20 cm, com o objetivo de avaliar a heterogeneidade de parâmetros da acidez dos solos.

Verifica-se pela Tabela 13 a variação dos resultados de pH, $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e Al^{3+} , dentro de cada parcela.

Observa-se que 30 dias após a aplicação do corretivo, o valor médio do pH aproximou-se bastante dos valores esperados para as doses 3 e 6 t/ha, sendo que para as doses de 9 t/ha o valor pH esperado está aquém do teórico esperado, confirmando trabalho de AMARAL et alii (1965).

O menor valor observado para pH foi 4,3, as parcelas que não receberam calcário e atingiu o maior valor, pH 7,08 pela aplicação de 9 t/ha de calcário.

Quanto aos teores médios de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, os resultados praticamente mantiveram-se dentro do esperado, observando-se o menor valor de 0,56 e.mg/100ml de T.F.S.A. quando não se fez uso de calcário e de 6,68, para a dose de 9 t/ha de calcário.

Em relação aos teores de alumínio trocável (Al^{3+}) foi constatado que a dose zero de calcário apresentou em 40 pontos

observados, 38 pontos com teores maiores que 0,5 e.mg/100ml de T.F.S.A.; para a dose de 3 t/ha de calcário 24 pontos apresentaram-se nessas condições; para a dose de 6 t/ha de calcário o número foi de 7; e, finalmente para a dose 9 t/ha, este número foi de 5.

É possível que a ocorrência de alumínio trocável com teores considerados tóxicos às plantas em pontos isolados, possa ter efeitos prejudiciais, pois observou-se tal ocorrência mesmo pela aplicação de 9 t/ha de calcário.

Os resultados coletados aos 60 dias após aplicação do corretivo, revelam que o valor pH ainda está aquém do valor teórico esperado.

Observa-se um menor valor pH de 4,27 para a dose 0 (zero) de calcário e um maior valor de 6,4 para a dose 9 t/ha de calcário.

Quanto aos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ pouco diferiram dos teores observados aos 30 dias.

A neutralização do alumínio trocável foi bem mais acentuada que para os valores observados aos trinta dias quando se usou a dose 9 t/ha de calcário, pois aqui, apenas 2 pontos apresentaram teores de alumínio acima de 0,50 e.mg/100ml TFSA. Nas demais doses não houve praticamente mudanças destes valores.

Tabela 13. Valores extremos e médios de resultados analíticos das amostras coletadas de pontos isolados referentes a 40 pontos por bloco, 10 pontos por parcela, retiradas aos 30 dias (1a. coluna) e 60 dias (2a. coluna) na profundidade de 0-20 cm

Dose de calcário t/ha	Valores	Resultados analíticos de					Nº de pontos com Al ³⁺ > 0,5		
		pH	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Al ³⁺					
				e. mg/100 ml de TFSA					
0	maior	5,00	5,04	1,68	1,68	1,80	1,48	38	39
	menor	4,33	4,27	0,56	0,42	0,40	0,44		
	média	4,63	4,66	1,14	1,00	0,95	0,90		
3	maior	6,17	6,08	3,95	3,26	1,21	1,29	24	24
	menor	4,48	4,32	0,60	0,80	0,00	0,00		
	média	5,13	5,11	1,98	1,80	0,53	0,53		
6	maior	6,86	6,29	5,04	3,74	1,09	1,13	7	9
	menor	4,75	4,49	1,06	1,24	0,00	0,00		
	média	5,73	5,50	2,94	2,52	0,24	0,27		
9	maior	7,08	6,40	6,68	5,54	0,98	0,91	5	2
	menor	4,83	4,90	0,82	1,41	0,00	0,00		
	média	6,00	5,71	3,28	3,01	0,12	0,16		

4.5. Balanço Hídrico

Ao se fazer o balanço hídrico no solo (Figura 9), utilizou-se o método proposto por THORNTHWAITE e MATHER (1955) e citado por CAMARGO (1966), adotando-se o limite de 125 mm como a capacidade de retenção de umidade no solo em relação ao milho.

O plantio de milho no ano agrícola de 1973/74, foi feito em 23/10/1973, do ano agrícola 1974/75 em 7/11/74 e do ano agrícola 1975/76 em 15/10/1975. Observa-se que de uma forma geral os plantios realizaram-se na época certa, apenas no ano agrícola de 1974/75 é que houve um pequeno atraso, da época costumeira no Estado de São Paulo. Fato importante é que há uma queda na produção de 50% na época da inflorescência feminina, quando há falta de água por uma semana para o milho. Considera-se necessário um mínimo de 200 mm de precipitação durante o verão, para que haja uma boa produção (SHAW, 1955; ROBINS e DOMINGO, 1953).

Pela Tabela 14 nota-se que no ano agrícola 1973/74 e no período considerado do plantio à colheita, isto é, de outubro de 1973 a abril de 1974, houve um excedente de água de 578 mm; no ano agrícola 1974/75 e no período compreendido de novembro de 1974 a abril de 1975, houve um excedente de água de 350 mm; e, no último ano agrícola 1975/76, houve um excedente de água de 740 mm, no período de outubro de 1975 a abril de 1976.

As temperaturas médias não apresentaram variações durante os períodos considerados.

