

EFEITO RESIDUAL DA CALAGEM 7Y SOLOS DE DIFERENTES  
CLASSES TEXTURAIS

Emmanuel de Souza Cruz

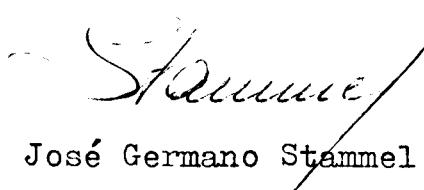
Tese apresentada como um dos requisitos ao Grau de Mestre em  
Agronomia, área de concentração Solos, Faculdade de Agronomia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre

Abril, 1977

1/ Engenheiro Agrônomo (FCAP)

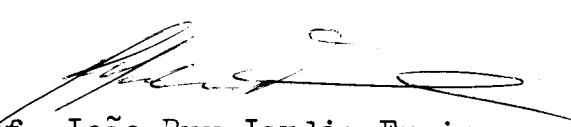
Homologada por:

  
Prof. José Germano Stammel

Orientador

  
Prof. João Mielniczuk

Coordenador Substituto do Curso de Pós-Graduação

  
Prof. João Ruy Jardim Freire

Diretor da Faculdade de Agronomia

## AGRADECIMENTOS

Aos Profs. José Germano Stammel e Ibanor Anghinoni, meus agradecimentos pela orientação eficiente e decisivo estímulo no decorrer do curso de Pós-Graduação e deste trabalho.

Ao Prof. João Mielniczuck, a minha gratidão pelas sugestões.

Ao Instituto de Pesquisas Zootécnicas "F.H.S.Osório" da Secretaria da Agricultura pela assistência técnica, durante o desenvolvimento dos trabalhos de campo.

A FAPERGS pelo auxílio financeiro.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pela concessão da bolsa de estudos e suporte financeiro, além da autorização para frequentar o curso.

Aos meus familiares, amigos e colegas pelo incentivo nessa difícil tarefa.

FEITO RESIDUAL DA CALAGEM EM SOLOS DE DIFERENTES  
CLASSES TEXTURAIS<sup>1/</sup>

Autor: Emmanuel de Souza Cruz  
Orientador: Prof. José Germano Stammel

SINOPSE

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito residual da calagem em solos com diferentes teores de Al trocável e de diferentes classes texturais, através de modificações nrm algumas propriedades químicas e rendimentos de culturas.

Utilizou-se 3 experimentos de campo conduzidos nos solos Vacaria (argila esada), São Jerônimo (franco argilo areoso) e Tupancireta (areia franca), cuja calagem em doses crescentes foi efetuada em 1969 através de uma única aplicação, com base na recomendação de calcário pelo método SMP. Pós decorridos 80 meses constatou-se c'ue: a) O efeito residual da calagem avaliado através de análises químicas do solo e rendimentos das culturas está relacionado às distintas classes texturais; b) Existe boa associação entre o efeito residual da calagem avaliado através de análises químicas de solo e rendimentos das culturas.

<sup>1/</sup>- Tese de Mestrado em Agronomia (Solos) - Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, (112 p.) Abril, 1977.

RESIDUAL EFFECTS OF LIMING IN SOILS OF DIFFERENT  
TEXTURES

Author: Emmanuel de Souza Cruz  
Advisor: Prof. José Germano Stammel

SUMMARY

The residual effect of liming on three soils of widely different textures was studied with respect to yields of wheat, alfalfa, Rhodes grass, soybeans and tropical grasses; chemical properties of the soil: pH, exchangeable cations and cation exchange capacity. Lime was applied at various levels up to twice the lime requirement as determined by the SL test in the following soils: Vacaria (heavy clay humox), Sao Jeronimo (sandy clay loam, ultisol) and Tupanciret<sup>a</sup> (loamy sand, psamment). Residual effects of liming on soil properties and crop yields were strongly related to soil textures. There is a close relationship between the residual effect of liming evaluated by chemical analysis of the soil and the crop yields.

<sup>1/</sup>M.Sc. Thesis in Agriculture (Soils) - Agricultural School - Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre (112p.) - April, 1977.

SUMARIO

	Página
1. Introdução .....	1
2. Revisão Bibliográfica .....	3
2.1. Efeito da calagem sobre alguns constituintes do solo .....	3
2.2. Efeito residual da calagem .....	8
2.3. Transferência de cátions .....	12
3. Material e Métodos .....	15
3.1. Histórico dos experimentos .....	15
3.2. Características dos solos .....	17
3.3. Delineamento experimental e tratamentos <u>aplica</u> dos .....	19
3.4. Culturas reagentes .....	21
3.4.1. Sucessão de culturas reagentes .....	21
3.4.2. Manejo dos solos em função das culturas reagentes .....	23
3.5. Avaliação dos resultados .....	24
3.5.1. Análises de solo .....	24
3.5.1.1. pH, necessidade de calcário e matéria orgânica .....	24
3.5.1.2. Alumínio trocável .....	28
3.5.1.3. Manganês trocável .....	28
3.5.1.4. Cálcio e magnésio trocáveis ..	28
3.5.1.5. Potássio trocável .....	29
3.5.1.6. Capacidade de troca de cátions efetiva .....	29
3.5.1.7. % de saturação de bases, % de saturação de Alumínio trocável e % de saturação de Manganês trocável .....	30
3.5.2. Avaliação da produção .....	30
3.5.2.1. Determinação do rendimento de materia seca das plantas forra geiras .....	30
3.5.2.2. Determinação do rendimento de grãos .....	30
3.5.3. Análise Estatística .....	31
4. Resultados e Discussão .....	32
4.1. Efeito residual da calagem .....	32

4.1.1. Estudo do efeito residual da calagem a través de análises químicas do solo, a pós o período experimental .....	32
4.1.2. Estudo do efeito residual da calagem durante o período experimental .....	39
4.1.3. Estudo do efeito residual da calagem através do rendimento de culturas ....	52
4.2. Transferência de cátions provenientes de cal- cário para camadas inferiores à de sua incor- poração .....	63
5. Conclusões .....	70
6. Bibliografia Citada .....	71
7. Apêndice .....	76

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Algumas características dos solos das unidades de ma peamento Vacaria, São Jerônimo e Tupancireta .....	18
2. Doses de calcário e P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicadas nos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupancireta .....	20
3. Sucessão de culturas nos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupancireta .....	22
4. Datas de coletas de amostras de solo e determinações efetuadas no solo Vacaria .....	25
5. Datas de coletas de amostras de solo e determinações efetuadas no solo São Jerônimo .....	26
6. Datas de coletas de amostras de solo e determinações efetuadas no solo Tupancireta .....	27
7. Resultados analíticos de algumas propriedades quími- cas dos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupancireta na profundidade de 0-15 cm, 80 meses após a calagem (Va- caria, Guaíba e Tupancireta, 1976) .....	33
8. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos da sucessão de culturas reagentes em solo Vacaria (Vacaria, 1969/76) .....	57
9. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos da sucessão de culturas reagentes em solo São Jerônimo (Guaíba, 1969/76) .....	59
10. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos da sucessão de culturas reagentes em solo Tupancire- ta (Tupancireta, 1969/74) .....	61
11. Resultados analíticos de algumas propriedades quími- cas dos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupancireta nas duas profundidades de amostragem 80 meses após a calagem (Vacaria, Guaíba e Tupancireta, 1976) .....	67

## RELAÇÃO DAS FIGURAS

	<i>Página</i>
1. Modificações ocorridas no pH do solo Vacaria em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Vacaria, 1969/76) .....	41
2. Modificações ocorridas no pH do solo São Jerônimo em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Guaíba, 1969/76) .....	24
3. Modificações ocorridas no pH do solo Tupanciretã em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Tupanciretã, 1969/76) .....	44
4. Modificações ocorridas nos teores de Ca+Mg trocáveis no solo Vacaria em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Vacaria, 1972/76) .....	46
5. Modificações ocorridas nos teores de Ca+Mg trocáveis no solo São Jerônimo em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Guaíba, 1973/76) .....	47
6. Modificações ocorridas na necessidade de calcário no solo Vacaria em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Vacaria, 1969/76) .....	48
7. Modificações ocorridas na necessidade de calcário no solo São Jerônimo, em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Guaíba, 1969/76) ..	49
8. Modificações ocorridas na necessidade de calcário no solo Tupanciretã em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Tupanciretã, 1969/76) ..	50
9. Modificações ocorridas nos teores de Al trocável no solo Vacaria em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Vacaria, 1971/76) .....	51
10. Modificações ocorridas nos teores de Al trocável no solo São Jerônimo em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Guaíba, 1973/76) .....	54
11. Modificações ocorridas nos teores de Al trocável no solo Tupanciretã em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Tupanciretã, 1972/76) ...	55

12. Taxa de crescimento da cultura da alfafa (kg de matéria seca/ha/semana) nos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupanciretã (Vacaria 1971/72, Guaíba 1970/72 e Tupanciretã 1969/72) ..... 64

## 1. INTRODUÇÃO

Objetivando a maior produtividade em solos ácidos, recomenda-se a prática da calagem dentro dos critérios preconizados pela tecnologia, resultante da pesquisa científica.

As quantidades de calcário a serem adicionadas ao solo dependem principalmente da capacidade de troca de cátions, teor de matéria orgânica e teores de Al e Mn trocáveis. Dependendo da intensidade destes fatores alguns solos requerem grandes quantidades de corretivo para obter a produtividade desejada. Diversos trabalhos de pesquisa tem demonstrado que as recomendações de calcário utilizadas no sul do Brasil possibilitem eficiente correção da acidez do solo. Há entretanto necessidade de obter informações mais precisas sobre o efeito residual do calcário em diferentes unidades pedogenéticas, translocação de cátions para camadas inferiores à da aplicação, perdas de calcário por lavagem e erosão, composição granulométrica ideal do corretivo, métodos de incorporação ao solo, estocagem, entre outras. Sendo o calcário um consumo caro no Brasil, podendo influir efetivamente no custo de produção dos produtos em cultivo, devem ser estudados os fatores que possam avaliar seus efeitos em toda sua plenitude.

Utilizando-se 3 experimentos de campo localizados em solo

los de diferentes características pedogenéticas, objetivou-se neste trabalho o estudo de: a) Efeito residual do calcário avaliado através de rendimentos das plantas e de análises químicas b) Translocação de cátions no perfil do solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Efeito da calagem sobre alguns constituintes do solo

A prática da calagem desde há muito tempo é utilizada visando corrigir a acidez dos solos, proporcionando melhores condições de desenvolvimento às plantas suscetíveis a toxidez de Al e Mn entre outras. O Ca como o Mg, provenientes da adição do corretivo, substituem o Al e o Mn adsorvidos no complexo coloidal, os quais assumem formas insolúveis na presença de alta concentração de íons oxídrílicas na solução do solo. Com a elevação do valor de pH, pouco Al e Mn se fazem presentes na solução, cujas concentrações correspondem as permitidas pelas constantes de equilíbrio destes elementos no sistema solo-solução.

A redução dos teores de Al trocável em solos ácidos, é obtida através de mecanismos de neutralização da acidez e da velocidade das reações do calcário com o solo. Quando o calcário é aplicado, ocorre a neutralização da acidez, formando-se compostos dos quais o mais importante é o hidróxido de Al. Os sítios liberados pela precipitação do Al e pela neutralização do H trocável e covalente (cargas dependentes de pH), são ocupados pelo Ca e Mg (COLEMAN E THOMAS, 1967).

KOLLING (1974), ao aplicar doses crescentes de calcário

em solo São Jerônimo (RS), verificou que para os acréscimos destas doses corresponderam decréscimos da quantidade de Al trocável e que na presença das duas maiores doses, o elemento tendeu a total eliminação em sua forma trocável. O Mn trocável evidenciou decréscimos pequenos porém com a aplicação de 3,3 t/ha do corretivo, praticamente 50% do total do elemento na forma trocável foi eliminado, permanecendo constante mesmo com doses mais altas.

A calagem afeta a capacidade de troca de cátions dos constituintes sólidos do solo. Estes constituintes são representados pelos minerais e pela matéria orgânica, sob proporções muito variadas nas diversas unidades pedogenéticas, determinando a maior ou menor capacidade de troca de cátions. Dentre os minerais de argila existem valores específicos de CTC para o caso particular de uma montmorilonita ou de uma vermiculita. Valores específicos também ocorrem entre os componentes orgânicos, por serem produtos resultantes da decomposição de restos vegetais e animais.

Na CTC do solo existem cargas que independem da variação do pH e outras que são dependentes, aumentando em quantidade quando ocorre a elevação do pH. COLEMAN et alii (1959), relatam que as cargas permanentes podem ser tomadas como o somatório dos cátions trocáveis incluindo o Al deslocado por lavagem com uma solução de sal neutro. Já as dependentes de pH, eles consideraram como a quantidade de acidez trocável

( $\text{BaCl}_2$ -TEA) remanescente após a lavagem com sal neutro. Citam ainda que em solos ácidos predomina o Al, enquanto em solos com pH acima de 6,0, a maioria das cargas permanentes é neutralizada pelo Ca e Mg. Os mesmos autores sugerem que um índice objetivo da CTC de um solo, pode ser obtido utilizando a soma dos cátions trocáveis de Al, Ca e Mg deslocados por um sal neutro não tamponado como o KCl. Esta soma foi definida por COLEMAN E THOMAS (1967), como a capacidade de troca de cátions "efetiva" e indicadora dos cátions adsorvidos nos sítios ativos de troca no pH original do solo. Estes mesmos autores definem a CTC total como as quantidades de cátions adsorvidos de soluções tamponadas de sal a pH 7,0 ou 8,2. Neste caso a CTC é representada pelo conjunto das cargas dependentes e não dependentes do pH.

A participação do Al trocável na CTC de solos ácidos é muito acentuada. KAMPRATH (1970), observou ao estudar quatro ultissolos que o Al representava 50% do total de cátions trocáveis na variação de pH entre 4,8 e 5,1, porém era reduzido a 10% quando assumia valores entre 5,3 e 5,7.

As cargas dependentes de pH da CTC do solo, segundo COLEMAN E THOMAS (1967), podem ser consideradas qualitativamente em relação ao comportamento dos constituintes minerais e da matéria orgânica. Citam que para os filosilicatos, nos quais a maioria da CTC resulta de cargas planares, a CTC pelo sal neutro, a CTC a pH 7,0 e pH 8,2, são aproximadamente

iguais. Este comportamento indica que poucas cargas dependentes de pH estão presentes nestes minerais. Abordam por outro lado que a remoção das capas de óxidos de Fe e/ou de óxidos hidratados de Al da entre-camada, aumenta a CTC determinada com sal neutro, reduzindo a diferença em relação a CTC a pH 8,2. Abordam ainda a possibilidade dos hidróxidos-sesquióxidos de Fe e Al na entre-camada, ganharem íons oxidrila e perderem cargas positivas pela elevação do pH, originando novos sítios de troca capazes de adsorverem e trocarem cátions. KAMPRATH (1967), ao se referir a CTC efetiva da matéria orgânica do solo menciona que ela é dependente de pH e devida principalmente a ionização dos grupos carboxílicos, sendo os cátions trivalentes mais fixados que os bivalentes. Este aspecto leva a concluir o motivo dos solos com alto teor de matéria orgânica possuirem maior poder tampão que os essencialmente minerais e requererem grandes quantidades de calcário para a elevação do pH.

A calagem ao causar modificações na CTC do solo, ocasiona também alterações na % de saturação de cátions do complexo sorativo do solo. Tanto a % de saturação de bases como a do Al, podem ser determinadas em relação a CTC efetiva ou a total. COLEMAN et alii (1959), descrevem que a % de saturação de bases das cargas permanentes (CTC efetiva) pode ser calculada pela fórmula  $100(Ca+Mg)/(Ca+Mg)+Al$  e a do Al por  $100(Al)/(Ca+Mg)+Al$ . Descrevem ainda que o solo quando tem pou-

cas cargas permanentes, fornece resultados bem menores em relação a CTC efetiva. Esta constatação parece válida quando o solo possue muitas cargas dependentes de pH, merecendo ainda destacar que a CTC efetiva varia com os valores assumidos pelo pH do solo em função de diferentes doses de calcário.

A % de saturação de Al em relação a CTC, representa um bom indicador da concentração do elemento na solução do solo (EVANS E KAMPRATH , 1970). Merece destacar que a literatura de química de solo, aborda tal fato com frequência, omitindo se em citar uma possível função semelhante para outros elementos como por exemplo o Mn. NYE et alii (1961), concluiram que solos com pequenas quantidades de eletrólitos apresentavam baixas concentrações de Al na solução do solo, quando a % de saturação de Al era inferior a 60%. Este fato foi também observado por CATE E SUKHAI (1961), ao encontrarem menos de 1 ppm de Al na solução do solo em condições semelhantes.

Efeitos da calagem em solo Vacaria (RS) com alto teor de M.O., foram constatados por PONS (1974). O autor verificou que a CTC total pouco variou na presença das doses crescentes de calcário, ao passo que a CTC efetiva aumentou de 5,86 a 15,30 me/100 g, fato atribuído a novos sítios de troca. Os resultados da % de saturação de bases e da % de saturação de Al, calculados em função da CTC total e da CTC efetiva em solo Vacaria, coincidiram com o descrito por COLEMAN et alii (1959), indicando que este tem poucas cargas permanentes.

KORNELIUS (1972), pesquisando também o comportamento de 6 solos ácidos ocorrentes no Estado do Rio Grande do Sul, observou relações perfeitamente definidas entre a calagem e o pH, CTC, Al e Mn trocáveis. O autor relata ainda que a adição de doses crescentes de calcário a um solo ácido, determinou a elevação do pH e da CTC havendo uma acentuada redução nos teores de Al e Mn trocáveis.

Outro efeito marcante da calagem, é que em solos fortemente ácidos aumenta a disponibilidade de fósforo adicionado após a sua aplicação. Seu efeito é pouco ou praticamente nenhum em relação ao fósforo aplicado antes, conforme é citado por ADAMS E PEARSON (1967).

## 2.2. Efeito residual da calagem

A duração do efeito do calcário no solo, é conhecida na literatura especializada como efeito residual da calagem. A durabilidade deste efeito está na permanência das alterações sofridas no solo por algumas propriedades químicas e dos altos rendimentos das culturas. Trabalhos experimentais indicam que a durabilidade do calcário depende do tipo de material utilizado. BARBER (1967), relata que o calcário calcítico é mais efetivo em comparação ao dolomítico. Segundo o mesmo autor, a taxa de dissolução do calcário, e portanto a sua eficiência a curto prazo, é afetada pelo seu teor de Mg. Esta

observação indica que calcários com menores teores de Mg, estarão sujeitos a maiores perdas por lixiviação. As perdas de calcário no solo, refletem-se diretamente no efeito residual do corretivo. e este é maior quando usado o calcário dolomítico.