Figura 9. Balanço Hídrico, épocas de amostragem de solos, plantios e colheitas dos três anos agrícolas.

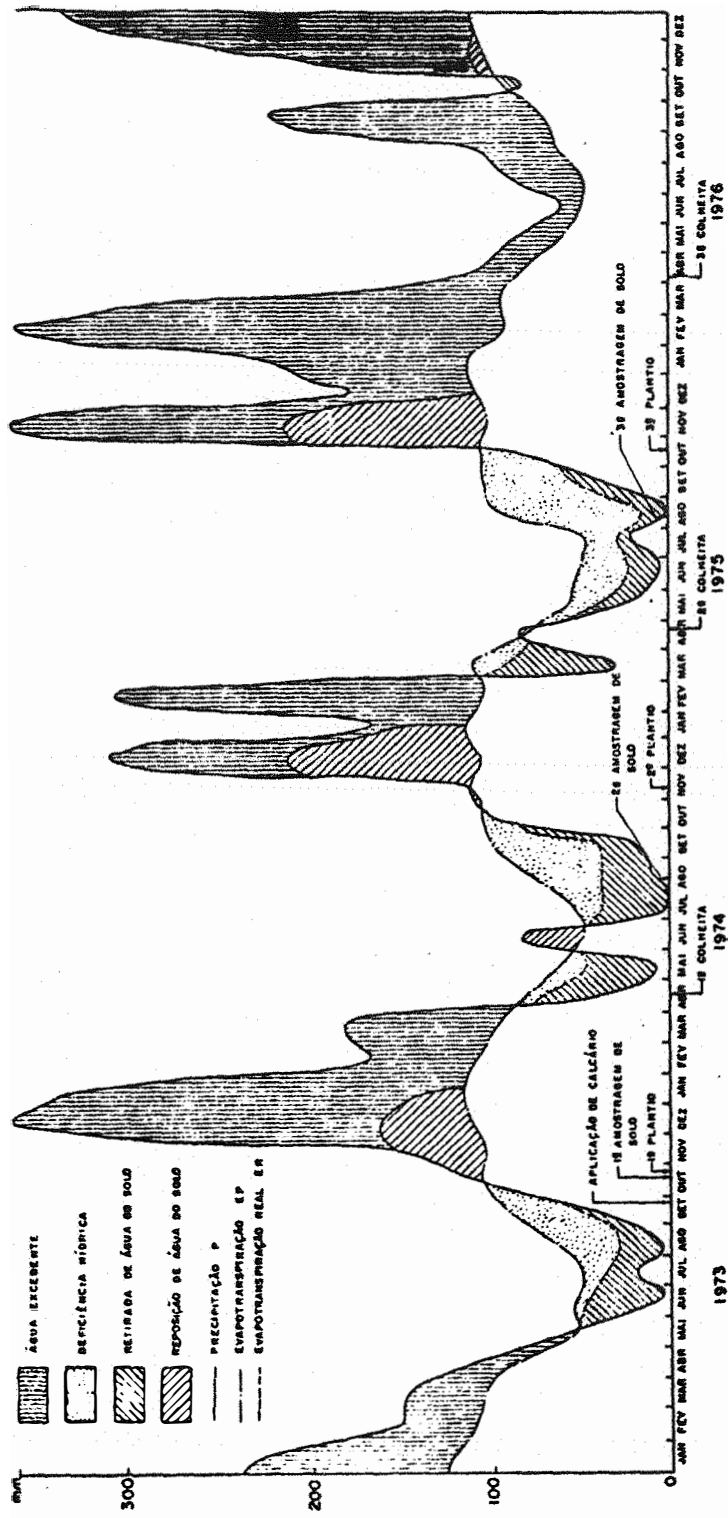


Tabela 14. Chuva em milímetros e temperaturas médias mensais, ocorridas durante os anos agrícolas 1973/74; 1974/75 e 1975/76

Meses	Anos agrícolas					
	1973/74		1974/75		1975/76	
	mm	t°C	mm	t°C	mm	t°C
Setembro	43,0*	22,1	18,0	23,1	44,0	23,5
Outubro	104,0**	22,7	102,0	22,4	93,0	22,5
Novembro	152,0	22,5	109,0**	23,5	364,0	22,3
Dezembro	382,0	23,4	310,0	22,4	171,0	22,5
Janeiro	336,0	23,3	162,0	23,3	220,0	23,7
Fevereiro	168,0	24,4	308,0	23,5	362,0	22,0
Março	184,0	22,7	34,0	24,3	224,0	22,6
Abril	68,0***	21,7	83,0***	21,3	108,0***	21,5
TOTAL	1.437,0	22,8	1.226,0	23,0	1.586,0	22,6

* Aplicação de calcário: 27/09/73.

** Plantios: 23/10/73 - 7/11/74 - 15/10/75

*** Colheitas: 22/04/74 - 28/04/75 - 4/04/76

4.6. Avaliações Econômicas

Com base nos preços vigentes no ano de 1978 para os insumos aplicados e preços correntes de venda do produto, efetivou-se uma avaliação econômica do experimento.

Como o estudo não tinha por finalidade fazer-se uma análise econômica mais complexa, esta análise baseou-se em algumas pressuposições:

1. Considerou-se que os demais fatores de produção permaneceram fixos, e as variações de produção foram em função das variações das doses de calcário e fertilizantes.