BROWN et alii (1956), ao interpretarem o efeito de doses crescentes de calcário em solo cultivado com pastagem, concluíram que para um determinado solo e clima, as taxas e as profundidades de penetração do corretivo, dependem da quantidade aplicada e do tempo decorrido da aplicação. A aplicação de 16 t/ha de calcário após decorridos 9 anos, aumentou o pH do solo até 60 cm de profundidade. Passados 23 anos, este aumento foi observado até as profundidades de 20, 25, 60 e 75 cm, correspondentes respectivamente as doses de 2, 4, 8 e 16 t/ha de calcário. Efeitos semelhantes foram constatados por ADAMS et alii (1967b). Estes autores observaram que após 7 anos da aplicação de 6,7 t/ha de calcário em um solo de textura barro arenosa, o pH aumentou até a profundidade de 60 cm. decrescendo entretanto na camada de 0-30 cm. Este decréscimo foi evitado quando aplicado 20,2 t/ha e a efetividade foi notada até 76 cm de profundidade. GAMMON E BLUE (1968), desenvolveram estudo parecido em solo Leon arenoso ainda não cultivado, através de doses crescentes de calcário. Durante 10 anos verificaram um gradual decréscimo do Ca extraível do solo na profundidade de 0 a 15 cm. Ao aplicarem a regressão linear para as doses de calcário, observa-

ram que as taxas das perdas anuais do Ca extraível, aumentavam com as mais altas doses. Estes mesmos autores ao ajustarem os dados observados a uma função curvilinear, concluíram que após 10 anos o Ca não extraível, constituía menos do que o equivalente a 10% do elemento aplicado como calcário.

Dentre os trabalhos realizados com solos ocorrentes no Rio Grande do Sul, GRIMM E ELTZ (1972), ao estudarem o efeito do calcário no oxisolo Passo Fundo, observaram a tendência do aumento do pH até aproximadamente 9 meses da calagem quando então decresceu, sem entretanto detectarem qualquer aumento do teor de Al trocável mesmo após 16 meses. Mais recentemente SCHOLLES (1975), estudando o efeito residual do calcário em solo São Jerônimo (RS) relata que o valor de pH aumentou acompanhando as doses aplicadas até 54 meses da calagem. Relata também ter ocorrido a brusca redução dos teores de Al trocável, o mesmo acontecendo com o Mn trocável, porém menos acentuadamente. Outro trabalho evidenciando fato semelhante foi desenvolvido por ABRÃO (1974) que através de modelos matemáticos não constatou decréscimo no efeito residual do calcário em solo Vacaria (RS), após 39 meses da calagem.

A perda do efeito residual do calcário nas camadas superficiais poderá ter reflexos benéficos quando cátions como Ca e Mg atingem camadas inferiores. COLEMAN et alii (1959), observaram que o Al trocável geralmente aumenta com a profundida-

de do solo e particularmente os solos Planosólicos e Podzólicos Amarelos, tendem a ter grandes quantidades de Al trocável nos horizontes mais profundos. Nos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupanciretã, objetos do presente trabalho também os valores de Al trocável aumentam com a profundidade. Assim, no solo Vacaria é de 4,0 para 5,2 me/100 g. No São Jerônimo de 1,0 para 2,5 e no Tupanciretã de 0,9 a 1,9 do horizonte A para o B (BRASIL, 1973).

O efeito residual da calagem é também manifestado pelo comportamento dos rendimentos das culturas através do tempo. Autores como MOSCHLER et alii (1960) e HUTCHINSIN E HUNTER (1970), citam que pequenas doses de calcário (16 t/acre) elevaram o rendimento da alfafa à níveis significativos. Citam ainda que o cultivo insistente da alfafa durante 3 anos nestas doses, mostrou decréscimos nos rendimentos. Em doses mais elevadas não foram registrados decréscimos nos rendimentos durante o mesmo período. Tendência semelhante foi constatada por GAMMON E BLUE (1968), em um experimento conduzido durante 9 anos. Os autores verificaram decréscimos anuais aproximados de 3 t/ha de forragem seca entre a maior (12.320 kg/ha) e a menor (2.240 kg/ha) dose de calcário. Por outro lado, afirmaram que as produções poderiam ser mantidas por 6 ou 7 anos através da aplicação inicial de 5.600 kg/ha de calcário.

Trabalhos desenvolvidos em solos ácidos ocorrentes no Rio Grande do Sul, mostraram o efeito benéfico e efetivo do

uso do calcário, traduzido pelo aumento nos rendimentos em diversas culturas. TORRES (1961), observou que num solo ácido de textura arenosa, a calagem durante 6 anos aumentou os rendimentos de trigo até a dose de 4 t/ha de calcário, permanecendo aproximadamente estabilizados até a dose de 8 t/ha do corretivo, tendendo a decrescer com doses mais elevadas. Observou também que a dose de 4 t/ha de calcário é a mais conveniente sob o aspecto econômico e devido aos maiores efeitos residuais constatados. Ao comparar resultados analíticos, verificou que os valores de pH e acidez nociva na segunda amostragem de solo, indicavam uma tendência generalizada de reacidificação do solo com o passar do tempo. Outra evidência do efeito residual da calagem foi observada por OLIVEIRA (1968), ao verificar o aumento do rendimento da cultura da ervilha durante 3 anos de experimentação, através da aplicação inicial de 5 t/ha de calcário. PONS (1974), ao estudar o efeito do calcário em solo Vacaria (RS), 2 anos após a calagem na cultura da alfafa, verificou que esta prática era imprescindível no estabelecimento e produção da cultura. O mesmo autor cita que ao ser eliminado o Al trocável do complexo de troca do solo, a produção de alfafa apresentou boa associação com os valores de pH e com a saturação de bases em relação a CTC.

KAMPRATH (1967), evidencia a relação existente entre o crescimento das plantas e a % de saturação de Al. Este autor

cita que a soja em solo "Norfolk", produziu colheitas reduzidas quando a % de saturação de Al era 40% ou superior. A importância desta saturação é mostrada por MOSCHLER et alii (1960), ao acharem estreita correlação entre o rendimento da alfafa e o teor de Al trocável. Produções máximas desta cultura foram obtidas em solo Tatum franco siltoso, quando o Al trocável ficou reduzido a menos de 0,2 me/100 g, equivalente a saturação de 4% da CTC efetiva. A citação anterior indica a existência de culturas de maior e menor suscetibilidade ao Al trocável no solo.

É óbvio que o efeito residual da calagem está estreitamente relacionado com as perdas do corretivo. A frequência das reaplicações é comandada pelos fatores que atuam sobre as perdas e pelas culturas visadas. Estabelecer taxas de reposição e intervalos fixos entre aplicações, pode conduzir a insucessos.

### 2.3. Transferência de cátions

Entende-se por cátions trocáveis todos aqueles ions dotados de cargas elétricas positivas e adsorvidos eletrostaticamente nos sítios negativos de troca do complexo coloidal do solo. Estes cátions estão em equilíbrio com os elementos na solução do solo e em concentrações que variam com o índice de saturação dos mesmos. Quando o calcário é adicionado ao solo,

uma série de reações se processa ocasionando a diminuição dos teores de alguns cátions trocáveis, enquanto outros são aumentados. Mesmo o calcário sendo um material reconhecidamente de baixa solubilidade, vários são os trabalhos que evidenciam a sua influência em relação as camadas inferiores do solo. Esta influência é notada principalmente na elevação do valor de pH, dos teores de Ca e Mg trocáveis, além de reduzir as quantidades de Al trocável.

BROWN et alii (1956), relatam não ser evidente o transporte descendente de partículas de calcário não dissolvidas, através de forças físicas, tais como o arrastamento pela água, ação do congelamento ou por pequenos animais. Entretanto, consideram provável que estas partículas se desintegrem e se dissolvam em água carbonatada, formando compostos solúveis como o bicarbonato de Ca.

Considerável distribuição de Ca e Mg pode ocorrer no perfil do solo, sob condições de lixiviação pelo uso de aplicações superficiais de calcário em combinação com fertilizantes nitrogenados residualmente ácidos, conforme relatam PEARSON E ABRUNA (1961). Este fato foi também constatado anteriormente por ABRUNA et alii (1958), ao verificarem que altas taxas de ácido fórmico de fertilizantes nitrogenados podem aumentar repentinamente a acidez do sub-solo e decrescer a soma de bases trocáveis até uma profundidade de 46 cm. Por outro lado, ADAMS et alii (1967b), descrevem a ocorrência de

considerável movimentação de Ca e Mg com perdas destes elementos em todo o perfil do solo entre os anos de 1957 e 1963. Descrevem ainda que os decréscimos dos teores destes elementos foram maiores até a profundidade de 45 cm, tendo os valores de Mg decrescido em todas as profundidades, ao contrário do Ca que aumentou entre 45 e 91 cm. Em outro estudo ADAMS et alii (1967a), citam que a incorporação de 40.349 kg/ha de calcário na camada de 0-15 cm, sem a aplicação de N ou com a adição de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , aumentou a soma de bases trocáveis até 30 cm de profundidade e na presença de maiores doses de N, este efeito foi notado até 60 cm. Estes autores explicam que a incorporação do calcário nesta profundidade, proporcionou melhores condições para os produtos resultantes da nitrificação reagirem com o calcário. Assim, nas maiores doses de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , haveria maior quantidade de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , cujo excedente da assimilação das plantas, ficaria livre para se mover descendemente no perfil. Esta transferência de Ca e Mg, conforme é citado por FISKELL E CALVERT (1975), parece mesmo ser atribuída a perda da capacidade de troca de cátions, resultante do aumento da acidez no solo, ocasionando a redução dos sítios dependentes de pH. Os mesmos autores citam ainda que a perda da CTC resultante da acidez provocada pela nitrificação, não tem recebido muita atenção mas é de fato uma razão forte por que o calcário deve ser aplicado com maior frequência em solos altamente fertilizados, visando manter os valores desejados de pH, Ca e Mg.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Histórico dos experimentos

Neste trabalho de pesquisa foram estudados três experimentos fatoriais, com doses de calcário e fósforo, iniciados em 1969 e instalados nos seguintes locais: Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada no Município de Guaíba e nas Estações Experimentais Zootécnicas da Secretaria de Agricultura nos Municípios de Vacaria e Tupanciretã, todos no Estado do Rio Grande do Sul.

A área do experimento instalado em Vacaria foi cultivada inicialmente com trigo (Triticum aestivum) e depois com alfafa (Medicago sativa L.), tendo esta sido substituída em 1974 pelo trevo branco (Trifolium pratense), o qual permanece vegetando. Em Guaíba a área foi cultivada no início com soja (Glicine max Merr.), sucedida pela alfafa e a partir de fins de 1972 até o período atual, com uma mistura de forrageiras tropicais, constituída de capim de Rhodes (Chloris gayana Kunth) e das leguminosas siratro (Macroptilium atropurpureum Urb. cv. siratro) e desmódio (Desmodium intortum Mill. Urb.). No experimento de Tupanciretã a alfafa foi estabelecida inicialmente e em 1973 substituída pelo capim de Rhodes, ainda em cultivo na atualidade.

Desde a instalação dos experimentos até meados de 1976, foram coletados dados referentes a rendimentos das culturas reagentes e a coleta de amostras de solo.

### 3.2. Características dos solos

Os experimentos foram instalados em solos das unidades de mapeamento denominadas Vacaria, ocorrente no Município de mesmo nome, São Jerônimo, em Guaíba e Tupanciretã, no Município de igual denominação, que diferem principalmente quanto a textura, teor de Al trocável e necessidade de calcário, sendo todos ácidos.

Algumas características destes solos são apresentadas na Tabela 1. Os solos da unidade de mapeamento Vacaria são classificados pelo Sistema Compreensivo Americano - 7ª Aproximação (Estados Unidos, 1960), como inseridos no grande grupo Haplohumox, enquanto os solos das unidades São Jerônimo e Tupanciretã como Paleudult.

Os solos da unidade Vacaria são oriundos de material basáltico, com perfis profundos, bem desenvolvidos, boas características físicas e ocupam relevo suavemente ondulado. A unidade São Jerônimo é representada por solos originários de granito, profundos, bem drenados, situados em relevo ondulado e nas áreas de cotas mais altas da paisagem. Na unidade Tupanciretã, estão os solos derivados de arenito da formação Tupanciretã, profundos, bem drenados, friáveis e localizados em relevo suavemente ondulado (BRASIL, 1973).

**Tabela 1.** Algumas características dos solos das unidades de mapeamento Vacaria, São Jerônimo e Tupanciretã

Características dos solos	Solos		
	Vacaria	São Jerônimo	Tupanciretã
Classificação em Grande Grupo*	Latosol Bru- no distrófi- col/ col/	Laterítico Bruno Averme- lhado, dis- trófico/ col/	Podzólico Vermelho Ama- relol/ col/
pH	< 5,0	4,5 - 5,0	5,0
NC t/ha	> 17,0	4,0	2,4
Al <sup>+++</sup> me/100g	> 4,0	1,0	0,9
Mn <sup>++</sup> me/100g	0,2	0,1	0,2
K <sup>+</sup> me/100g	0,17	0,22-0,41	0,07
Ca <sup>++</sup> me/100g	1,6	1,6	0,5
Mg <sup>++</sup> me/100g	1,0	1,3	0,4
CTC me/100g	> 13,5	6,0 - 10,0	< 4,0
P ppm	≤ 2,0	5,0	4,0
MO %	> 4,1	≤ 2,0	1,2
Areia %	23	58	80
Limo %	18	22	8
Argila %	59	20	12
Textura	Argila/argi- la pesada	Franco arenosa/ franco ar- gilo arenosa	Franco arenosa/ areia franca

\* Classificação Brasileira a nível de Grande Grupo

1/ BRASIL (1973)

### 3.3. Delineamento experimental e tratamentos aplicados

O delineamento experimental utilizado para os três experimentos, consistiu de parcelas subdivididas em blocos ao acaso, com quatro repetições para os desenvolvidos nos solos Vacaria e São Jerônimo, e seis em Tupanciretã, sendo as parcelas principais constituídas pelas doses de calcário e as subparcelas pelas doses de fósforo. No presente trabalho foram enfocados apenas os aspectos relacionados com os tratamentos de calcário.

As doses de calcário e  $P_2O_5$  constam na Tabela 2. O calcário utilizado foi o dolomítico, não tendo sido porém, as quantidades aplicadas corrigidas para o PRNT 100%, devido tratar-se de uma prática regional pouco difundida no início dos experimentos. O adubo fosfatado utilizado foi superfosfato triplo.

Em Guaíba, a calagem foi efetuada no início de setembro de 1969 e em Vacaria e Tupanciretã no mês de junho do mesmo ano. Nesta operação o calcário foi aplicado a lanço e a incorporação feita mediante lavração e duas gradagens consecutivas, numa profundidade de aproximadamente 0-15 cm.

Com relação a adubaçāo fosfatada, esta foi aplicada também em 1969, na ordem cronológica de agosto, setembro e novembro para os experimentos em Vacaria, Tupanciretã e Guaíba, respectivamente. A incorporação do superfosfato triplo foi

**Tabela 2.** Doses de calcário e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas nos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupanciretã

Solos	Doses de calcário t/ha	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha
Vacaria	0,0	0
	10,0	150
	15,0	300
	20,0*	450
	25,0	600
	30,0	
	40,0	
São Jerônimo	0,0	0
	2,0	100
	4,0*	200
	6,0	300
	8,0	400
Tupanciretã	0,0	0
	0,6	150
	1,2	300
	1,8	450
	2,4*	600
	4,8	

\* Dose de calcário recomendada pelo método SMP (modificado) para pH 6,5

procedida através de uma única gradagem.

No experimento instalado em solo Tupanciretã, todas as parcelas receberam a aplicação de micronutrientes, na base de 20 kg/ha de bórax, 20 kg/ha de sulfato de zinco, 40 kg/ha de sulfato de cobre e 0,5 kg/ha de molibdato de amônio.

Os detalhes das parcelas principais e das subparcelas com as respectivas áreas, encontram-se no Apêndice 1.

### 3.4. Culturas reagentes

#### 3.4.1. Sucessão de culturas reagentes

A sucessão de culturas reagentes para os solos Vacaria, São Jerônimo e Tupanciretã, é apresentada na Tabela 3.

Na coluna referente a número de cortes de avaliação, são citados somente os cortes utilizados para a análise estatística. No experimento de Vacaria realmente foram efetuados oito cortes de alfafa, sendo os três últimos não computados, devido a incidência de Rhizoctonia. Igualmente, foram efetuados cortes periódicos do trevo branco, não sendo porém, avaliados, com exceção de um executado em janeiro de 1976. O capim de Rhodes cultivado no experimento de Tupanciretã, foi avaliado em duas oportunidades, tendo sido entretanto, cortado periodicamente sem avaliação.

Tabela 3. Sucessão de culturas nos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupancireta

Solos	Culturas	Período deava liação	Cultivar	Material de avaliação	Quantidade de semente kg./ha	Época de corte ou colheita	Número de cortes de avaliação
Vacaria	Trigo	07/69-01/70	IAS-50	grão érrão	90	Maturação plena	-
	Trigo	07/70-01/71	IAS-50	érrão	90	Maturação plena	-
	Alfafa	09/71-06/72	Crioula	Mat. seca	6	Ínicio de floresci- mento* Rebrotação basilar**	5
	Trevo branco	09/74 até a presente data	-	Mat. seca	2	-	1
São Jerônimo	Soja	09/69-04/70	Bienville	érrão	90	Maturação plena	-
	Alfafa	10/70-01/72	Crioula	Mat. seca	8	Ínicio de floresci- mento* Rebrotação basilar**	7
	Mirtura for- rageira desmódio siratro Rhodes	11/72 até a presente data	-	Mat. seca	42	Estádio de floresci- mento do Rhodes	12
Tupancireta	Alfafa	09/69-03/72	Crioula	Mat. seca	7 9 30	Ínicio de floresci- mento* Rebrotação basilar**	13
	Rhodes	10/73 até a presente data	-	Mat. seca	30	Estádio de floresci- mento	2

\* - Época de corte em período de temperatura mais alta

\*\* - Época de corte em período de temperatura mais baixa

### 3.4.2. Manejo dos solos em função das culturas reagentes

Em Vacaria, após o 1º cultivo de trigo, o qual foi semeado com semeadeira própria para cereais, o solo foi lavrado com arado de disco de tração mecânica a baixa velocidade, seguido de uma gradagem. Colhida a produção do 2º cultivo de trigo, o solo foi novamente lavrado de maneira semelhante a anterior e discado com grade de discos tipo "off-set", por duas vezes com a finalidade de um bom preparo de solo para a alfafa. Ao término do cultivo da alfafa, o solo foi lavrado e gradeado de maneira semelhante, quando então foi efetuada a semeadura do trevo branco.

No experimento conduzido em Guaíba, após a colheita da soja, a área experimental foi lavrada com arado de aiveca de tração animal e procedida uma gradagem com grade "off-set" de tração mecânica, efetuando-se a semeadura da alfafa em linha. Terminado o cultivo desta, o solo foi preparado de maneira semelhante, porém com três gradagens visando eliminar totalmente a alfafa, sendo então plantada a mistura forrageira.

No solo Tupanciretã, após a cultura da alfafa, a área do experimento foi lavrada com arado de tração animal e gradeada com grade "off-set" de tração mecânica, uma só vez para então ser feita a semeadura do Rhodes.

### 3.5. Avaliação dos resultados

#### 3.5.1. Análises de solo

Visando observar as modificações sofridas pelas características químicas dos três solos, foram coletadas amostras dos mesmos em diferentes épocas do período experimental.

A amostragem de solo nas duas profundidades, foi efetuada com trado de rosca e tubo calador. Este último foi utilizado quando a umidade do solo era favorável ao seu manuseio. As amostras foram secas em estufa a 55°C, destorroadas em moinho próprio e peneiradas.

As amostras compostas coletadas nas parcelas principais, foram constituídas de 15 amostras simples. As profundidades de coleta destas amostras e as determinações analíticas a que foram submetidas, constam nas Tabelas 4, 5 e 6. As datas de amostragem para os três solos e tempo em relação a aplicação do calcário, são apresentados no Apêndice 2.

##### 3.5.1.1. pH, necessidade de calcário e matéria orgânica

Os valores de pH, necessidade de calcário e matéria orgânica, foram determinados pelo Laboratório de Análises de Solo da Faculdade de Agronomia, conforme a metodologia descrita por MIELNICZUK et alii (1969).

**Tabela 4.** Datas de coletas de amostras de solo e determinações efetuadas no solo,  
Vacaria

Data	Profundidades cm	Determinações										
		pH	Ca	Mg	K	S	Mn	Al	CIC	SAT Al	SAT Mn	N.C.
04/69	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08/69	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/70	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/71	a	x	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/72	a	x	-	x	x	-	x	-	-	-	x	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/73	a	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/74	a	x	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/76	a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	b	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

\* Profundidades em cm: a = 0-15 e b = 15-25

x = Analisado; - = Não analisado

**Tabela 5.** Datas de coletas de amostras de solo e determinações efetuadas no solo.  
São Jerônimo

Data	Profundidades cm	Determinações										
		pH	Ca	Mg	K	S	Mn	Al	C <sub>TG</sub>	SAT	Mn	
07/69	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/69	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/69	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/70	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/72	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/73	a	x	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/74	a	x	-	x	-	-	-	x	x	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/75	a	x	-	x	-	-	-	x	x	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/76	a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	b	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

\* Profundidades em cm: a = 0-15 e b = 15-25

x = Analisado; - = Não analisado

**Tabela 6.** Datas de coletas de amostras de solo e determinações efetuadas no solo  
Tupancireta

Data	Profundidade cm*	Determinações										
		pH	Ca	Mg	K	S	Mn	Al	CTC	SAT Ar	SAT Mn	N.C.
04/69	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/70	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
01/72	a	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/73	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/74	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/75	a	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/76	a	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	b	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

\* Profundidades em cm: a = 0-15 e b = 15-25

x = Analisado; - = Não analisado

### 3.5.1.2. Alumínio trocável

O Al trocável foi determinado usando-se o método relatado por VETTORI (1969), mediante a extração com KCl 1N, sendo a mistura solo-extrator agitada durante meia hora, permanecendo em repouso por 24 horas e titulação com OHNa 0,025N, na presença de indicador.

### 3.5.1.3. Manganês trocável

Foi utilizado o método de Walsh & Schulte modificado, citado por SCHOLLES (1975), cujo extrator é o  $Mg(NO_3)_2$ . A leitura efetuou-se no espectrofotômetro de absorção atômica marca Perkin-Elmer, modelo 403, no comprimento de onda de 279,5  $\mu$ , com prévia acidificação do extrato para a concentração de 0,5N em HCl.

Nas amostras de solo coletadas em Vacaria, referentes a amostragem de 12/74, o Mn foi determinado a partir do extrato proveniente da extração com KCl 1N (PONS, 1974).

### 3.5.1.4. Cálcio e magnésio trocáveis

Para as amostras coletadas em Guaíba, referentes as amostragens de 01/73 e 05/74, e em Vacaria, na amostragem de 09/72, estes elementos foram analisados no mesmo extrato uti

lizado na determinação do Al trocável. Neste foi adicionado algumas gotas de água bromada para destruir o indicador e em seguida dividida a solução em duas porções iguais. Em uma das porções foi determinado o Ca mais Mg trocáveis, conforme a metodologia descrita por VETTORI (1969), e na porção restante o Ca, enquanto o Mg resultou da diferença, conforme é relatado por SCHOLLES (1975).

Nas demais amostragens de solo, foi tomada uma alíquota da solução oriunda da extração com KCl 1N, a qual sofreu a adição de soluções de óxido de lantânio e ácido clorídrico, com posterior controle das concentrações para 0,1% e 0,5N respectivamente. A determinação foi feita no espectrofotômetro de absorção atômica marca Perkin-Elmer, modelo 403, no comprimento de onda de 422,7 nm para o Ca e de 285,2 nm para o Mg.

### 3.5.1.5. Potássio trocável

O K trocável foi extraído com  $\text{CaCl}_2$  2N, a partir de 5 g de solo, e determinado por fotometria de chama.

### 3.5.1.6. Capacidade de troca de cátions efetiva

A CTC efetiva foi obtida pela soma dos valores de Al, Mn, Ca, Mg e K trocáveis em me/100 g de solo (COLEMAN et alii, 1959; COLEMAN E THOMAS, 1958; KAMPRATH, 1967), determinado

nados segundo a metodologia citada anteriormente.

3.5.1.7. % de saturação de bases, % de saturação de aluminio trocável e % de saturação de Manganês trocável

Determinou-se as percentagens de saturação de bases, Al e Mn trocáveis em relação a CTC efetiva.

3.5.2. Avaliação da produção

3.5.2.1. Determinação do rendimento de matéria seca das plantas forrageiras

Os rendimentos foram determinados através de cortes com ceifadeira mecânica. Os rendimentos das parcelas principais foram obtidos através da produção média das subparcelas. A matéria verde foi pesada a campo com balança tipo "milk scale", sendo retirada para determinação da matéria seca, uma amostra de 500 g e seca em estufa de ar forçado, na temperatura de 60°C, até peso constante.

3.5.2.2. Determinação do rendimento de grãos

Os rendimentos de grãos foram determinados através de um

corte com ceifadeira mecânica (palha e grão), posteriormente trilhados com micro-trilhadeira e pesados. Ajustou-se os pesos obtidos a 13% de umidade.

### 3.5.3. Análise estatística

Constou da análise da variância aplicada aos rendimentos de grãos e matéria seca produzidos pelas cultivares reagentes, nos três experimentos e do teste de Duncan ao nível de 5% para as médias dos tratamentos com calcário, conforme MARKUS (1968) e STEEL E TORRIE (1960).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, procurou-se estudar o efeito da calagem durante e após decorridos 80 meses da sua aplicação, através do comportamento de algumas propriedades químicas dos solos estudados e rendimentos de culturas.

Procurou-se igualmente determinar a transferência dos cátions Ca e Mg para camadas inferiores à de sua incorporação, provenientes do calcário aplicado superficialmente e incorporado na camada arável, através de implementos tradicionais.

##### 4.1. Efeito residual da calagem

###### 4.1.1. Estudo do efeito residual da calagem através de análises químicas do solo, após o período experimental

Observou-se o efeito residual do calcário, através dos resultados analíticos obtidos nas amostras de solo coletadas 80 meses após a calagem e referentes a camada superficial (0-15 cm), constantes da Tabela 7. Nesta tabela, são apresentados somente os resultados referentes aos tratamentos 0, 1 e 2 vezes a quantidade recomendada pelo método SMP. No Apêndice 1, estão os resultados referentes ao tratamento 3, que é o resultado da adição de 3 vezes a quantidade recomendada pelo método SMP.

**Tabela 7.** Resultados analíticos de algumas propriedades químicas dos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupancireta na profundidade de 0-15 cm, 80 meses após a calagem (Vacaria, Guabiá e Tupancireta, 1976)

Solo	Doses de calcário (t/ha)	Determinações <sup>1/</sup>										N.C. <sup>2/</sup> pH 6,5 (t/ha)		
		pH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	S	Mn <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	GTC efet. vA	Mn <sup>++</sup> pHM	Sat. de bases	Sat. Al <sup>+++</sup>	Sat. Mn <sup>++</sup>	
(mo/100 g do solo)												-(%)		
Vacaria	0,0	4,6	1,0	0,3	0,2	1,5	0,18	4,4	6,08	49,0	24,7	72	3,0	5,9 >17,0
	20,0 <sup>3/</sup>	5,8	9,7	0,8	0,2	10,7	0,06	0,2	10,96	17,0	97,5	2	0,5	5,9 2,9
	40,0	6,8	13,1	0,8	0,2	14,1	0,01	0,0	14,11	5,3	99,9	0	0,1	5,7 0,0
São Jerônimo	0,0	5,2	-1,7	1,1	0,3	3,1	0,14	0,5	3,74	38,9	82,8	13	3,7	3,0 2,3
	4,0 <sup>3/</sup>	5,6	2,4	1,6	0,3	4,3	0,12	0,1	4,52	32,5	95,1	2	2,7	3,1 1,2
	8,0	5,7	5,2	1,9	0,2	5,3	0,09	0,0	5,39	26,0	98,3	0	1,7	3,2 0,7
Tupancireta	0,0	4,7	0,6	0,3	0,1	1,0	0,20	0,8	2,00	54,7	50,0	40	10,0	0,5 1,9
	2,4 <sup>3/</sup>	5,1	1,2	0,5	0,1	1,8	0,18	0,3	2,28	50,3	78,9	13	7,9	0,6 1,1
	4,8	5,2	1,5	0,7	0,1	2,3	0,17	0,2	2,67	46,3	86,1	7	6,4	0,8 0,8

<sup>1/</sup> Média de 3 repetições

<sup>2/</sup> Necessidade de calcário pelo método SMP para pH 6,5

<sup>3/</sup> Dose recomendada de calcário pelo método SMP para pH 6,5

dice 3, são encontrados os resultados correspondentes a todos os tratamentos.

Os dados da Tabela 7 e Apêndice 3, permitiram verificar a ocorrência de sensíveis modificações em algumas características químicas dos solos, tais como pH e CTC e teores de Al, Ca, Mg e Mn trocáveis que serão comentadas oportunamente. Verificou-se conforme já esperado, sempre ter ocorrido o aumento dos valores de pH, CTC, Ca e Mg e decrescido os referentes a Al e Mn, na presença de doses crescentes de calcário, fato confirmado por muitos pesquisadores como COLEMAN et alii (1959), KAMPRATH (1967) e SIMAN et alii (1971).

Os valores de pH e os teores de Ca trocável do solo Vacaria, influenciados pelas doses crescentes de calcário, permaneceram elevados se comparados aos dos solos São Jerônimo e Tupanciretã, indicando tratar-se de um solo dotado de boa capacidade de troca de cátions. COLEMAN E THOMAS (1967), tentaram explicar tal comportamento pela possível formação de novos sítios de troca nos minerais presentes no solo em função da elevação do pH. Outra justificativa cabível nesta situação, ainda é o elevado teor de matéria orgânica encontrado no solo Vacaria em relação aos demais, pois segundo KAMPRATH (1967), a CTC efetiva da matéria orgânica do solo por ser dependente de pH, aumenta com a elevação do mesmo.

Os teores de Mg trocável nos três solos, mostraram tendência semelhante a constatada para o Ca, porém com valores

**bem menores.** Os baixos teores de Mg, poderão ser resultado da pobreza do calcário utilizado em relação ao elemento, ou levado a taxa de dissolução deste elemento na forma de carbo  
nato, ser inferior a referente ao Ca nesta mesma forma (BARBER, 1967). Assim, o Ca poderá ter saturado com maior rapi-  
dez os sítios de troca oriundos da elevação do pH (COLE-  
MAN E THOMAS, 1967), em prejuízo do Mg com menor concentra-  
ção na solução do solo. Por outro lado, ficou prejudicada  
qualquer afirmativa pela falta de dados indicativos da compo  
sição química quantitativa do calcário utilizado.

Em relação ao Al trocável, foi constatada uma acentuada redução nos solos Vacaria e São Jerônimo, permanecendo elimi  
nado na maior dose de calcário. No solo Tupanciretã, em amo  
stras coletadas de parcelas que receberam o mesmo tratamento,  
foram encontrados teores que devido a baixa CTC deste solo,  
são considerados altos. Esta constatação parece evidenciar,  
ser o efeito residual do cálculo menor em solo Tupanciretã  
que nos outros dois solos.

Os aumentos dos teores de Ca e Mg trocáveis já discuti-  
dos anteriormente, refletiram-se no aumento da CTC efetiva  
nos três solos. A diferença do comportamento desta nos mes-  
mos, foi parcialmente justificada quando comentados os aumen  
tos dos teores de Ca e Mg trocáveis, em função das doses de  
calcário. KAMPF (1971), ao estudar a mineralogia do solo Va-  
caria, determinou a predominância de caulinita acompanhada

de materiais amorfos, minerais de camada mista e óxidos de ferro livre. Nestes minerais, COLEMAN E THOMAS (1967), sugerem a possibilidade dos hidróxidos-sesquióxidos de Fe e Al, pela elevação do pH, ganharem oxidrílas e ao perderem cargas positivas, liberarem sítios de troca de cátions, em função das cargas dependentes de pH. Ainda em solo Vacaria, KAMPF E KLAMT (1977), constataram teores de 12 a 15% de óxidos de ferro livre e relataram que a remoção destes óxidos provocou um aumento significativo na CTC, por estarem os sítios de troca em condição original, revestidos pelos citados óxidos. A análise mineralógica do solo São Jerônimo, revelou a ocorrência de argilo-minerais de composição caulinita, montmorilonita e ilita, com alguma camada mista ilita-montmorilonita (MELLO et alii, 1966). Esta composição mineralógica associada ao teor médio de matéria orgânica, determinaram a menor CTC deste solo quando comparado ao Vacaria. DREWS (1977), ao estudar a mineralogia do solo Tupanciretã, constatou a presença predominante de minerais caulinitíticos nas áreas bem drenadas e outros de camada mista, além do quartzo. Sendo um solo, no qual predomina a caulinita e areias quartzosas e ainda dotado de baixo teor de matéria orgânica, são lógicos os baixos valores de CTC efetiva conforme constante na Tabela 7.

Considerando os teores elevados de Mn nos solos, especialmente no Tupanciretã onde chega a alcançar 10% da capacida

de de troca de cátions, é possível que a toxidez deste elemento se manifeste com maior intensidade. A % de saturação do Al é considerada um bom indicador da concentração do elemento na solução do solo (EVANS E KAMPRATH, 1970), não parecendo absurda a hipótese de que o mesmo ocorra com o Mn. O assunto não encontra subsídio em literatura de química de solo, mas isto não impede chamar a atenção do fato e sugerir pesquisas neste sentido, principalmente em solos de baixa CTC.

Os teores de Mn trocável, em todos os solos na ausência do calcário são considerados tóxicos, por assumirem valores bem superiores a faixa de 20 a 25 ppm, acima da qual se manifesta a toxidez do elemento para muitas culturas, segundo VOLKWEISS E LUDWICK (1969). Na presença de calcário, constatou-se redução dos teores de Mn nos três solos, com especial enfase no Vacaria, onde a maior dose fez decrescerem a valores próximos de 2,5 ppm, sugerido por KLAMT (1969), como possível limite de deficiência. Nos solos São Jerônimo e Tupanciretã, mesmo com a aplicação do calcário, os teores de Mn trocável mostraram-se sempre acima do limite de toxidez. A redução de teores de Mn em solos do Rio Grande do Sul, sob o efeito da calagem foi também constatada, em trabalhos executados por VOLKWEISS (1970), KORNELIUS (1972), PONS (1974) e SCHOLLES (1975). A falta de resultados analíticos em amostras anteriores de solo, impossibilitou verificar se os valores, em alguma oportunidade estiveram inferiores aos da última

ma amostragem, principalmente logo após a calagem. Mais uma vez, pelo comportamento do Mn trocável no solo Vacaria em relação aos demais, têm-se evidência que o efeito residual do calcário, é menor nos solos com textura mais grosseira e que depende das quantidades aplicadas.

As necessidades de calcário em função das doses do corretivo permaneceram baixas nos três solos, sugerindo um razoável efeito residual. O percentual de calcário à repor em relação a quantidade prevista no início dos experimentos, é de 14,5% para o solo Vacaria ( $NC = 20$  t/ha), 30% para o solo São Jerônimo ( $NC = 4$  t/ha) e 45% para o solo Tupanciretã ( $NC = 2,4$  t/ha). Estes resultados indicam que as calagens deverão ser mais frequentes em solos com baixa NC e textura arenosa. A indicação é justificada pelas considerações feitas anteriormente em relação a CTC efetiva dos solos em estudo.

A Tabela 7, mostra que a necessidade de calcário na testemunha dos solos São Jerônimo e Tupanciretã, não coincide com as determinações no início dos experimentos. No solo Vacaria, a necessidade de calcário continua superior a 17 t/ha, não sendo possível assim, detectar alguma diferença para mais ou para menos, sendo porém menores nos outros dois solos. Nos solos São Jerônimo e Tupanciretã, nota-se uma pequena redução no teor de M.O. na testemunha em relação aos outros tratamentos. É pouco provável que isto seja a única causa da diferença verificada na necessidade de calcário. Outra

possibilidade consiste em perda por erosão, de partículas finas durante o período experimental, uma vez que os solos foram submetidos a diversos preparos e cultivados durante certo período com culturas abertas, não tendo havido um bom estabelecimento das mesmas. Uma terceira causa poderia ter eventualmente contribuído para explicar a redução da necessidade de calcário. Na determinação da necessidade de calcário pelo método SMP, a diferença de um décimo de unidade no pH poderá conduzir a um erro mínimo de 0,2 t/ha até um máximo de 2,0 t/ha, dependendo da faixa de menor ou maior tamponamento, conforme pode ser observado no Apêndice 4.

#### 4.1.2. Estudo do efeito residual da calagem durante o período experimental

O efeito do calcário no solo não é permanente, pois o corretivo sofre transformações para compostos mais solúveis ao reagir com substâncias ácidas do solo, aliado a perdas que podem ser por erosão, lixiviação e remoção de culturas.

As perdas por remoção parecem inevitáveis, mesmo com a incorporação da resteva. Perdas por erosão superficial quando esta é controlada, podem ser reduzidas. As resultantes da percolação ou lixiviação, constituem fator praticamente incontrolável, apesar de favoráveis ao melhor crescimento do sistema radicular das plantas (HOURIGAN et alii, 1961 e LUTZ

E JONES, 1971).