2. O preço do produto considerado é o preço mínimo, que é um dos indicadores de preço de que o agricultor tem conhecimento antes do início do plantio. Julga-se ser importante no processo de tomada de decisão do produtor o conhecimento prévio do preço de aquisição estipulado pela Política de Preços Mínimos.

3. O preço de um dos fatores variáveis, no caso o calcário, foi tomado nos meses que antecedem o plantio.

4. O efeito residual do calcário foi considerado por um período de três anos após aplicação deste insumo, lembrando que corretivos da acidez dos solos têm sido financiados como investimento, com juros abaixo da inflação e para o reembolso após três ou quatro anos.

Observando as Tabelas 15 e 16 e as Figuras 10 e 11, considerando os preços de Cr\$ 300,00 por tonelada de calcário e Cr\$ 2,50 por quilo de milho, verificou-se que no 1º ano, usando-se a adubação

N_1P_1 , o retorno econômico devido à calagem foi praticamente igual ao investimento. No caso de usar a adubação N_2P_1 , o retorno econômico foi superior ao investimento.

As comparações apenas foram feitas para as adubações nitrogenadas, uma vez que somente as mesmas tiveram efeitos significativos nas produções de milho.

Para o 2º e 3º anos observou-se um fato importante, que o capital investido na calagem gera retornos econômicos muito apreciáveis.

Pelos resultados arrolados nas Tabelas 15 e 16, observa-se que mesmo pela aplicação de doses mais elevadas de calcário, que no presente trabalho foram até de 6 e 9 t/ha, o retorno econômico no 3º ano ultrapassa a Cr\$ 4,00 a cada Cr\$ 1,00 aplicado contrariando desta maneira trabalho de AMARAL (1965), que demonstrou não ser viável aplicar mais de 2 t/ha de calcário por ano por razões econômicas.

Deve ser lembrado que a calagem para a cultura de milho recomendada pelo Instituto Agrônomo não ultrapassa a 3 t/ha de calcário.

Tabela 15. Retorno econômico devido à aplicação de calcário para milho no caso do tratamento N_1P_1 , considerando os preços de Cr\$ 300,00 por tonelada de calcário e Cr\$ 2,50 por kg de milho

Calcário aplicado	Custo do calcário	Valor do acréscimo de produção devido a calagem			Relação entre Cr\$ de retorno e Cr\$ investido		
		1º ano	2º ano	3º ano	1º ano	1º + 2º anos	1º + 2º + 3º anos
t/ha	Cr\$	Cr\$					
3	900,00	1.105,00	2.727,50	4.800,00	1,2	4,3	9,6
6	1.800,00	1.500,00	4.415,00	6.840,00	0,8	3,3	7,1
9	2.700,00	3.125,00	5.207,50	8.340,00	1,2	3,1	6,2
6 - 3*	900,00	395,00	1.689,50	2.040,00	0,4	2,3	4,6
9 - 6	900,00	1.625,00	792,50	1.500,00	1,8	2,7	4,4

* Estes casos referem-se às diferenças para aplicação entre 3 e 6 t/ha e entre 6 e 9 t/ha.

Tabela 16. Retorno econômico devido à aplicação de calcário para milho no caso de tratamento N_2P_1 , considerando os preços de Cr\$ 300,00 por tonelada de calcário e Cr\$ 2,50 por kg de milho

Calçário aplicado	Custo do calcário	Valor do acréscimo de produção devido à calagem			Relações entre Cr\$ de retorno e Cr\$ investido		
		1º ano	2º ano	3º ano	1º ano	1º + 2º anos	1º + 2º + 3º anos
t/ha	Cr\$	Cr\$					
3	900,00	1.645,00	2.875,00	7.160,00	1,80	5,00	13,0
6	1.800,00	3.020,00	4.417,50	9.470,00	1,70	4,10	9,4
9	2.700,00	3.082,50	4.250,00	11.947,50	1,10	2,70	7,1
6 - 3*	900,00	1.375,00	1.542,50	2.310,00	1,50	3,20	5,8
9 - 6	900,00	62,50	-167,50	2.477,50	0,07	-0,12	2,6

* Estes casos referem-se às diferenças para aplicação entre 3 e 6 t/ha e entre 6 e 9 t/ha.

Figura 10. Resposta do milho à calagem, para o tratamento de adubação N₁P₁. A linha de custo considerou os preços de Cr\$ 300,00 por tonelada de calcário e Cr\$ 2,50 por kg de milho, ou 120 kg de milho por tonelada de calcário