A perda do efeito residual da calagem no tempo, foi observada no presente trabalho através do comportamento dos válores de pH, Ca + Mg trocáveis e da necessidade de calcário, obtidos nas diferentes épocas de amostragem (0-15 cm). Nas Figuras 1 a 11, estão representadas as modificações ocorridas nestas propriedades químicas dos solos, em função das doses de calcário. Nos Apêndices 5, 6 e 7, são encontrados os resultados analíticos utilizados para a construção das figuras.

Observando as Figuras 1, 2 e 3, nota-se que as curvas de pH correspondentes às três doses de calcário, seguem a mesma tendência. A análise da curva correspondente a quantidade de calcário indicada pelo método SMP, forneceu uma noção de conjunto do comportamento das três doses. No solo Vacaaria (Figura 1), verificou-se uma elevação brusca do pH após decorridos 2 meses, permanecendo aproximadamente estável até 39 meses, declinando suavemente até a última amostragem. A relativa estabilidade da curva do pH neste solo, pode-se atribuir às elevadas doses aplicadas e ao grande poder tam-pão deste solo. Também no solo São Jerônimo (Figura 2), nota-se uma elevação brusca do pH, 2 meses após a aplicação do corretivo, sofrendo apenas pequenas variações até o término do experimento. Considerando que a diferença entre o valor do pH mais alto e o do término do experimento, ser relativamente

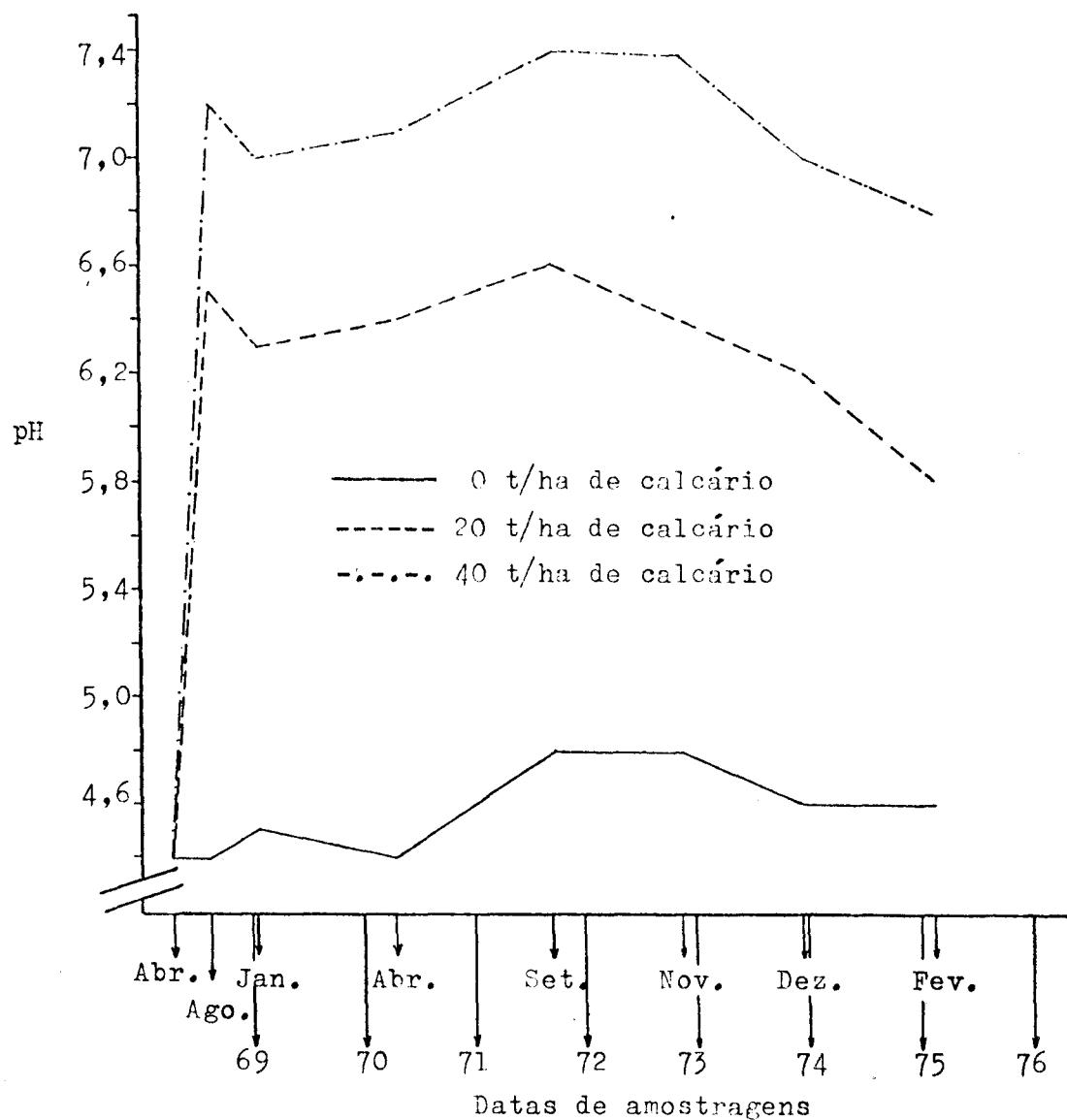


Figura 1. Modificações ocorridas no pH do solo Vacaria em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Vacaria, 1969/76)

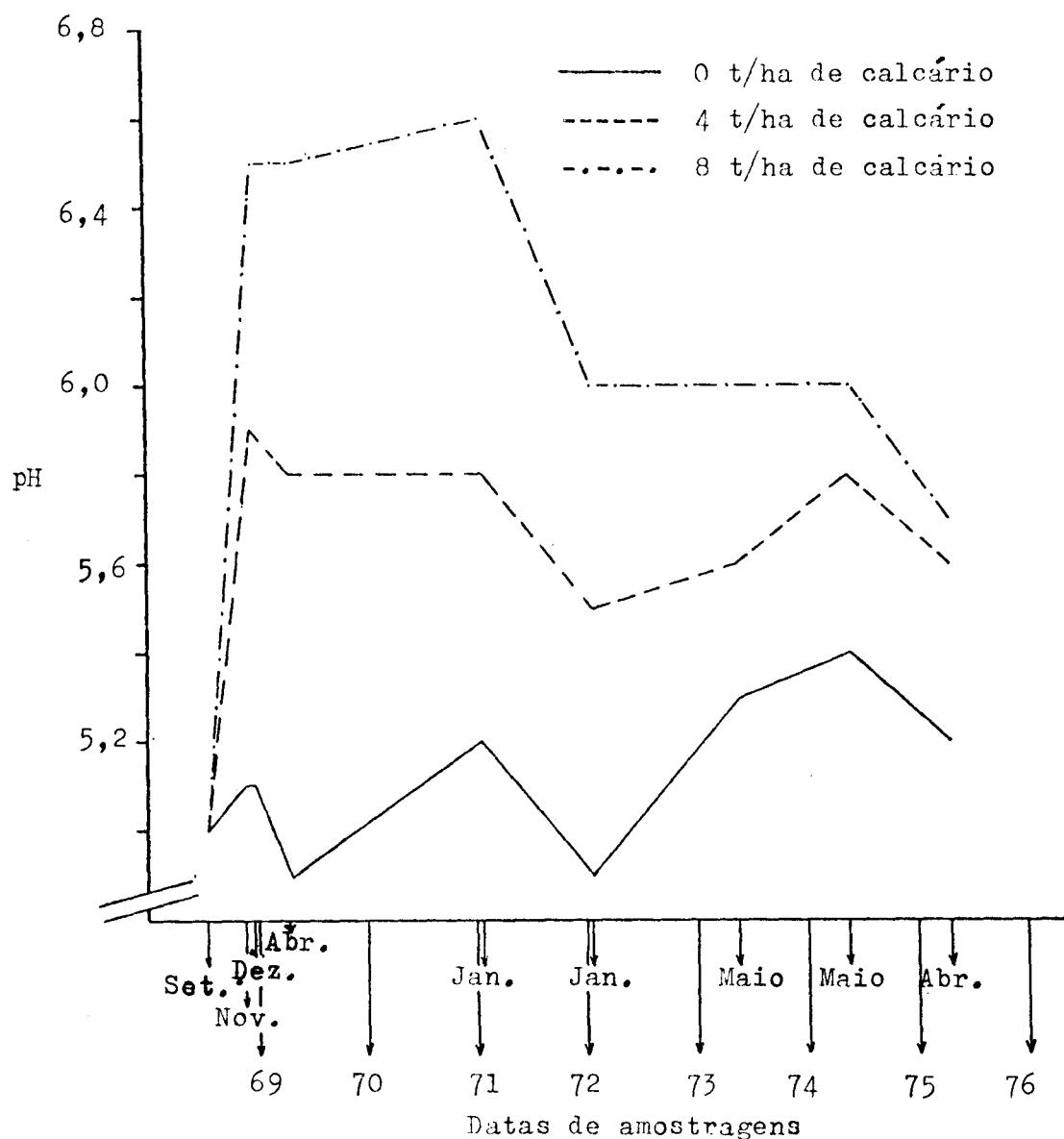


Figura 2. Modificações ocorridas no pH do solo São Jérônimo em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Guaíba, 1969/76)

mente pequena, pode-se afirmar que o efeito residual da calagem, também neste solo é satisfatório. No solo Tupanciretã (Figura 3), observa-se que somente decorridos 51 meses, o pH atingiu seus valores mais elevados, tendo portanto um comportamento diferente dos solos Vacaria e São Jerônimo. A lenta reação do calcário é justificável pela composição granulométrica, mineralógica e baixos teores de M.O., associado a baixa disponibilidade de água durante certos períodos. A reação do calcário no solo fica diretamente dependente de sua solubilidade, que é baixa. Alcançando os valores máximos, verifica-se uma redução acentuada, sugerindo que devido a sua pequena capacidade de troca de cátions, haja uma acentuada perda de Ca e Mg.

A rápida elevação do pH nos solos Vacaria e São Jerônimo, certamente exerce reflexos benéficos no aumento da produtividade destes dois solos em comparação ao Tupanciretã. Neste caso, culturas exigentes à condições de alto pH, quando implantadas em período de tempo após a calagem, não suficiente para a elevação ao pH adequado, serão prejudicadas no seu estabelecimento.

Em face dos resultados obtidos no presente trabalho, parece evidente que o método SMP subestimou a necessidade de calcário para os solos São Jerônimo e Tupanciretã. No primeiro somente com o dobro da quantidade, foi obtido o pH 6,5 e no segundo nem com esta. Sugere-se mais pesquisa sobre cala-

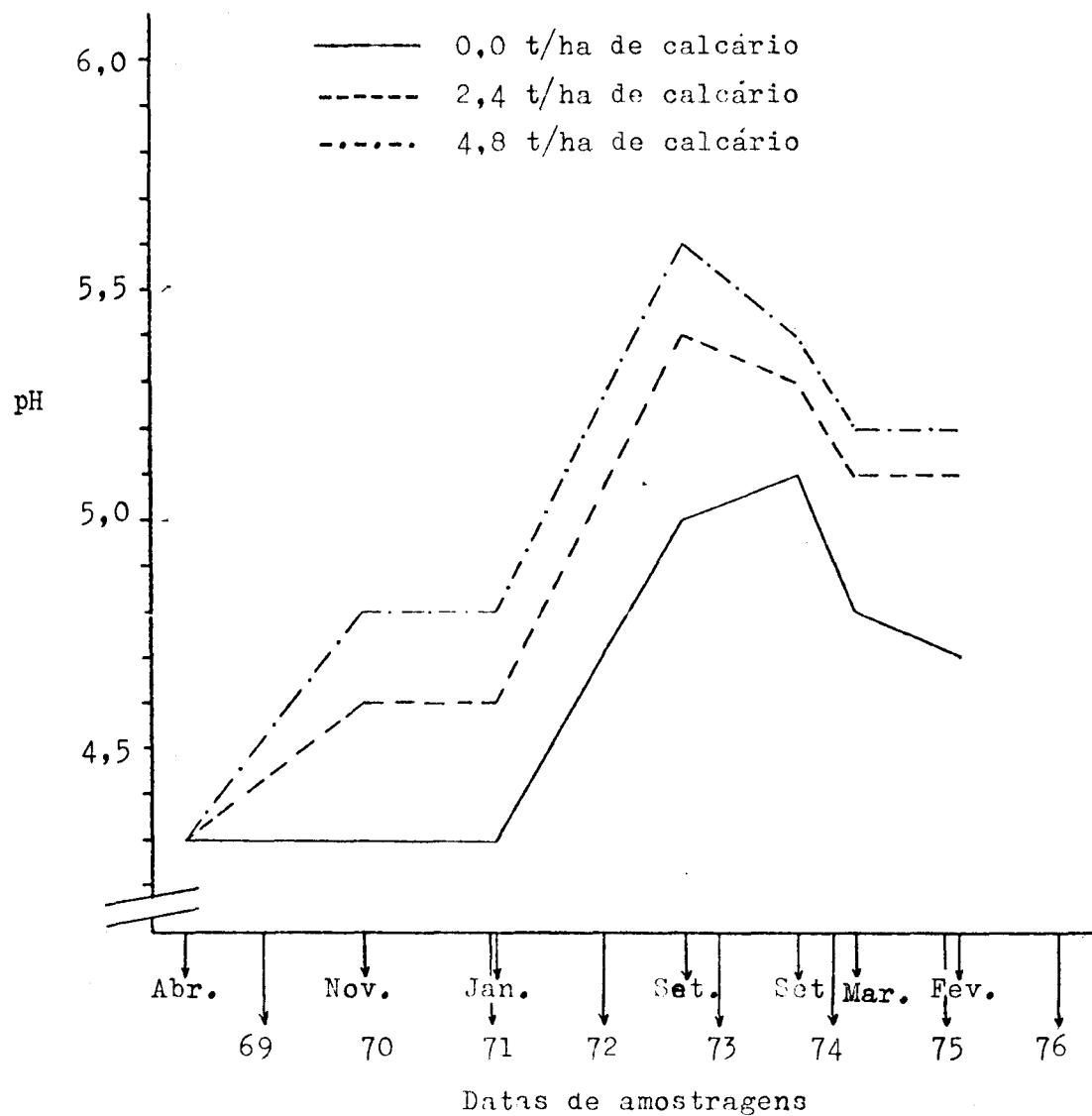


Figura 3. Modificações ocorridas no pH do solo Tupanciretã em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Tupanciretã, 1969/76)

gem em solos com baixa CTC, principalmente em relação a composição granulométrica do corretivo para ser utilizado em só solos com essa característica e frequência de aplicação.

Os teores de Ca + Mg trocáveis nos solos Vacaria (Figura 4) e São Jerônimo (Figura 5), sofreram decréscimos praticamente a curto prazo após a aplicação do calcário. Esta informação não foi possível no solo Tupanciretã, pela falta de dados a respeito. Esta constatação, permite admitir a possibilidade de ter havido perdas dos elementos por lavagem da camada superficial dos solos (BROWN et alii, 1956), associando a extração pelas culturas e transferência para camadas inferiores. Comportamento semelhante em laboratório foi observado por BARRETO et alii (1973), ao relatarem que independentemente das classes de solos estudados, o calcário das maiores doses (equivalentes a 3 e 4 vezes o teor de Al trocável), atingiu em maior ou menor quantidade os primeiros 10 cm do horizonte B, dependendo dos valores de Al e H trocáveis do horizonte A.

No solo Vacaria (Figura 6), a necessidade de calcário na ausência do corretivo, manteve-se constante durante o período experimental, enquanto nos solos São Jerônimo (Figura 7) e Tupanciretã (Figura 8), ela mostrou uma variação com tendência de redução dos valores analíticos após decorridos 80 meses da calagem. As possíveis razões para explicar tal fa-

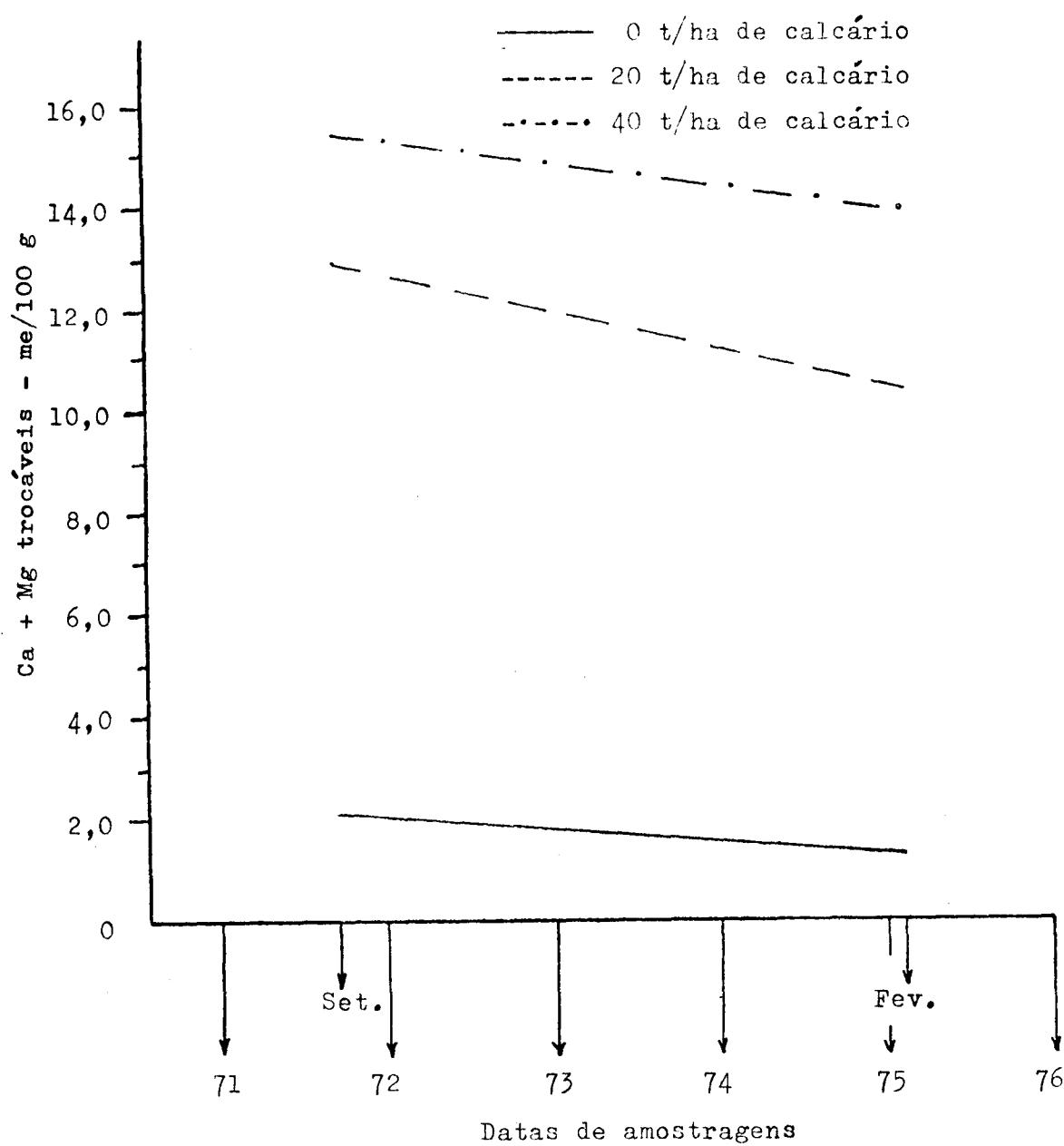
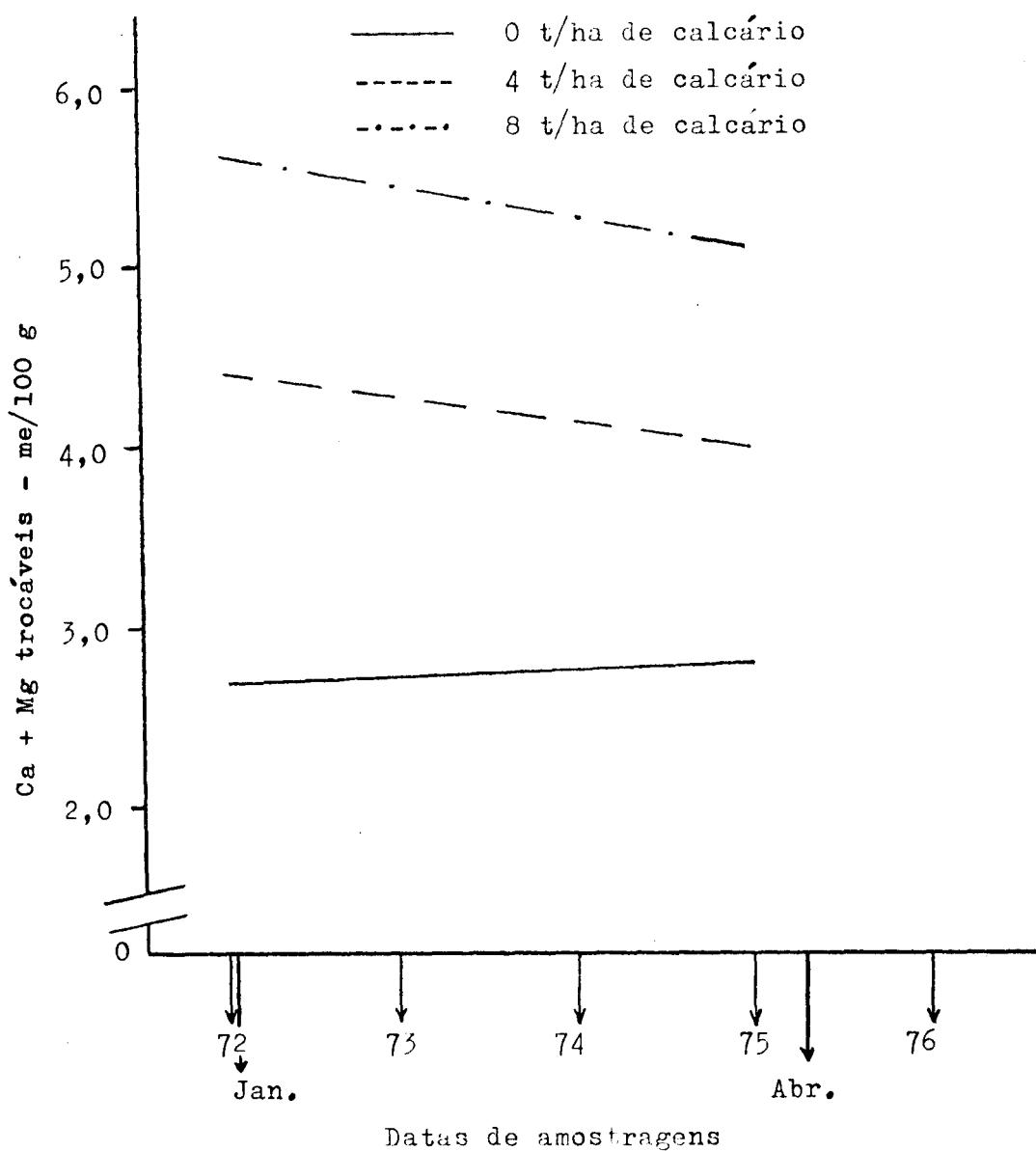


Figura 4. Modificações ocorridas nos teores de Ca+Mg trocáveis no solo Vacaria em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Vacaria, 1972/76)



**Figura 5.** Modificações ocorridas nos teores de Ca+Mg trocáveis no solo São Jerônimo em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Guaíba, 1973/76)

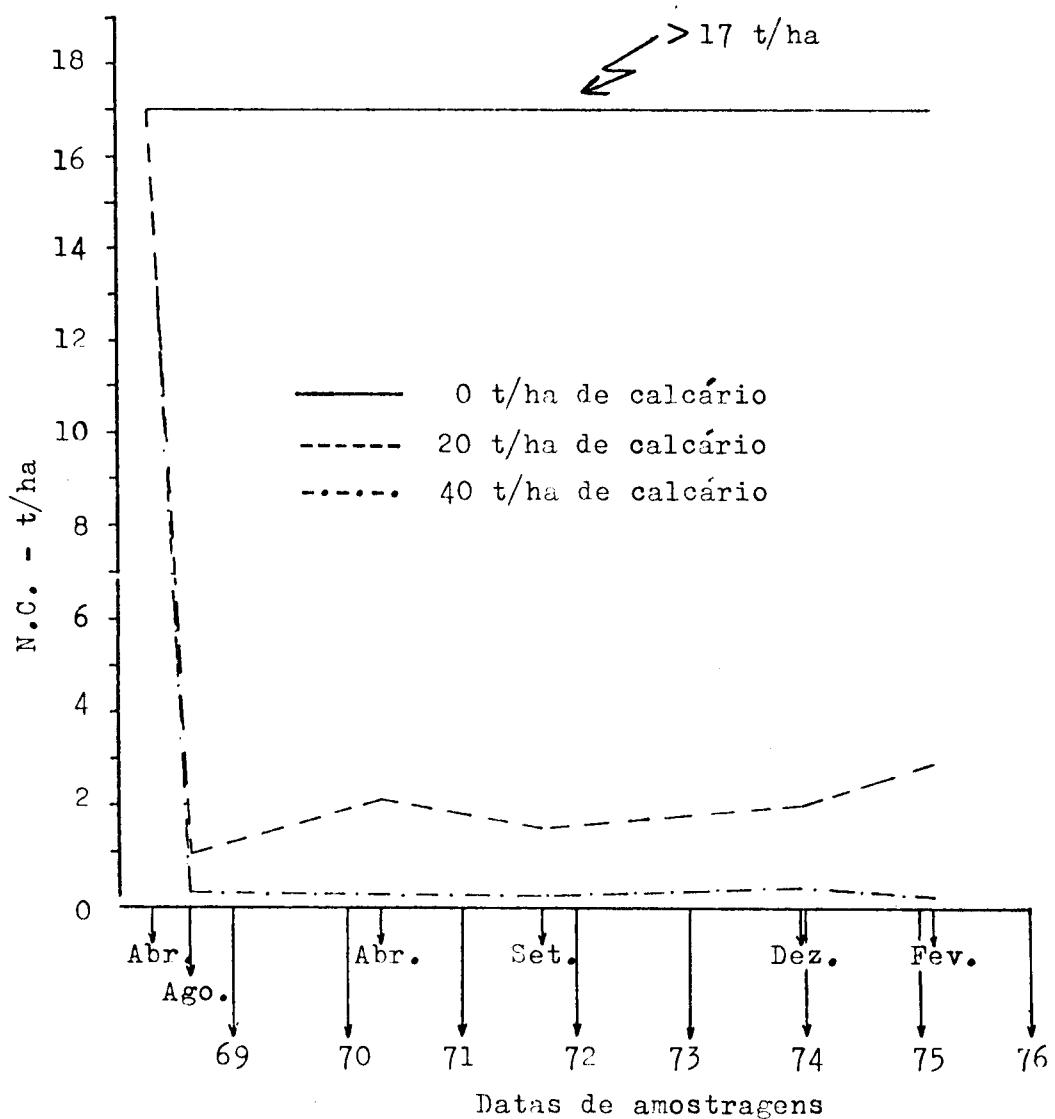
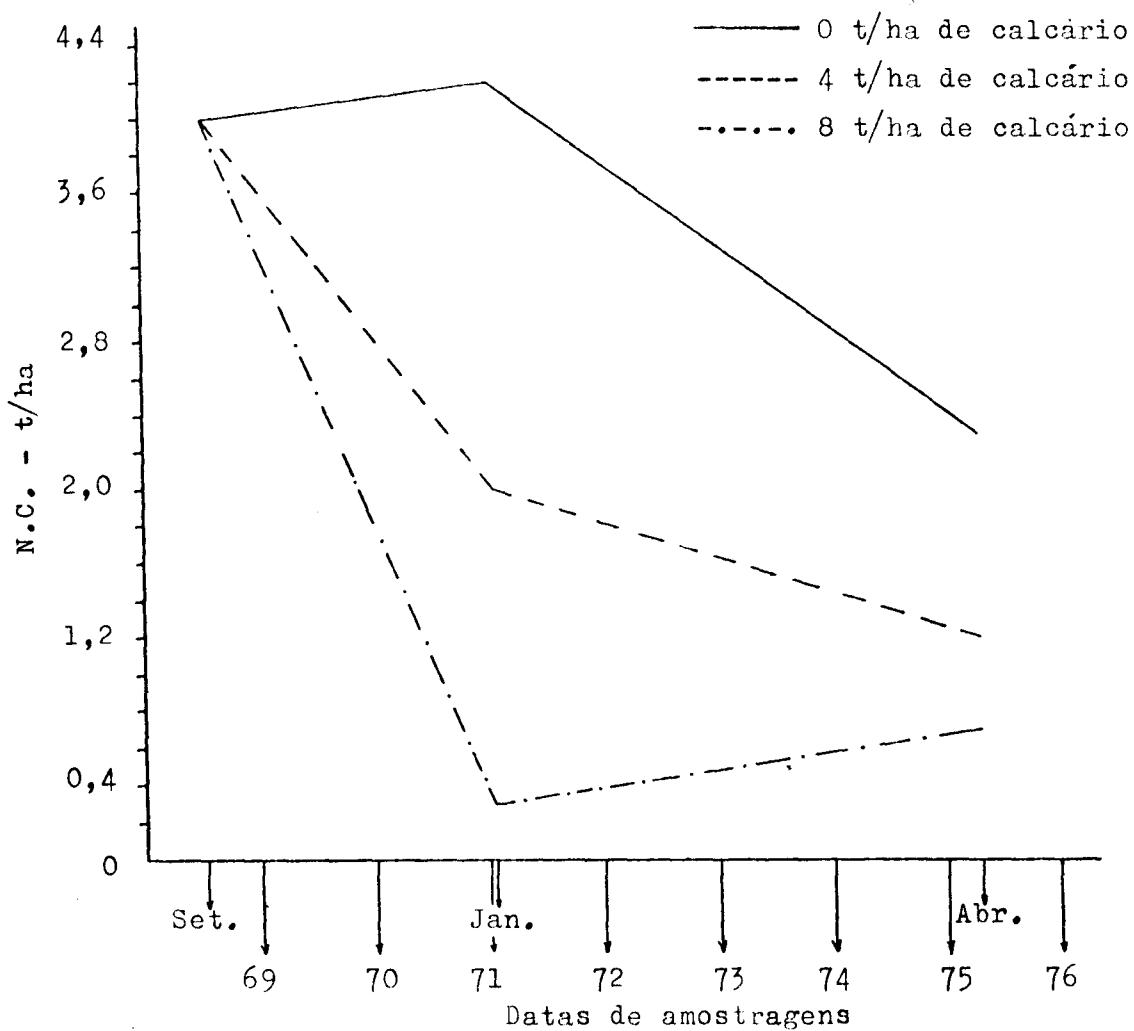


Figura 6. Modificações ocorridas na necessidade de calcário no solo Vacaria em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Vacaria, 1969/76)



**Figura 7.** Modificações ocorridas na necessidade de calcário no solo São Jerônimo, em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Guaíba, 1969/76).

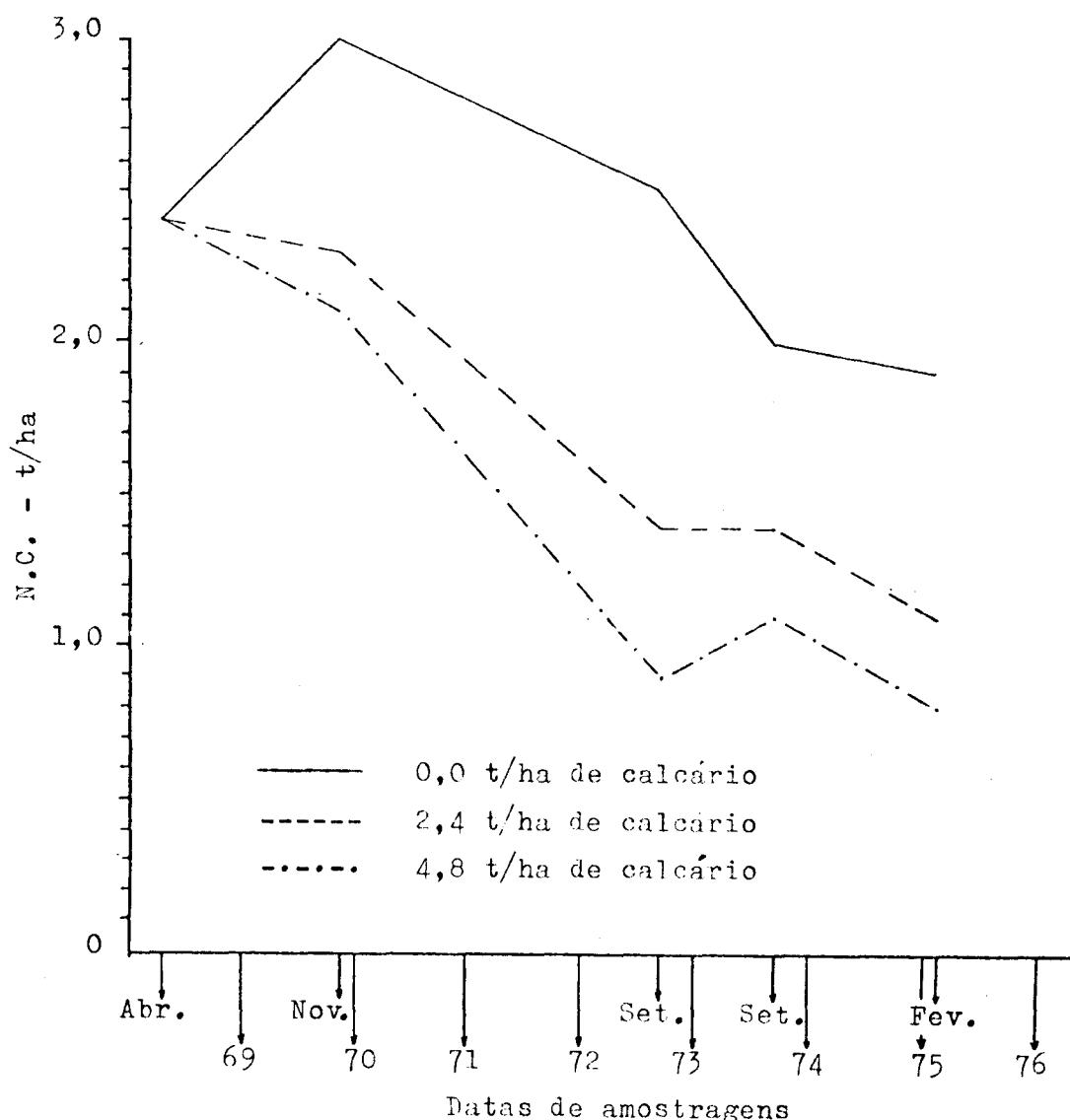


Figura 8. Modificações ocorridas na necessidade de calcário no solo Tupanciretã em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Tupanciretã, 1969/76)

to, já foram discutidas em capítulo anterior. No solo Vacaria, a dose recomendada de calcário mostrou sempre baixa necessidade do corretivo, com suave tendência à aumentar no decorrer do período experimental. O dobro desta dose tornou inexistente esta necessidade em igual período. No solo São Jerônimo, a tendência do aumento da necessidade de calcário verificada na maior dose aplicada, leva a indicar a possibilidade da ocorrência de maiores perdas de calcário quando em comparação com a dose recomendada (BROWN et alii, 1956 e GAMMON E BLUE, 1968), devendo o mesmo acontecer com o solo Vacaria, porém mascarada pelas elevadas doses de calcário aplicadas. No solo Tupanciretã, verificou-se a redução generalizada da necessidade de calcário em todos os tratamentos, no decorrer de 80 meses. As possibilidades de explicar esta redução, foram abordadas anteriormente.

Considerando que principalmente em solos com alto poder tampão, a leitura do pH SMP tem que ser feita com o maior cuidado possível por razões já comentadas e que em solos arenosos quando submetidos a cultivos sucessivos, existe a possibilidade da redução da M.O. e perda de frações finas, esta determinação não constitue um bom indicador da perda do efeito residual da calagem. Os resultados obtidos na presente pesquisa, contestam a opinião de alguns técnicos ao afirmarem que o método SMP superestima a necessidade de calcário em solos submetidos a calagem anteriormente. A superestima-

ção deve ter origem na amostragem e/ou erros analíticos em laboratório.

Sendo um dos objetivos da calagem eliminar o Al trocável, procurou-se no presente trabalho observar, apesar do pequeno número de determinações, o retorno do mesmo durante o período experimental. O Al trocável nos solos Vacaria (Figura 9), São Jerônimo (Figura 10) e Tupanciretã (Figura 11), praticamente não variou com o tempo após a aplicação do calcário. Na suposição que só o Al trocável influísse negativamente na produtividade dos cultivos, o efeito residual do calcário estudado seria excelente para os solos Vacaria e São Jerônimo. No solo Tupanciretã, porém, mesmo com valores considerados baixos, sua participação na CTC ainda é alta e o efeito residual não seria satisfatório. Sob este aspecto, sugere-se mais pesquisa sobre o assunto em solo Tupanciretã.

As observações com referência a dose recomendada de calcário nestes solos, confere com o sugerido por VOLKWEISS E LUDWICK (1969), ao relatarem que novas aplicações do corretivo deveriam ser feitas em períodos de 4 a 5 anos após a inicial. Merece entretanto ressalvar que para solos com características semelhantes ao solo Tupanciretã, conforme visto neste trabalho, esta sugestão deverá sofrer revisão.