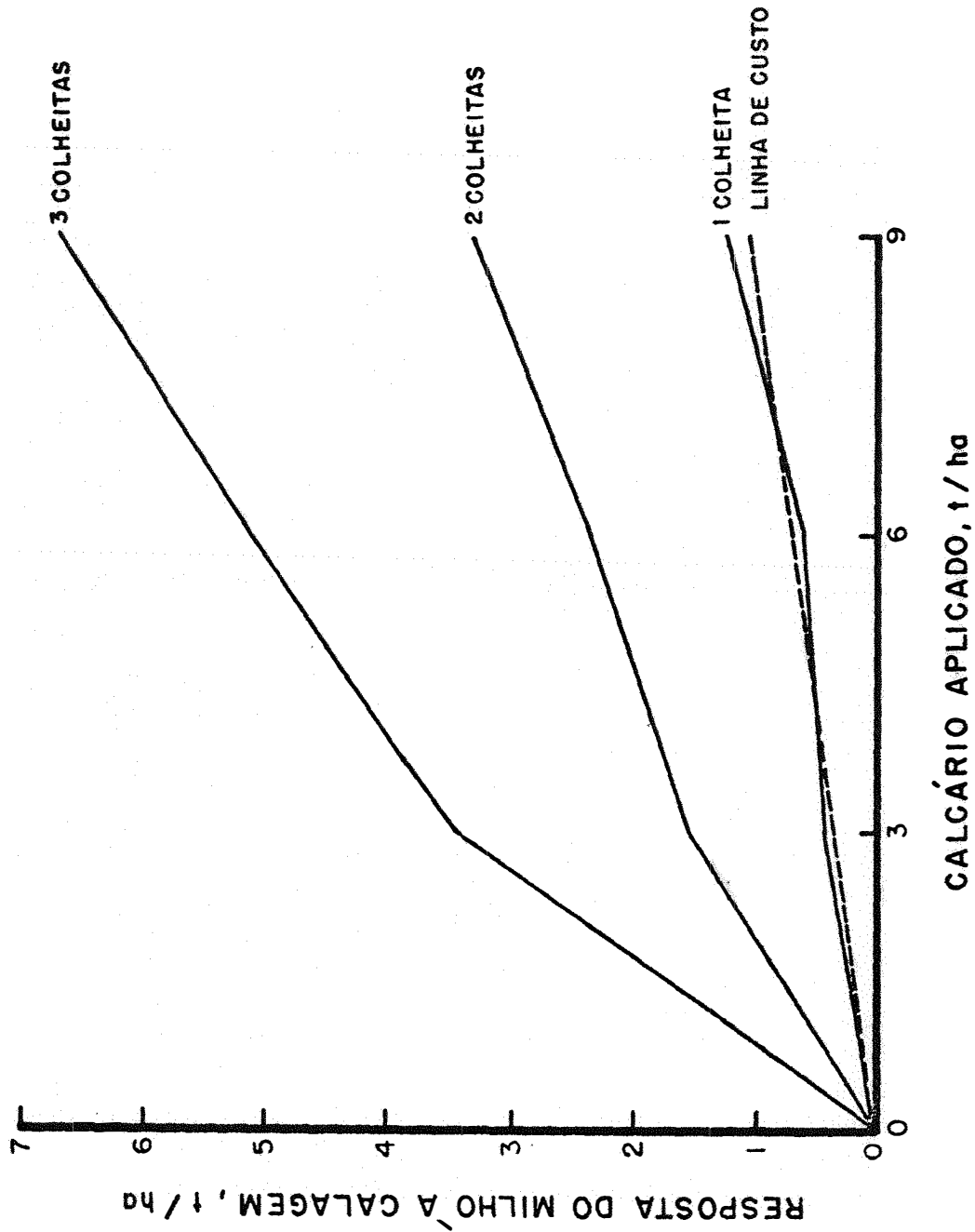
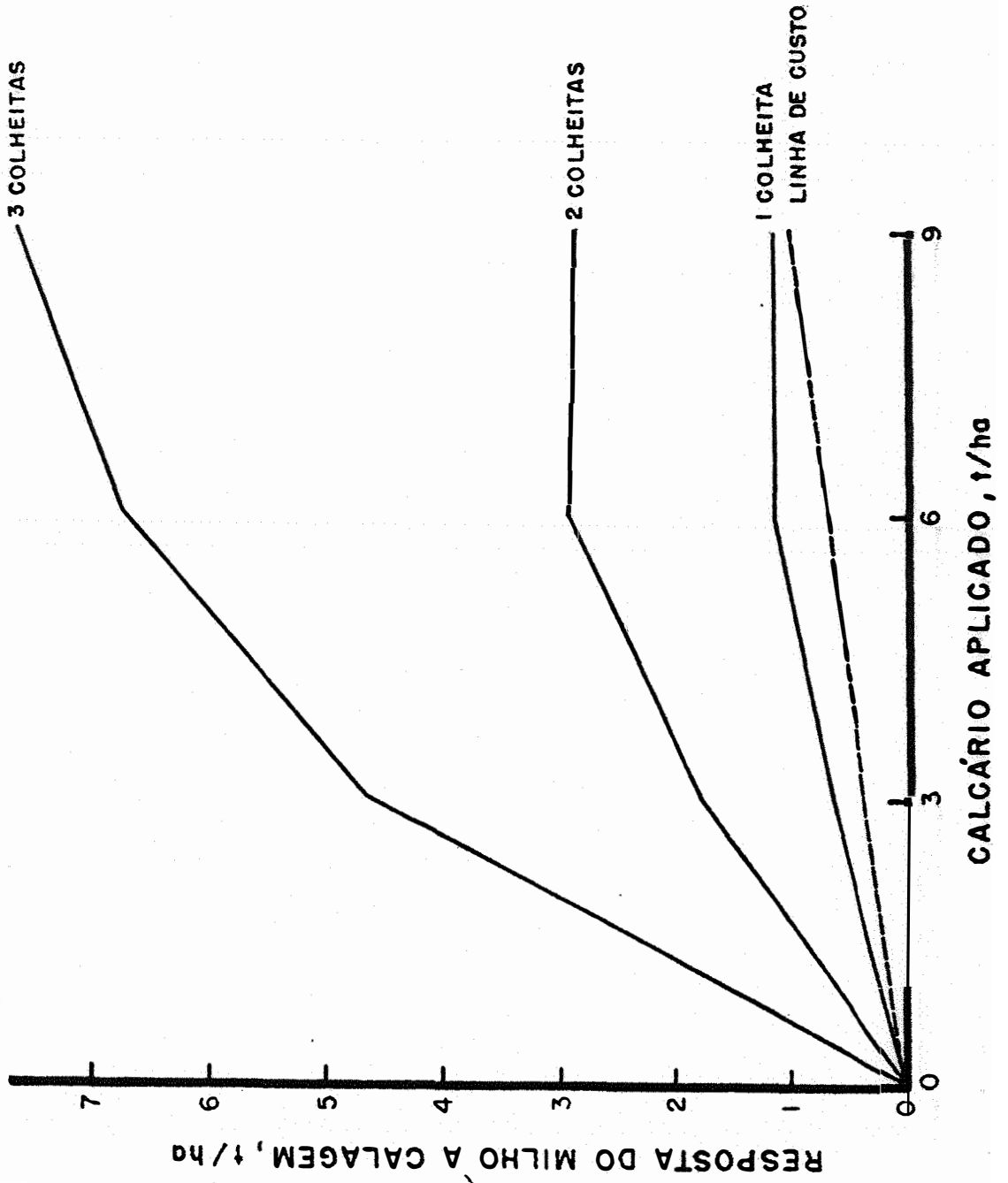