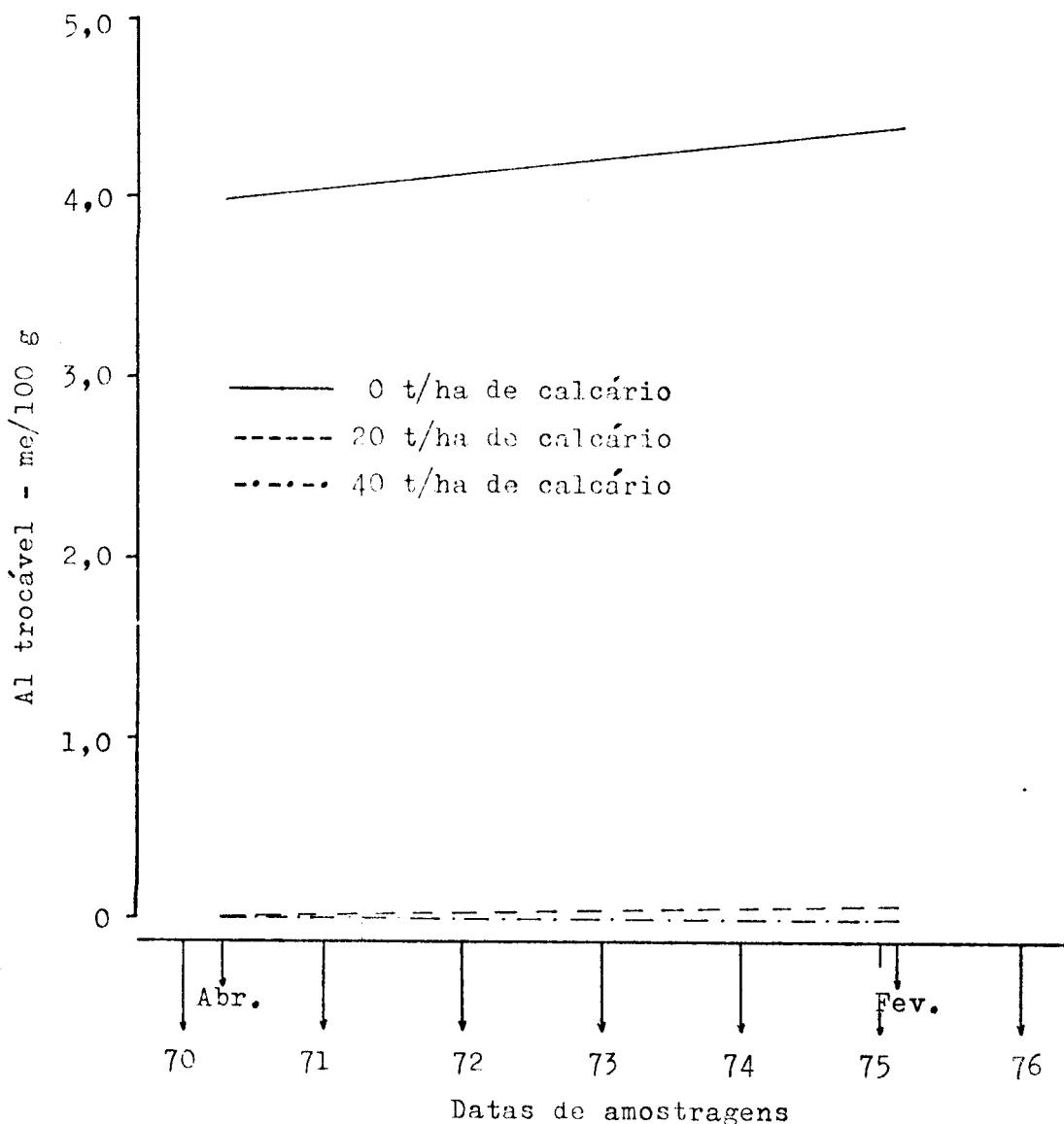


Figura 9. Modificações ocorridas nos teores de Al trocável no solo Vacaria em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Vacaria, 1971/76)

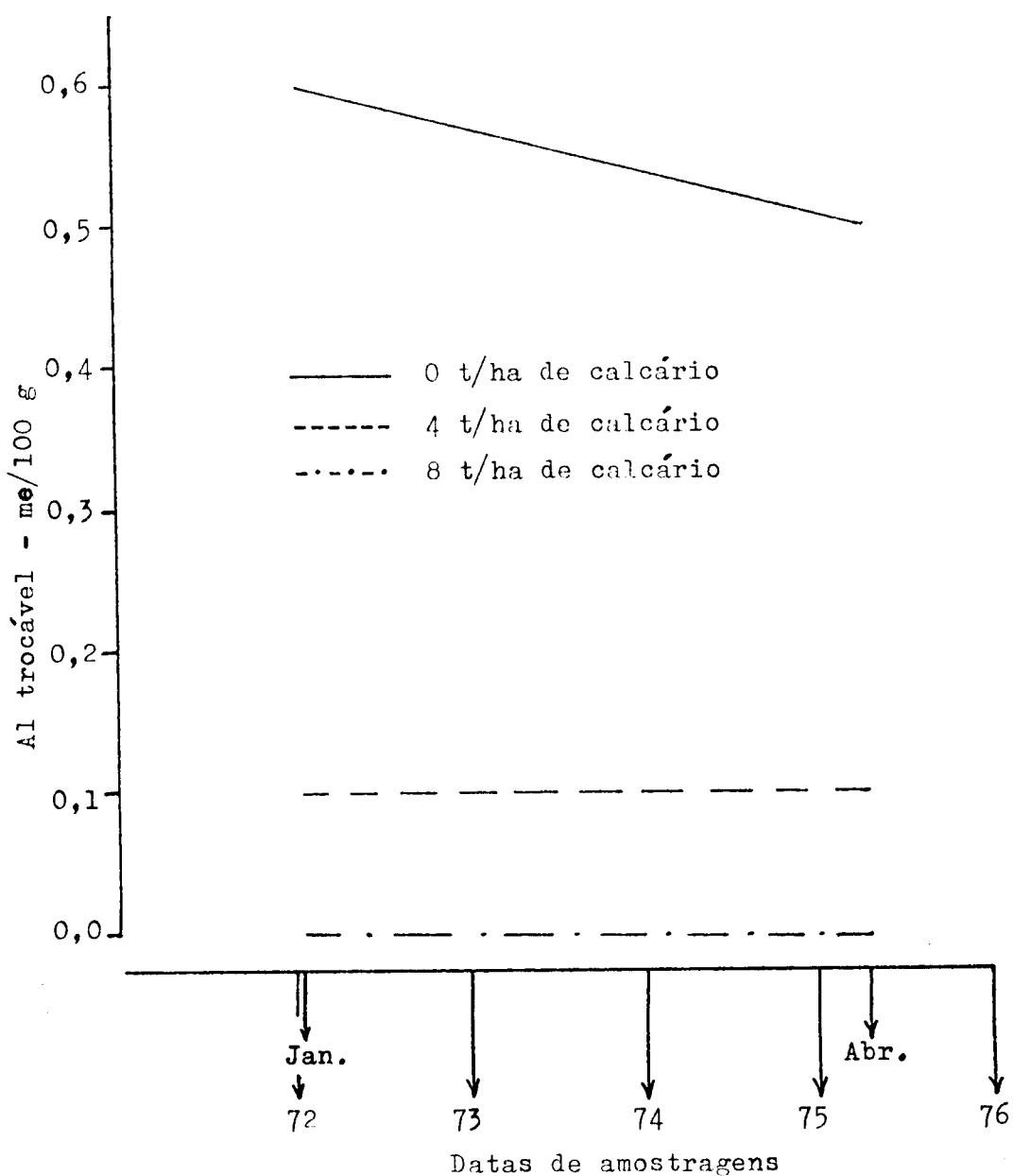


Figura 10. Modificações ocorridas nos teores de Al trocável no solo São Jerônimo em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Guaíba, 1973/76)

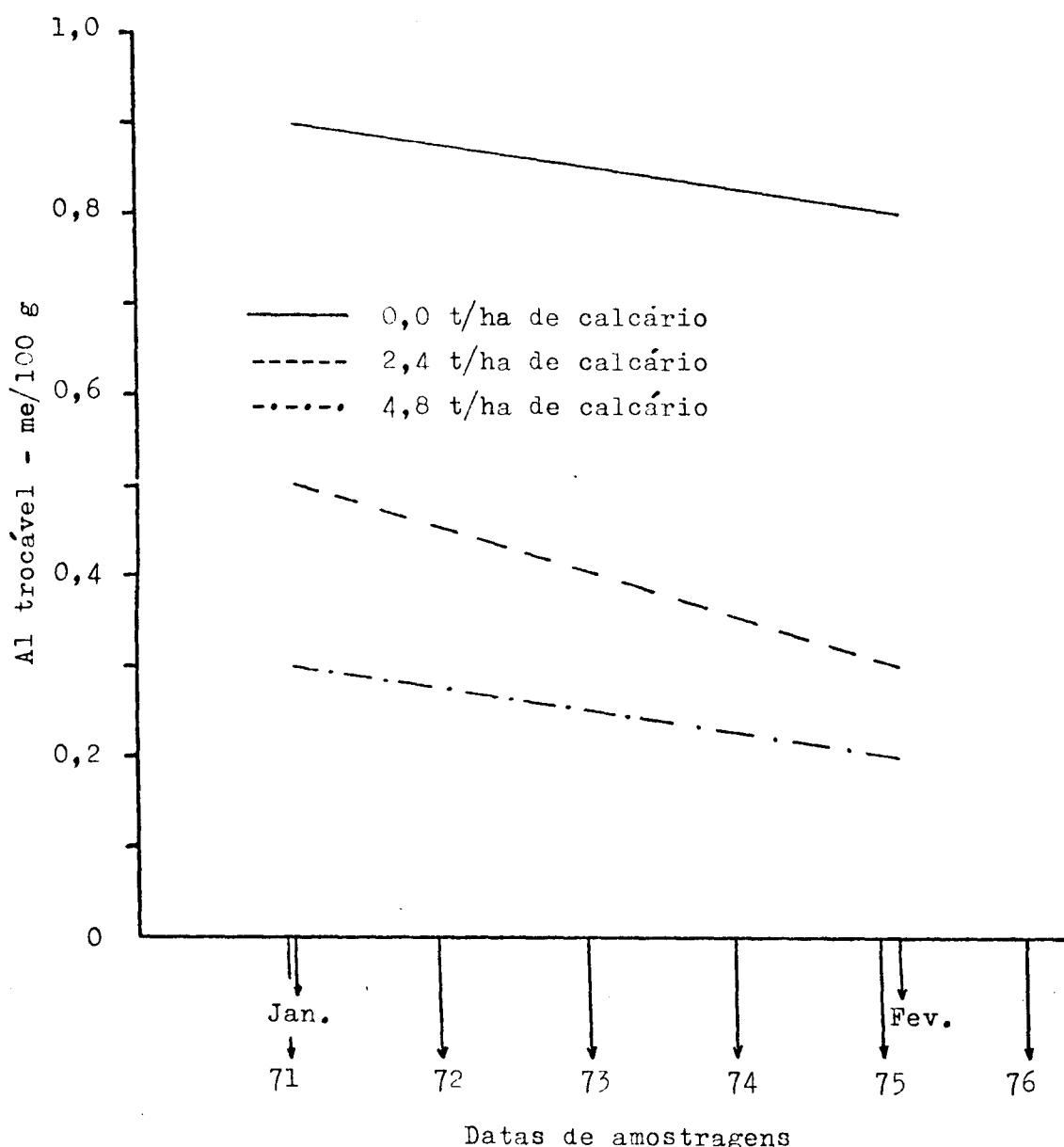


Figura 11. Modificações ocorridas nos teores de Al trocável no solo Tupanciretã em função das doses de calcário e das datas de amostragens (Tupanciretã, 1972/76)

#### 4.1.3. Estudo do efeito residual da calagem através do rendimento de culturas

Sob o ponto de vista agronômico a maneira mais eficiente de medir o efeito residual da calagem, é através de rendimentos de culturas. A utilização de calcário agrícola em maiores doses é relativamente recente no Brasil e sendo um insumo caro, justificam-se estudos que visam estabelecer critérios técnicos e econômicos para sua melhor utilização.

No trabalho em pauta, estudou-se o efeito residual da calagem através de culturas, possíveis de serem cultivadas com sucesso, em função das condições climáticas das regiões fisiográficas, onde ocorrem os solos do presente trabalho. Os rendimentos das diferentes sucessões de culturas constam nas Tabelas 8, 9 e 10 e nos Apêndices 8 a 27 incluídas as análises estatísticas.

Nas três culturas utilizadas no solo Vacaria, o efeito do calcário sobre os rendimentos foi significativo (Tabela 8 e Apêndice 8, 9, 10, 18, 19, 20 e 21). Comparando os aumentos de rendimentos obtidos na dose recomendada de calcário e da testemunha na cultura do trigo, com os rendimentos obtidos nas mesmas doses na cultura da alfafa e do trevo branco, constata-se que nestas últimas culturas o efeito da calagem é muito mais expressivo. Considerando que as cultivares de trigo atualmente em uso no sul do Brasil, foram selecionadas

Tabela 8. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos da sucessão de culturas reagentes em solo Vacaria (Vacaria 1969/76)

Doses de calcário t/ha	Culturas			
	Trigo <sup>1/</sup> (Grão)		Alfafa <sup>2/</sup> (M.S.)	Trevo branco <sup>3/</sup> (M.S.)
	1º cultivo (1969)	2º cultivo (1970)		
kg/ha				
0	714 c*	608 c*	0 e*	42 e*
10	1520 a	1106 ab	4450 d	688 d
15	1432 a	1098 ab	4765 cd	862 bcd
20	1461 a	1130 ab	5515 ab	1000 abc
25	1423 a	1029 ab	5730 ab	770 cd
30	1253 b	839 bc	5257 bc	1109 ab
40	1435 a	1152 a	6282 a	1233 a

<sup>1/</sup>- ABRÃO (1974)

<sup>2/</sup>- Total de 5 cortes, PONS (1974), modificada a significância original ao nível de 1% para 5%

<sup>3/</sup>- Total de 1 corte

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan

em solos muito ácidos, fica evidenciado sua menor capacidade de resposta a calagem, quando comparadas com culturas calcícolas como é a alfafa e o trevo branco. Os resultados indicam que é possível obter rendimentos de trigo, satisfatórios com doses menores de calcário do que a recomendada e que os rendimentos não são afetados quando empregadas doses mais elevadas. Também ficou evidenciado que a calagem é imprescindível para o estabelecimento da alfafa e do trevo branco e que a dose recomendada, é adequada para estas duas culturas. Sendo ainda significativo o efeito do calcário sobre a produção do trevo branco e em função dos bons rendimentos obtidos após 80 meses da calagem, pode-se afirmar que é bom o efeito residual da calagem neste solo.

Para a sucessão de culturas no solo São Jerônimo, verificou-se que o efeito do calcário não foi significativo sobre os rendimentos da soja (Tabela 9 e Apêndices 11 e 22). Sendo a soja uma cultura que normalmente responde bem a calagem, é possível que algum outro fator tenha mascarado a resposta. Considerando que a cultivar empregada era a recomendada e que as condições de fertilidade do solo eram aparentemente adequadas, são baixos os rendimentos obtidos quando comparados aos normalmente verificados na região (GOEFFERT et alii, 1974). Tratando-se de cultura anual e de ciclo relativamente curto, a falta de dados climatológicos dificultam a interpretação do ocorrido. Semelhante ao experimento de Va-

Tabela 9. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos da sucessão de culturas reagentes, em solo São Jerônimo (Guaíba 1969/76)

Doses de calcário t/ha	Culturas		
	Soja <sup>1/</sup> (grão)	Alfafa <sup>2/</sup> (M.S.)	Mistura <sup>3/</sup> forrageira <sup>3/</sup> (M.S.)
----- kg/ha -----			
0	1216	700 e <sup>*</sup>	10429 b <sup>*</sup>
2	1266	1490 d	10202 b
4	1246	3450 c	11542 ab
6	1276	5340 b	13831 a
8	1354	6280 a	13564 a

<sup>1/</sup>- Total de 1 cultivo

<sup>2/</sup>- Total de 7 cortes

<sup>3/</sup>- Total de 12 cortes

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais, não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan

caria, a alfafa respondeu marcadamente à aplicação de calcário (Tabela 9 e Apêndices 12 e 23). Os aumentos de produção foram grandes para as doses crescentes de calcário, conceituando a alfafa como uma cultura exigente em Ca e Mg e pH elevado.

Analizando a produção total (12 cortes) da mistura forrageira para cada dose de calcário, destaca-se o grupo relativo às doses mais altas (Tabela 9 e Apêndices 15 e 25). Submetendo-se porém, os rendimentos dos 6 últimos cortes a análise da variância (Apêndices 14 e 24), verificou-se que não havia significância para o efeito do calcário. Esta constatação permite levantar duas hipóteses: a) O efeito residual teria cessado após o 6º corte; b) A mistura forrageira teria entrado em degradação por falta de fósforo e/ou outros nutrientes. Observações visuais mostravam realmente um lento, mas constante aumento de espécies nativas na mistura implantada. O estabelecimento de uma cultura anual exigente em Ca e Mg e de grande potencial produtivo acompanhada de uma nova adubação, poderá esclarecer esta dúvida. Apesar das considerações feitas pode-se afirmar que é bom o efeito residual da calagem no solo São Jerônimo.