Figura 11. Resposta do milho à calagem, para o tratamento de adubação N₂P₁. A linha de custo considerou os preços de Cr\$ 300,00 por tonelada de calcário e Cr\$ 2,50 por kg de milho por tonelada de calcário



5. CONCLUSÕES

No ensaio de calagem instalada na Estação Experimental de Mococa, onde usaram-se doses crescentes de calcários de 0, 3, 6 e 9 t/ha, verificou-se:

1. Não haver translocação de cálcio para a camada abaixo da camada arável, mesmo pela aplicação de doses mais elevadas de calcário, após um período de três anos.

2. Aumentos consideráveis nos teores de magnésio foram observados no 3º ano, na profundidade de 20-40 cm, pelo emprego de doses mais elevadas de calcário, indicando desta maneira ter havido translocação deste elemento.

3. Que a calagem elevou consideravelmente a produção de milho em todos os anos de cultivo, sem que houvesse decréscimos de produção pelo emprego de doses mais elevadas de calcário.

4. Que os teores de alumínio trocável decresceram com o aumento das doses de calcário e que, mesmo na presença de teores

desprezíveis ou nulos de alumínio, houve aumento de produção de milho devido à calagem.

5. Que houve uma correlação significativa entre a produção de milho com teores de magnésio nas folhas, mas não para teores de cálcio.

6. O retorno econômico no 3º ano ultrapassa a Cr\$ 4,00 em cada Cr\$ 1,00 aplicado e o capital investido na calagem gera retornos apreciáveis após o primeiro ano de ordem de 6 a 13 vezes, considerando um período de três anos.

6. SUMMARY

The importance of soil acidity in the State of São Paulo, Brazil, is evidenced by the fact that more than half of the soils of this State has pH values below 5.5.

It is known that liming has a residual effect, but researches to evaluate the effects of this agricultural practice, in a long period, are scarce.

The aims of this present work are: 1) to evaluate the short-term and the long-term liming effect with the incorporation of different rates of lime, 2) to estimate the lime requirement by different methods, 3) to determine the economic return due to liming and 4) to evaluate also the effect of different rates of nitrogen and phosphorus fertilization.

Corn variety HMD 7974 was planted as a test crop, during three years.

The site for field experiment was located at the Mococa Experimental Stations of the Instituto Agronômico of the State of São Paulo. The soil is a Red Yellow-ortho Podzolic one. The rates of dolomitic lime (3, 6 and 9 t/ha), with an EECC (Effective Equivalent Calcarium Carbonate) of 54%, were calculated according to the neutralization curve of the soil incubated with Ca CO_3 p.a.

A basic fertilization of N (2 levels), P_2O_5 (2 levels), K_2O and ZnSO_4 has been made each year.

Soil Samples were taken before the first planting at 0-20 cm depth and before the second and third planting at 0-20 cm and 20-40 cm depth. Leaves samples were taken 60 days during the third period.

According to the data, it was observed an increase in the pH values when lime, at the higher rates (6t and 9t/ha), was incorporated.

The different rates of lime affected the exchangeable calcium and exchangeable magnesium contents at the first year cropping only. Considerable increase in the exchangeable magnesium content was observed at the end of the third harvest in soil samples taken at 20-40 cm depth, when higher rates of lime were added.

On and after the rate of 3t/ha of lime, the content of exchangeable aluminum decreased.

There was a good crop response to liming. In spite of the very low content of the exchangeable aluminum, yield can be increased by adding higher rates of lime.