Das duas culturas usadas em solo Tupanciretã, somente os rendimentos da alfafa aumentaram significativamente com a aplicação do calcário em relação a testemunha (Tabela 10 e Apêndices 16 e 26). Não houve entretanto, diferença signifi-

Tabela 10. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos da sucessão de culturas reagentes, em solo Tupanciretã (Tupanciretã 1969/74)

Doses de calcário t/ha	Culturas	
	Alfafa <sup>1/</sup> (M.S.)	Capim de Rhodes <sup>2/</sup> (M.S.)
----- kg/ha -----		
0	3143 b*	2267 **
2,4	7091 a	2535
4,8	8536 a	2814

<sup>1/</sup>- Total de 13 cortes

<sup>2/</sup>- Total de 2 cortes

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais, não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan

\*\* - Não significativo

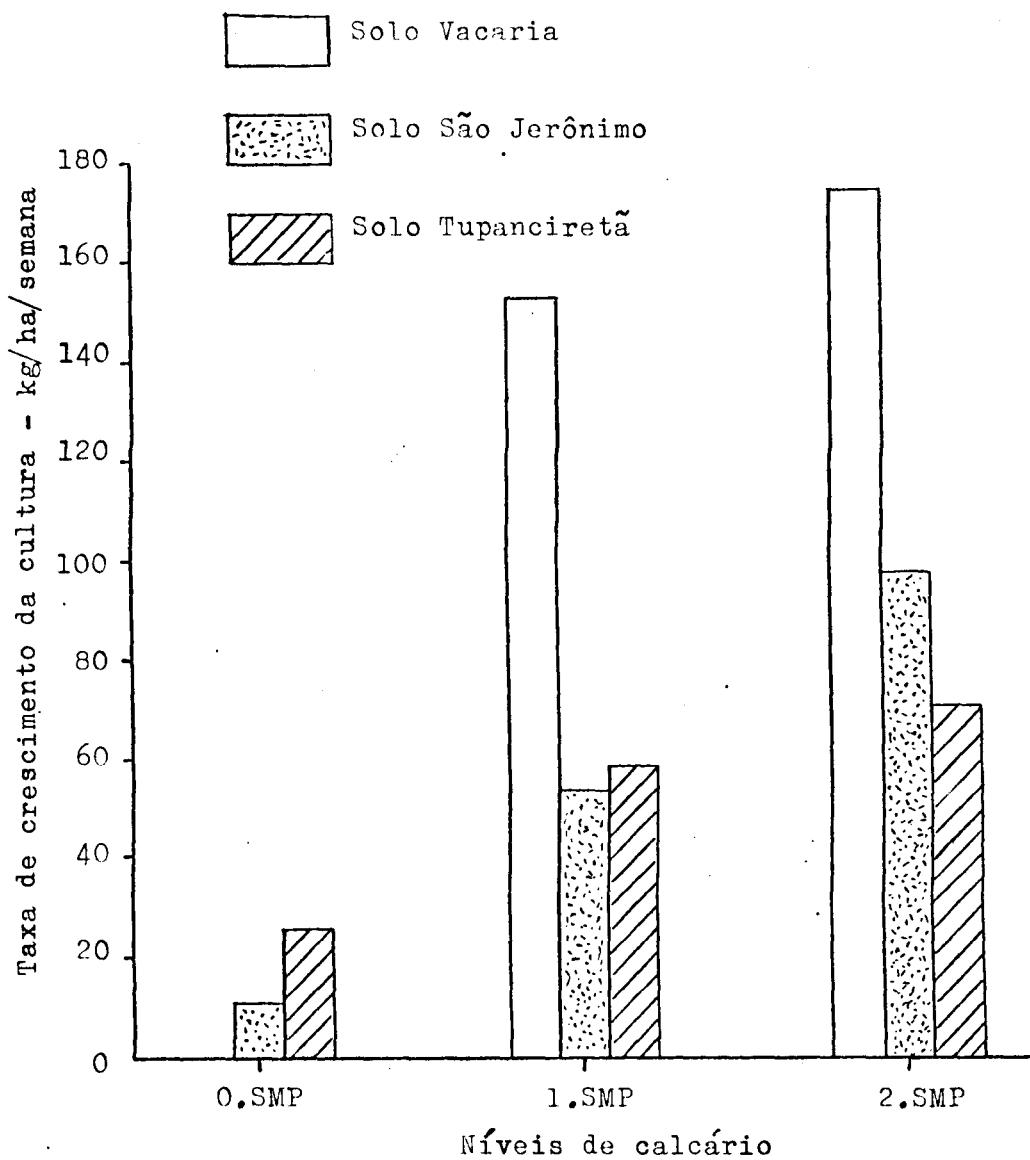
cativa entre a dose recomendada do corretivo e a sua maior dose. Considerando os rendimentos totais e os resultados das análises de solo efetuadas durante e após o período experimental, parecem lógicos os resultados obtidos. A lenta reatividade do calcário verificada neste solo, associada aos baixos valores de pH, Ca e Mg durante todo o período experimental, mesmo nas doses mais elevadas de calcário, justificam os baixos rendimentos e a tendência de nivelamento entre as produções na dose recomendada e no dobro desta. É surpreendente porém, a diferença entre a testemunha e a dose recomendada considerando os pequenos valores de Al no solo, mesmo em condições naturais. Os dados indicam que pelo menos para a cultura da alfafa o teor de Al no solo, não é o único responsável pela baixa produtividade. Na cultura do capim de "Rhodes", não foi verificado significância para o efeito do calcário sobre os rendimentos (Tabela 10 e Apêndices 17 e 27). Apesar de ser considerada uma cultura tolerante a acidez do solo, é pouco provável um efeito residual da calagem nesta fase do período experimental (Tabela 7 e Apêndice 3).

A alfafa foi integrante nas três sucessões de culturas já referidas. Sendo cultivada aproximadamente na mesma época, submetida a tratamentos semelhantes e mesma cultivar, tentou-se através dos rendimentos estabelecer comparações em relação a potencialidade dos solos para esta cultura. Chama-se atenção que outros fatores, como temperatura e luminosidade,

são também fatores de produção mas a tentativa parece válida. Na Figura 12, estão representadas as taxas de crescimento da alfafa em kg de matéria seca/ha/semana, obtidas nos três solos e em três níveis de calcário. Considerando-se os períodos de avaliação, 9 meses em Vacaria, 16 meses em Guaíba e 30 em Tupanciretã (Tabela 3), constatou-se que para o solo Vacaria essas taxas de crescimento, na dose recomendada e no dobro desta, alcançaram 153 e 175 kg de matéria seca/ha/semana respectivamente. Para o solo São Jerônimo, os valores foram de 54 e 98 e para o Tupanciretã de 59 e 71 kg de matéria seca/ha/semana, para 1 e 2 SMP, respectivamente. Estes resultados sugerem uma maior potencialidade de produção do solo Vacaria em relação aos demais, não se recomendando o cultivo da alfafa no solo Tupanciretã, por falta de um melhor critério sobre recomendações de calcário para este solo, associado a baixa capacidade de retenção de água do mesmo

#### 4.2. Transferência de cátions provenientes de calcário para camadas inferiores à de sua incorporação

A transferência de cátions (Ca e Mg) provenientes do corretivo aplicado ao solo, capazes de modificar a reação do solo em camadas inferiores é desejável. Frequentemente são encontrados solos em que o teor de Al trocável aumenta com a profundidade, evitando o desenvolvimento das raízes nesta direção. A possibilidade das raízes poderem explorar maior vo-



**Figura 12.** Taxa de crescimento da cultura da alfafa (kg de matéria seca/ha/semana) nos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupanciretã (Vacaria 1971/72, Guaíba 1970/72 e Tupanciretã 1969/72)

lume de solo é de particular importância em regiões onde a precipitação pluviométrica é irregular, trazendo como prejuízo problemas com a nutrição das plantas nos períodos críticos.

Um dos problemas em relação a calagem é a incorporação do corretivo. Os implementos agrícolas tradicionalmente usados para este fim, dificilmente conseguem incorporar o correto em uma camada mais espessa do que ao redor de 15 cm. Estando o desenvolvimento das raízes estreitamente relacionado com os teores de Al trocável no solo, estas ficam confinadas à camada corrigida, podendo haver por isto problemas sérios de disponibilidade de água, muitas vezes acompanhados de problemas fito-sanitários.

No presente trabalho, tentou-se diagnosticar a transferência de Ca e Mg trocáveis da camada superficial de aplicação do calcário (0-15 cm), para a camada imediatamente inferior (15-25 cm). Apesar da imperfeição da metodologia empregada, julgou-se que a tentativa era válida. A coleta de amostras em maiores profundidades, prejudicariam as parcelas experimentais que objetivavam outras informações nesta fase experimental. A dúvida que poderá ser levantada quanto a validade da amostragem feita no presente trabalho, é a possibilidade de contaminação da amostra coletada na profundidade de 15 a 25 cm, uma vez que o calcário poderia ter sido incorporado a uma profundidade superior a 15 cm, agravada pelos di-

versos preparos de solo a que foram submetidas as parcelas experimentais. Admitindo a possibilidade de contaminação na amostra coletada de 15 a 25 cm, esta seria próxima ao limite entre camadas e o efeito do calcário nas propriedades químicas dos solos seria diluído através da mistura com a totalidade da parte amostrada. Face ao exposto acima, nota-se a dificuldade de realizar estudos desta natureza a campo, pois torna-se difícil de estabelecer um critério de escolha de profundidades para a coleta de amostras. Estudos com colunas em laboratório poderia eliminar estes problemas apesar de suscitar outros.

Na Tabela II, são apresentados os resultados analíticos de algumas propriedades químicas, observadas nos três solos estudados e em relação as duas profundidades de amostragem, decorridos 80 meses da calagem. Nesta tabela, merecem maiores comentários os valores correspondentes a Ca, Mg e Al trocáveis, além do pH e CTC, por estarem diretamente relacionados com o efeito do calcário no perfil.

Observa-se que os teores de Ca e Mg trocáveis da camada mais profunda dos três solos, aumentou acompanhando as doses crescentes de calcário aplicado. Esta tendência indica a transferência de Ca e Mg para a camada inferior, mostrando um processo de lavagem nestes solos, causado provavelmente pela água de percolação. Processos de transferência de cátions em perfis de solo, foram também verificados por muitos

Tabela 11. Resultados analíticos de algumas propriedades químicas dos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupanciretã, nas duas profundidades de amostragem 80 meses após a calagem (Vacaria, Guivá e Tupanciretã, 1976)

Solo	Doses de calcário (t/ha)	Prof.	Determinações							
			pH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	S	Mn <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	CTC efectiva
(me/100 g de solo)										
Vacaria	0,0	0-15	4,6	1,0	0,3	0,2	1,5	0,18	4,4	6,08
		15-25	4,7	0,9	0,2	0,1	1,2	0,08	5,9	5,18
20,0*	0-15	5,8	9,7	0,8	0,2	10,7	0,06	0,2	10,96	5,9
		15-25	5,2	5,4	0,5	0,1	6,0	0,04	1,0	7,04
40,0	0-15	6,8	13,1	0,8	0,2	14,1	0,01	0,0	14,11	5,7
		15-25	6,2	9,5	0,5	0,1	10,1	0,01	0,1	10,21
São Jerônimo	0,0	0-15	5,2	1,7	1,1	0,3	3,1	0,14	0,5	3,74
		15-25	4,9	1,5	1,0	0,2	2,7	0,06	1,2	3,96
4,0*	0-15	5,6	2,4	1,6	0,3	4,3	0,12	0,1	4,52	3,1
		15-25	5,1	1,9	1,4	0,2	3,5	0,05	0,7	4,25
8,0	0-15	5,7	3,2	1,9	0,2	5,3	0,09	0,0	5,39	3,2
		15-25	5,4	2,4	1,8	0,1	4,3	0,05	0,2	4,55
Tupanciretã	0,0	0-15	4,7	0,6	0,3	0,1	1,0	0,20	0,8	2,00
		15-25	4,6	0,6	0,3	0,1	1,0	0,16	1,1	2,26
2,4*	0-15	5,1	1,2	0,5	0,1	1,8	0,18	0,3	2,28	0,6
		15-25	4,9	1,0	0,4	0,0	1,4	0,12	0,6	2,12
4,8	0-15	5,2	1,5	0,7	0,1	2,3	0,17	0,2	2,67	0,8
		15-25	5,0	1,2	0,5	0,1	1,8	0,11	0,5	2,41

\* Dose recomendada pelo método SMP (modificado) para pH 6,5

pesquisadores como ADAMS et alii (1967 a), ADAMS et alii (1967 b), FISKELL E CALVERT (1975), GAMMON E BLUE (1968) e JONES E LUTZ (1971), dentre outros.

As transferências de Ca e Mg trocáveis para a camada mais profunda no perfil dos três solos, representariam as perdas parciais do calcário aplicado no início dos experimentos. Estas perdas parecem mais elevadas com o aumento progressivo das doses de calcário, correspondendo ao observado por BROWN et alii (1956), ADAMS et alii (1967 b) e GAMMON E BLUE (1968).

Observou-se que o deslocamento do Ca no perfil, é mais acentuado no solo Vacaria decrescendo de intensidade no São Jerônimo e no Tupanciretã, talvez justificado através dos teores de M.O. que estes solos possuem. É provável que o nitrato, produzido pela nitrificação do elevado teor de M.O. do solo Vacaria, ao reagir com o calcário, tenha formado  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , composto muito solúvel e móvel no solo (ADAMS et alii, 1967 a), ocasionando o acentuado deslocamento do Ca no perfil. Esta possibilidade parece mais aceitável, pois a formação do  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , pela ação da água carbonatada existente no solo (BROWN et alii, 1956), necessitaria de uma alta pressão de  $\text{CO}_2$ , não ocorrente no solo em condições naturais. Havia acréscimos nos teores de Ca e Mg trocáveis no perfil, também deverão aumentar os valores de pH e CTC efetiva na camada de 15 a 25 cm nos tratamentos com calcário em relação a

testemunha.

As modificações sofridas pelo Al trocável e CTC efetiva na camada mais profunda, foram decorrentes da elevação do pH, cujo efeito já foi constatado por vários pesquisadores, dentre os quais ADAMS et alii (1967 a), ADAMS et alii (1967 b), BROWN et alii (1956), FISKELL E CALVERT (1975) e JONES E LUTZ (1971). A elevação do pH segundo HOURIGAN et alii (1961) e LUTZ E JONES (1971), proporcionou melhores condições de assimilação de nutrientes pelas plantas, como favoreceu o maior crescimento do sistema radicular, aumentando o volume de solo explorado pelas raízes.

Visto o significado agronômico desta transferência de cátions, sugere-se que outros estudos no futuro sejam conduzidos, utilizando amostragens de solo feitas a maiores profundidades e técnicas mais adequadas em estudos específicos.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir o seguinte:

- a) O efeito residual da calagem avaliado através de análises químicas do solo e rendimento das culturas está relacionado às distintas classes texturais.
- b) Existe boa associação entre o efeito residual da calagem avaliado através de análises químicas de solo e o rendimento das culturas.
- c) Corrigida a acidez, o potencial de produção dos solos está relacionado às distintas classes texturais.

## 6. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABRÃO, J.J.R. 1974. Avaliação do efeito residual da calagem e da adubação fosfatada num oxisol (unidade de maneamento Vacaria), durante três anos de cultivo. 71f. Tese (Mestr. Agron. - Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1974./Não publicada/.
- ABRUNHA, Fernando; PEARSON, Robert W.; ELKINS JR., Charles B. 1958. Quantitative evaluation of soil reaction and base status changes resulting from field application of residually acid-forming nitrogen fertilizers. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 22(6):539-42.
- ADAMS, Fred & PEARSON, Robert W. 1967. Crop response to lime in the Southern United States and Puerto Rico. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, Cap.4, p.161-206.
- ADAMS, W.E.; PEARSON, R.W.; JACKSON, W.A.; McCREERY, R.A. 1967a. Influence of limestone and nitrogen on soil pH and coastal bermudagrass yield. Agronomy Journal, Madison, 59(5):450-3.
- ADAMS, William E.; WHAITE JR., A.W.; DAWSON, R.N. 1967b. Influence of lime source and rates on coastal bermudagrass production, soil profile reaction, exchangeable Ca and Mg. Agronomy Journal, Madison, 59(2):147-9.
- BARBER, Stanley A. 1967. Liming materials and practices. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, Cap.3, p.125-60.
- BARRETO, W.O.; PEREIRA, M.A.; VETTORI, L. 1974. Estudos dos efeitos decorrentes da aplicação de calcário em alguns solos do Estado da Guanabara. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÉNCIA DO SOLO, 14º, Santa Maria, RS, 16-23 Jul. 1973. Anais..., [Rio de Janeiro] Sociedade Brasileira de Ciéncia do Solo. p.546.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. 1973. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife. 430p. (Boletim técnico, 30).

- BROWN, B.A.; MUNSELL, R.I.; HOLT, R.F.; KING, A.V. 1956. Soil reactions at various depths as influenced by time since application and amounts of limestone. Soil Science Society Proceedings, Madison, 20(4):518-22.
- CATE, R.B. & SUKhai, A.P. 1964. A study of aluminum in rice soils. Soil Science, Baltimore, 98(2):85-93. Apud. KAMPRATH, E.J. 1967. A acidez do solo e a calagem. North Carolina State University Agric. Exp. Station. AID. 22p. (International Soil Testing, Boletim técnico, 4).
- COLEMAN, N.T. & THOMAS, Grant W. 1967. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy. Cap.1, p.1-41.
- COLEMAN, N.T.; WEED, S.B.; McCACKEN, R.J. 1959. Cation-Exchange capacity and exchangeable cations in Piedmont Soils of North Carolina. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 23(2):146-9.
- DREWS, Claudio Raul. 1977. Caracterização, mapeamento e utilização dos solos da Estação Experimental Zootécnica de Tupancireta, RS. Porto Alegre. 157f. [Não publicado].
- ESTADOS UNIDOS, Department of Agriculture. Soil Survey Staff. 1960. Soil classification; a comprehensive system, 7th approximation. Washington, Soil Conservation Service. passim.
- EVANS, C.E. & KAMPRATH, E.J. 1970. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34(6):893-6.
- FISKELL, J.G.A. & CALVERT, D.V. 1975. Effects of deep tillage, lime incorporation and drainage on chemical properties of spodosol profiles. Soil Science, Baltimore, 120 (2):132-9.
- GAMMON, JR., Nathan & BLUE, W.G. 1968. Rates of calcium loss and production of clover-grass herbage at four lime levels on leon fine sand. Soil Science, Baltimore, 106 (5):369-73.
- GOEPFERT, C.F.; JARDIM FREIRE, J.R.; VIDOR, C. 1974. Nutrição da cultura da soja. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura. 30p. (Boletim técnico).

GRIMM, S.S. & ELTZ, F.L.F. 1972. Algumas considerações sobre a relação calcário-fósforo na rotação trigo-soja, no oxisol Passo Fundo. Porto Alegre, Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS. 8p. [Não publicado].

HOURIGAN, W.R.; FRANKLIN, R.E.; McLEAN JR., E.O.; BHUMBLA, D.R. 1961. Growth and Ca uptake by plants as affected by rate and depth of liming. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 25(6):491-4.

HUTCHINSON, F.E. & HUNTER, A.S. 1970. Exchangeable aluminum levels in two as related to lime treatment and growth of six crop species. Agronomy Journal, Madison, 62(6): 702-4.

JONES, G.D. & LUTZ JR., J.A. 1971. Yield of wheat and soybeans and oil and protein content of soybean as affected by fertility treatments and deep placement of limestone. Agronomy Journal, Madison, 63(6):931-4.

"KAMPF, N. 1971. Mineralogia e gênese de alguns solos da região nordeste do Planalto Rio-grandense. 105f. Tese (Mestr. Agron.-Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1971. /Não publicada/.

"KAMPF, Nestor & Klamt, Egon. 1977. Mineralogia e gênese de oxisolos da região nordeste do planalto Sul-riograndense Porto Alegre. 20f. [Não publicado].

KAMPRATH, E.J. 1967. A acidez do solo e a calagem. Raleigh, North Carolina State University Agric. Exp. Station, AID. 22p. (International Soil Testing, Boletim técnico, 4).

\_\_\_\_\_. 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34(2):252-4.

KLAMT, E. 1969. Calagem macia e disponibilidade de manganes. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 4p. (Folheto, 1).