It was obtained very significant correlations between magnesium contents in the corn leaves ($r=0.954^{**}$) and yield corn.

The capital invested in liming begets great profit. The economic return at the third harvest was very good, since every cruzeiro spent in lime meant four cruzeiro or more returned by the corn crop. The economic return, considering the three years period, was of order of 6 to 13 cruzeiros for each cruzeiro spent in lime.

7. LITERATURA CITADA

- ABRUNĂ, F. e J.V.CHANDLER, 1955. Refinement of a quantitative method for determining the lime requirements of soils. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico, Rio Piedras, 39:41-55.
- AMARAL, A.Z.; F.C.VERDADE; N.C.SCHMIDT; A.C.P.WUTKE e K.IGUE, 1965. Parcelamento e intervalo da aplicação de calcário. Bragantia, Campinas, 24:83-96.
- AMARASIRI, S.L. e S.R.OLSEN, 1973. Liming as related to solubility of phosphorus and plant growth in an acid tropical soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 37:716-21.
- BARRETO, W.O.; M.A.B.PEREIRA e L.VETTORI, 1973. Estudo dos efeitos decorrentes da aplicação de calcário em alguns solos da Guanabara. In: XIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Santa Maria, RS. Anais. Santa Maria, UFSM, p. 546.
- BATAGLIA, O.C. e J.R.GALLO, 1972. Determinação de cálcio e magnésio em plantas por fotometria de chama de absorção. Bragantia, Campinas, 31:59-74.

- BORNEMISZA, E., 1966. Conceitos modernos de acidez do solo. Turrialba, Turrialba, 15:20-4.
- BRAMS, E.A., 1971. Continuous cultivation of West African Soils; Organic matter diminution and effects of applied lime and phosphorus. Plant Soil, Hague, 35:401-14.
- BROWN, B.A. e R.I. MUNSELL, 1942. Fractional liming for alfalfa. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 7:279-82.
- CABALA, P. e H.W. FASSBENDER, 1971. Effect of liming on forms and availability of phosphorus in soils of the cacao region of Bahia, Brazil. Turrialba, Turrialba, 21:38-46.
- CATANI, R.A. e J.L. BRAUNER, 1967. Variação no teor de alumínio trocável do solo, influenciada pela aplicação de carbonato de cálcio. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 24:57-69.
- CATANI, R.A. e J.R. GALLO, 1955. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação em bases. Revista da Agricultura, Piracicaba, 30:49-60.
- CAMARGO, A.P., 1966. Contribuição para determinação da evapotranspiração potencial para o Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 59 p. (Boletim técnico nº 161).
- CONCON, J.M. e D. SOLTESS, 1973. Rapid microkjeldahl digestion of cereal grain and other biological materials. Analytical Biochemistry, New York, 53:35-41.
- COLEMAN, N.T.; E.J. KAMPRATH e S.D. WEED, 1958. Liming. Advances in Agronomy, New York, 10:475-522.

- DONAHUE, R.L., 1958. An introduction to soils and plant growth. New Jersey, Prentice-Hall, 349 p.
- FREITAS, L.M.M.; P.F. PRATT e L. VETTORI, 1968. Testes rápidos para estimar as necessidades em calcário de alguns solos de São Paulo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, São Paulo, 3:159-64.
- GALLO, J.R. e F.A.S. COELHO, 1963. Diagnose da nutrição nitrogenada do milho, pela análise química das folhas. Bragantia, Campinas, 22: 537-48.
- GARGANTINI, H.; F.A.S. COELHO; F. VERLENGIA e E. SOARES, 1970. Levantamento de fertilidade dos solos do Estado de São Paulo - 1a. aproximação. Campinas, Instituto Agrônomo, 32 p.
- GARGANTINI, H.; G.A. GOMES e H.G. BLANCO, 1965. Modos de aplicação ao solo de materiais corretivos da acidez. Bragantia, Campinas, 24:403-10.
- GEHRKE, C.W.; L.L. WALL e J.S. ABSHEER, 1973. Automated nitrogen method for feeds. Journal of the Association of Official Agricultural Chemists, Washington, 56:1096-105.
- GOEPFERT, C.F.; O. SALUM e C.A.S. OSORIO, 1973. Experimento de calibração na cultura de milho (Zea mays) em solo Bela Vista. In: XIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Santa Maria, RS. Anais. Santa Maria, UFSM, p. 422-5.
- GOMES, G.A.; H. GARGANTINI e H.G. BLANCO, 1965. Comportamento de tipos de escórias de siderurgia como corretivo da acidez do solo. Bragantia, Campinas, 24:173-9.

- GRANT, P.H., 1970. Lime is a factor in maize production. Part 1: The efficiency of liming. Rhodesia Agricultura Journal, Salisbury, 67:73-80.
- IGNATIEFF, V. e P. LEMOS, 1963. Some management aspects of more important tropical soils. Soil Science, Baltimore, 95:243-9.
- KAC-KACAS, M., 1968. Effect of liming on the neutralization of the profile of acid soils. Pam. Pulawski, 32:55-66. Apud Soils and Fertilizers, Farnham Royal, 32(3):289, 1969.
- KAMINSKI, J. e H. BOHNEN, 1973. Fatores da acidez e necessidade de calcário em solos do Rio Grande do Sul. In: XIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Santa Maria, RS. Anais. Santa Maria, UFSM, p. 304.
- KAMPRATH, E.J., 1967. A acidez do solo e a calagem; trad. de Osmar Muzilli e R.E. Kalckmann. Boletim técnico da Série Internacional de Análise de Solos, Raleigh, NC, n.4. 23 p.
- KAMPRATH, E.J., 1970. Exchangeable Al as a criterion for liming leached mineral soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34:252-4.
- KOLLING, J. e J.G. STAMMEL, 1975. Efeito da calagem e adubação fosfatada sobre a produção da matéria seca de leguminosa de clima tropical e sobre alguns componentes químicos do solo. In: XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, SP. Anais. Campinas, SP. Soc. Bras. Ciência do Solo, p. 255-60.
- LONGNECKER, T.C. e H.B. SPRAGNE, 1940. Rate of penetration of lime in soils under permanent grass. Soil Science, Baltimore, 50:277-88.

- LOTT, W.L.; J.P. NERY; J.R. GALLO e J.C. MEDCALF, 1956. A técnica da análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agronômico, 29 p. (Boletim nº 79).
- LOUË, A., 1963. Contribuição para o estudo da nutrição catiônica do milho, principalmente a do K. III. A nutrição catiônica do milho e a diagnose foliar. Fertilité, Paris, 20:33-50.
- LUNT, H.A., 1951. Liming and twenty years of litter raking and burning under red (and White) pine. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 15:381-90.
- MAHILUM, B.C.; R.L. FOX e J.A. SILVA, 1970. Residual effects of liming volcanic ash soils in the humid tropics. Soil Science, Baltimore, 109:102-9.
- MARIN, M.G., 1968. Recomendaciones tentativas para la fertilización y encalado de varios cultivos de acuerdo com analisis de suelos. Primer aproximación. Revista ICA, Bogotá, 3:91-102.
- MASCARENHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; T. IGUE; E.S. FREIRE e G. DI SORDI, 1969. Respostas da soja à calagem e a adubações minerais com fósforo e potássio em latossolo roxo. Bragantia, Campinas, 28:XVII-XXI.
- MASCARENHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; T. IGUE; E.S. FREIRE, 1968. Adubação da soja. III. Efeito de doses crescentes de calcário, fósforo e potássio em solo latossolo roxo com vegetação de cerrado recém-desbravado. Bragantia, Campinas, 27:279-89.
- MCLEAN, E.O., 1970. Lime requirements of soil inactive toxic substances of favorable pH. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34:363-4.

- MCCLUNG, A.C.; L.M.M. FREITAS; D.S. MIKKELSEM e W.L. LOTT, 1961. A adu-
bação do algodoeiro em solos de campo de cerrado no Estado de São
Paulo, Brasil. Bulletin IBEC Research Institute, New York, n. 27,
35 p.
- MIKAMI, D.J. e J.S. KIMURA, 1964. Special features of lime-deficient
tropical soils. Hawaii Farm Science, Honolulu, 13:10-1.
- MIKKELSEN, D.S.; L.M.M. FREITAS e A.C. MCCLUNG, 1963. Effects of liming
and fertilizing cotton, corn and soybeans on campo cerrado soils,
State of São Paulo, Brazil. Bulletin IRI Research Institute, New
York, n. 29, 48 p.
- MIRANDA, L.T., 1971. A adubação do milho. I - Relação entre dados de
ensaios de campo de análise química do solo. Campinas, Instituto
Agrônômico, 11 p. [Projeto BNDE/ANDA/CIA].
- MOSCHLER, W.W.; S.A. OBSENSHAIN; R.P. COEKE e H.M. CAMPE, 1950. The
effect of varying amounts of ground limestone on the pH and base
exchange properties of sassafras fine sand loam. Soil Science So-
ciety of America Proceedings, Madison, 14:123-5.
- NEPTUNE, A.M.L., 1966. Estudos sobre adubação e diagnose foliar do mi-
lho. Piracicaba, ESALQ/USP, 166 p. (Tese de Professor).
- PARRA, H., 1971. El encalamiento de cinco cultivos en suelos derivados
de cenizas volcanicas, zona cafetera. Suelos Equatoriales, Medellin,
3:133-55.
- PEARSON, R.W.; F. ABRUNÃ e J. VICENTE-CHANDLER, 1961. Effect of lime
and nitrogen applications on downward movement of calcium and
magnesium in two humid tropical soils of Puerto Rico. Soil Science,
Baltimore, 93:77-82.

- PEARSON, R.W., 1975. Soil acidity and liming in the humid tropics. Cornell International Agricultural Development Bulletin, Ithaca, n. 30, 66 p.
- PEECH, M., 1965. Lime requirement. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wis., Amer. Soc. of Agronomy, p. 927-32.
- PIERRE, W.H., 1931. Hydrogen - ion concentration, aluminium concentration in the soil solution, and percentage base saturation as factor affecting plant growth on acid soils. Soil Science, Baltimore 31: 183-207.
- PUNDEK, M., 1973. Efeito da calagem e da adubação fosfatada em oito solos de Santa Catarina. In: XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Santa Maria, RS. Anais. Santa Maria, UFSM, p. 299-300.
- RAIJ, B. van, 1978. Interpretação da análise de terra. O Agrônomo, Campinas. [no prelo].
- RAIJ, B. van, 1977. Estudo de materiais calcários usados como corretivos do solo no Estado de São Paulo. IV - O poder relativo de neutralização total. Bragantia, Campinas, 36:139-45.
- RAIJ, B. van e M.A.T. ZULLO, 1977. Métodos de análises do solo. Campinas, Instituto Agrônomo, 16 p. (Circular nº 63).
- RAIJ, B. van; A.P. CAMARGO; H.A.A. MASCARENHAS; R. HIROCE; C.T.FEITOSA; C. NERY e C.R.P. LAUN, 1977. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. Rev. Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1:28-31.
- REEVE, N.G. e M.E. SUMNER, 1970. Lime requirements of Natal Oxisols based on exchangeable aluminium. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34:595-98.

- RICHARDSON, H.L., 1951. Soil acidity and liming with tropical crops. World Crops, London, 5:339-40.
- RIOS, V.; A.J. MARTINI e R. TEJERRA, 1968. Efecto del encalado sobre la acidez y el contenido de aluminio y hierro extraible en nueve suelos de Panamá. Turrialba, Turrialba, 18:139-46.
- RIXON, A.J. e G.D. SHERMAN, 1962. Effects of heavy lime applications to volcanic ash soils in the humid tropics. Soil Science, Baltimore, 94:19-27.
- ROBINS, J.S. e C.E. DOMINGO, 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages of corn. Agronomy Journal, Madison, 45:618-21.
- SANTANA, M.B.M.; E.R. MIRANDA e F.I.O. MORAIS, 1970. Nova orientação sobre o emprego de calcário em solos com altos teores de alumínio e cálcio mais magnésio. Itabuna, CEPEC/CEPLAC, 7 p.
- SCHRAEDER, C.L., 1949. O emprego de calcário na correção dos solos ácidos da Baixada de Sepetiba. In: II Reunião Brasileira de Ciência do Solo, II, Campinas. Anais. Campinas, Soc. Bras. Ciência do Solo, p. 305-17.
- SCHRAEDER, C.L., 1959. O emprego de calcário na correção dos solos ácidos da Baixada de Sepetiba. In: V Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Pelotas, RS. Anais. Pelotas, Soc. Bras. Ciência do Solo, p. 260-6.
- SHAW, R.H., 1955. Climatic requirement. In: Corn and corn improvement. Publicado por G.T. Spragne. Ed. Academic Press. New York.

- SHOEMAKER, H.E.; E.O.MCLEAN e P.F. PRATT, 1961. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 25:274-77.
- SOUZA, E.A., 1970. Respostas das culturas da mamoneira, do milho e da soja à adubação e calagem, e efeitos da calagem sobre algumas propriedades químicas de um latossolo vermelho escuro - fase arenosa. Jaboticabal, Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal, 90 p. (Tese de Doutorado).
- SOUZA, E.A.; M.E. FERREIRA; A.D. OLIVEIRA e J.L. GILIOLI, 1975. Efeito do calcário dolomítico na produção da mamoneira cultivada em um latossolo vermelho escuro - fase arenosa. In: XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, SP. Anais. Campinas, SP, Soc.Bras. Ciência do Solo, p. 261-3.
- THORNTHWAITE, C.H. e J.R. MATTER, 1955. The water balance Centerton, N.J., Climatology, 104 p. (Vol. 8, nº 1).
- VENEMA, K.C.W., 1963. Some notes regarding mobile aluminum and iron in acid tropical soils. I. Potash and Tropical Agriculture. Amsterdam, 6(3):44-66.
- VERDADE, F.C.; H. GARGANTINI e L.T. MIRANDA, 1968. Uso e aplicação do calcário; campanha de calagem do solo. Campinas, Instituto Agrônomo, 63 p.
- VICENTE-CHANDLER, J.; F. ABRUNĂ; R. BOSQUE-LUGO e S. SILVA, 1969. El cultivo intensivo de café en Puerto Rico. Bulletin of Puerto Rico Agricultural Experiment Station, Rio Piedras, n. 218.

- VIEGAS, G.P.; H. GARGANTINI e E.S. FREIRE, 1960. Adubação do milho (Efeito da mucuna, do calcário e de outros adubos sobre as propriedades químicas do solo). Bragantia, Campinas, 19:91-100.
- VIEGAS, G.P. e E.S. FREIRE, 1956. Adubação do milho (Ensaio com calcário). Bragantia, Campinas, 15:169-76.
- VOLKWEISS, S.J. e A.E. LUDWICK, 1969. O melhoramento do solo pela calagem. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia e Veterinária da Univ. Federal do Rio Grande do Sul, (Boletim técnico nº 1).
- WEEKS, M.E. e O.J. LATHWELL, 1965. Crop response to lime in the North Eastern United States. In: Soil Acidity e Liming Monograph 12:233-259.
- WOODRUFF, C.M., 1948. Testing soils for lime requirement by means of a buffered solution and the glass electrode. Soil Science, Baltimore, 66:55-63.
- WUTKE, A.C.P.; H. GARGANTINI e G.H. GOMES, 1962. Avaliação das possibilidades de escórias de siderurgia como corretivos da acidez do solo. Bragantia, Campinas, 21:795-805.