KOLLING, J. 1974. Resposta de duas leguminosas forrageiras de clima tropical a calagem e adubação fosfatada em um solo ácido do Rio Grande do Sul. 88f. Tese (Mestr. Agron.-Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1974. /Não publicada/.

KORNELIUS, E. 1972. Influência da calagem e da adubação fosfatada e potássica na produção de alfafa (Medicago sativa) em seis solos do Rio Grande do Sul. 126f. Tese (Mestr. Agron.-Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1972./Não publicada/.

LUTZ JR., J.A. & JONES, G.D. 1971. Chemical composition and yield of corn as affected by deep placement of dolomitic limestone. Agronomy Journal, Madison, 63(1):9-11.

MARKUS, Ruben. 1974. Elementos de estatística aplicada. Porto Alegre, Diretório Acadêmico Leopoldo Cortez, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 329.

MELLO, Orlando de; LEMOS, Raimundo Costa de; ABRAO, Paulo U. Rodrigues; AZOLIN, Miguel Angelo D.; SANTOS, Milton da Conceição Lopes dos; CARVALHO, Américo P. de. 1966. Levantamento em série dos solos do Centro Agronômico. Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da UFRGS, Porto Alegre, 8(1/4):7-155.

MIELNICZUCK, João; LUDWICK, Albert; BOHNEN, Humberto. 1971. Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 29p. (Boletim técnico).

MOSCHLER, W.W.; JONES, G.D.; THOMAS, G.W.; 1960. Lime and soil acidity effects on alfalfa growth in a red-yellow podzolic soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 24(6):507-9.

NYE, Peter; CRAIG, Doris; COLEMAN, N.T.; RAGLAND, John L. 1971. Ion exchange equilibria involving aluminum. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 25(1):14-7.

OLIVEIRA, Heitor A.; MORAES, José F.V.; PILCZER, Mauricio M.; KALCKMANN, Raul E.; SILVA, João G.C. 1968. Efeitos da aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e calcário na cultura da ervilha (Pisum sativum L.) em Rosário do Sul, Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 3:243-53.

PEARSON, Robert W. & ABRUNHA, Fernando. 1961. Nitrogen speeds lime movement in subsoil. Crops and Soil, Madison, 13(9):23.

PONS, A.L. 1974. Efeito residual da calagem e da adubação fosfatada na produção da alfafa (Medicago sativa L.) num latossolo bruno distrófico do Rio Grande do Sul. 75f. Tese (Mestr. Agron.-Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1974. /Não publicada/.

SCHOLLES, D. 1975. Efeito residual da calagem e da adubação fosfatada na produção, composição botânica e química de uma mistura de forrageiras de clima tropical e nas propriedades químicas de um solo Laterítico bruno amarelo distrófico. 87f. Tese (Mestr. Agron.-Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1975./Não publicada/.

SIMAN, A.; CRADOCK, F.W.; NICHOLS, P.J.; KIRTON, H.C.; 1971. Effects of calcium carbonate and ammonium sulphate on manganese toxicity in an acid soil. Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne, 22(2):201-14.

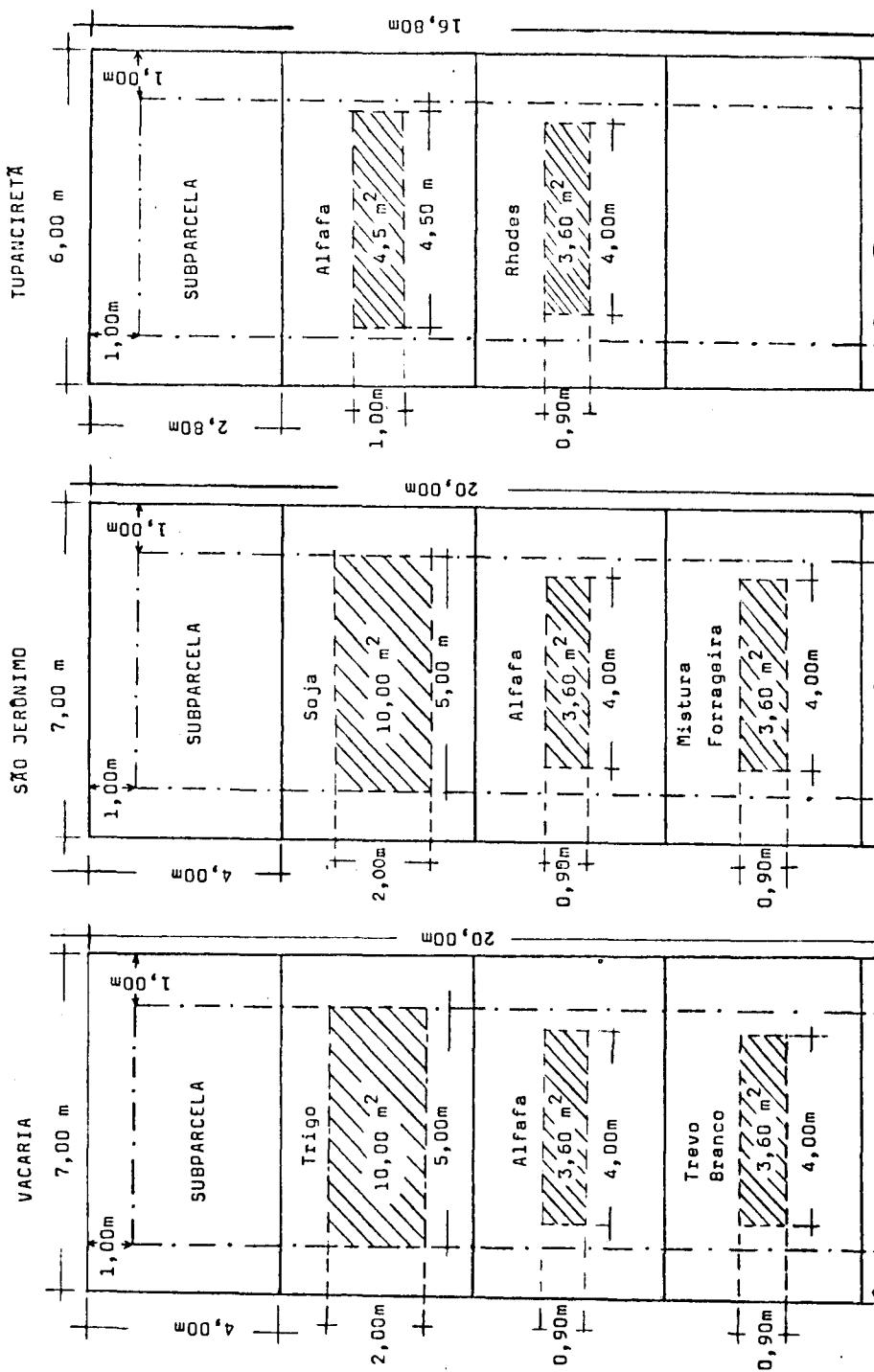
STEEL, Robert G.D. & TORRIE, James H. 1960. Principles and procedures of statistics, with special reference to the biological science. New York, McGraw-Hill. p.236-9.

TORRES, Claudio Barbosa. 1961. Estudo sobre a prática da calagem. 55f. Tese (Cát.-Agricultura Geral) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1961.

VETTORI, L. 1969. Método de análise se solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. 24p. (Boletim técnico, 7).

VOLKWEISS, Sérgio J. 1970. Influência do calcário no pH, alumínio, manganês e zinco de 19 solos do Rio Grande do Sul e suas relações com o rendimento e absorção do manganês e zinco pelo milho. 92f. Tese (Mestr. Agron.-Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, 1970./Não publicada/.

VOLKWEISS, Sergio J. & LUDWICK, Albert E. 1969. O melhoramento do solo pela calagem. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 30p. (Boletim técnico, 1).



**Apêndice 1.** Detalhes das parcelas principais e das subparcelas com as respectivas áreas úteis por cultura reagente

**Apêndice 2. Data da amostragem e tempo em relação a aplicação do calcário**

Solo	Data de amostragem	Tempo em relação a aplicação do calcário
Vacaria	04/69	2 meses antes
	08/69	2 meses após
	01/70	7 meses após
	04/71	22 meses após
	09/72	39 meses após
	11/73	53 meses após
	12/74	66 meses após
	02/76	80 meses após
São Jerônimo	07/69	2 meses antes
	11/69	2 meses após
	12/69	3 meses após
	04/70	7 meses após
	01/72	28 meses após
	01/73	40 meses após
	05/74	56 meses após
	05/75	68 meses após
	04/76	80 meses após
Tupanciretã	04/69	2 meses antes
	11/70	17 meses após
	01/72	31 meses após
	09/73	51 meses após
	09/74	63 meses após
	03/75	69 meses após
	02/76	80 meses após

**Apêndice 3.** Resultados analíticos de algumas propriedades químicas dos solos Vacaria, São Jerônimo e Tupanciretã na profundidade de 0-15 cm, 60 meses após a calagem (Vacaria, Guaná e Tupanciretã, 1976)

Solo	calçário (t/ha)	Doses de										Determinações <sup>1</sup>					
		pH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	S	Mn <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	CRC <sub>efetivo</sub>	Mn <sup>++</sup> ppm	Sat. de bases	Sat. Al <sup>+++</sup>	M.O. Mn <sup>++</sup>	N.C. pH 6,5 (t/ha)			
(me/100 g do solo)												(%)					
Vacaria	0,0	4,6	1,0	0,3	0,2	1,5	0,18	4,4	6,08	49,0	24,7	72	3,0	5,9	>17,0		
	10,0	5,2	6,3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,4	6,9		
	15,0	5,0	7,2	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,4	5,6		
	20,0 <sup>2/</sup>	5,8	9,7	0,8	0,2	10,7	0,06	0,2	10,96	17,0	97,5	2	0,5	5,9	2,9		
	25,0	6,1	9,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,3	2,0		
	30,0	6,3	10,7	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,3	1,2		
	40,0	6,8	13,1	0,8	0,2	14,1	0,01	0,0	14,11	3,3	99,9	0	0,1	5,7	0,0		
São Jerônimo	0,0	5,2	1,7	1,1	0,3	3,1	0,14	0,5	3,74	38,9	82,8	13	3,7	3,0	2,3		
	2,0	5,3	2,1	1,3	0,3	3,7	0,13	0,3	4,13	35,2	89,6	7	3,1	3,1	1,6		
	4,0 <sup>2/</sup>	5,6	2,4	1,6	0,3	4,5	0,12	0,1	4,52	32,5	95,1	2	2,7	3,1	1,2		
	6,0	5,7	2,7	1,7	0,3	4,7	0,12	0,1	4,92	32,0	95,5	2	2,4	3,1	1,0		
	8,0	5,7	3,2	1,9	0,2	5,3	0,09	0,0	5,39	26,0	98,3	0	1,7	3,2	0,7		
Tupanciretã	0,0	4,7	0,6	0,3	0,1	1,0	0,20	0,8	2,00	54,7	50,0	40	10,0	0,5	2,9		
	0,6	4,8	0,8	0,4	0,1	1,3	0,20	0,7	2,20	55,9	59,0	32	9,0	0,5	2,0		
	1,2	4,9	0,9	0,4	0,1	1,4	0,18	0,5	2,08	48,9	67,3	24	8,7	0,7	1,5		
	1,8	5,1	1,0	0,5	0,1	1,6	0,16	0,4	2,16	43,0	74,0	19	7,0	0,4	0,9		
	2,4 <sup>2/</sup>	5,1	1,2	0,5	0,1	1,8	0,18	0,3	2,28	50,3	78,9	13	7,9	0,6	1,1		
	4,8	5,2	1,5	0,7	0,1	2,3	0,17	0,2	2,67	46,3	86,1	7	6,4	0,8	0,8		

<sup>1/</sup> Média de 3 repetições<sup>2/</sup> Necessidade de calcário pelo método SMP para pH 6,5<sup>2/</sup> Dose recomendada de calcário pelo método SMP para pH 6,5

Apêndice 4. Valores da curva de transformação do pH SMP<sup>\*</sup> para a dose da necessidade de calcário

pH SMP	Calcário t/ha	pH SMP	Calcário t/ha
6,9 ou >	0,0	5,7	5,2
6,8	0,3	5,6	6,0
6,7	0,5	5,5	7,0
6,6	0,8	5,4	8,0
6,5	1,2	5,3	9,0
6,4	1,6	5,2	10,4
6,3	2,0	5,1	11,6
6,2	2,4	5,0	13,2
6,1	3,0	4,9	15,0
6,0	3,4	4,8	17,0
5,9	3,9	<4,8	>17,0
5,8	4,4		

\* Método SMP (modificado) para pH 6,5

Apêndice 5. Resultados analíticos de pH, Al<sup>+++</sup>, Mn<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup>+Mg<sup>++</sup> e NC<sup>2/</sup> em função das doses de calcário e das datas de amostragens em solo Vacaria (Vacaria 1969/76)

Doses de calcário kg/ha	Determinações <sup>1/</sup>	Data da amostragem						
		04/69	08/69	01/70	04/71	09/72	11/73	12/74
0	pH	4,4	4,4	4,5	4,4	4,8	4,8	4,6
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	4,0	4,1	3,5	3,1
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	27,0	-	41,0
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	2,1	-	-
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	>17,0	>17,0	-	>17,0	>17,0	-	>17,0
10	pH	-	5,6	5,4	5,5	5,8	5,6	-
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	0,2	0,2	1,2	-
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	10,0	-	-
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	10,3	-	-
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	5,3	-	6,3	5,1	-	7,5
15	pH	-	6,0	5,6	5,7	6,1	6,0	5,6
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	0,1	0,1	0,6	0,1
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	10,0	-	22,0
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	12,6	7,8
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	3,7	-	4,6	3,8	-	4,1
20 <sup>3/</sup>	pH	-	6,7	6,3	6,4	6,6	6,4	6,2
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	0,0	0,0	-	-
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	7,0	-	-
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	12,9	-	-
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	1,0	-	2,1	1,5	-	2,0
25	pH	-	6,8	6,6	6,6	6,8	6,5	6,5
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	0,0	0,0	0,5	-
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	5,0	-	-
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	-	10,6
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	1,0	-	1,2	0,8	-	1,3
30	pH	-	7,1	6,8	6,9	7,2	7,1	7,1
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	0,0	0,0	0,5	0,0
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	5,0	-	4,0
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	14,7	11,5
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	0,3	-	0,7	0,0	-	0,3
40	pH	-	7,2	7,0	7,1	7,4	7,3	7,0
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	0,0	0,0	0,6	-
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	5,0	-	-
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	15,4	-	-
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	0,0	-	0,0	0,0	-	0,2

1/ Média de 3 repetições

3/ SMP = 20 t/ha do calcário

2/ Necessidade de calcário pelo método SMP para pH 6,5 - Não analisado

**Apêndice 6.** Resultados analíticos de pH, Al<sup>+++</sup>, Mn<sup>++</sup>, Ca<sup>++</sup>+Mg<sup>++</sup> e NC<sup>3/</sup>, em função das doses de calcário e das datas de amostragens em solo São Jerônimo (Guaiába 1969/76)

Doses de calcário t/ha	Determinações <sup>1/</sup>	Data da amostragem								
		07/69	11/69	12/69	04/70	01/72	01/73	05/74	05/75	04/76
0	pH	5,0	5,1	5,1	4,9	5,2	4,9	5,3	5,4	5,2
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	0,6	0,6	0,3	0,5
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	-	-	26,0	25,0	39,0
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	2,7	2,6	2,5	2,8
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	4,0	-	-	-	4,2	-	-	-	2,3
2	pH	-	5,5	5,6	5,4	5,6	5,2	5,5	5,6	5,3
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,3
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	-	-	19,0	20,0	35,0
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	3,7	3,4	3,3	3,4
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6
4 <sup>3/</sup>	pH	-	5,8	5,9	5,8	5,8	5,5	5,6	5,8	5,6
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1	0,1
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	-	-	17,0	18,0	32,0
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	4,4	3,9	3,8	4,0
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	-	-	-	2,0	-	-	-	1,2
6	pH	-	6,1	6,2	6,2	6,2	5,6	5,8	5,8	5,7
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,0	0,1
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	-	-	16,0	18,0	32,0
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	4,6	4,3	4,0	4,4
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	-	-	-	0,9	-	-	-	1,0
8	pH	-	6,3	6,5	6,5	6,6	6,0	6,0	6,0	5,7
	Al <sup>+++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0
	Mn <sup>++</sup> (ppm)	-	-	-	-	-	-	13,0	19,0	26,0
	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup> (me%)	-	-	-	-	-	5,6	5,2	5,2	5,1
	NC <sup>2/</sup> (t/ha)	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,7

<sup>1/</sup> Média de 3 repetições

<sup>2/</sup> Necessidade de calcário pelo método SMP para pH 6,5

<sup>3/</sup> SMP = 20 t/ha de calcário

- Não analisado

**Apêndice 7. Resultados analíticos de pH,  $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$  e  $\text{NC}^{2/}$  em função das doses de calcário e das datas de amostragens em solo Tupancireta (Tupancireta 1969/76)**

Doses de calcário t/ha	Determinações <sup>1/</sup>	Data da amostragem						
		04/69	11/70	01/72	09/73	09/74	03/75	02/76
0	pH	4,3	4,3	4,3	5,0	5,1	4,8	4,7
	$\text{Al}^{+++}$ (me%)	-	-	0,9	-	-	-	0,8
	$\text{Mn}^{++}$ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ (me%)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{NC}^{2/}$ (t/ha)	2,4	3,0	-	2,5	2,0	-	1,9
0,6	pH	-	4,4	-	5,1	5,1	4,8	4,8
	$\text{Al}^{+++}$ (me%)	-	-	-	-	-	-	0,7
	$\text{Mn}^{++}$ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ (me%)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{NC}^{2/}$ (t/ha)	-	0,3	-	2,2	1,8	-	2,0
1,2	pH	-	4,4	-	5,3	5,2	5,1	4,9
	$\text{Al}^{+++}$ (me%)	-	-	-	-	-	-	0,5
	$\text{Mn}^{++}$ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ (me%)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{NC}^{2/}$ (t/ha)	-	3,0	-	1,9	1,7	-	1,5
1,6	pH	-	4,5	-	5,4	5,3	5,1	5,1
	$\text{Al}^{+++}$ (me%)	-	-	-	-	-	-	0,4
	$\text{Mn}^{++}$ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ (me%)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{NC}^{2/}$ (t/ha)	-	2,0	-	1,1	1,1	-	0,9
2,4 <sup>3/</sup>	pH	-	4,6	4,6	5,4	5,3	5,1	5,1
	$\text{Al}^{+++}$ (me%)	-	-	0,5	-	-	-	0,3
	$\text{Mn}^{++}$ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ (me%)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{NC}^{2/}$ (t/ha)	-	2,3	-	1,4	1,4	-	1,1
4,8	pH	-	4,8	4,8	5,6	5,4	5,2	5,2
	$\text{Al}^{+++}$ (me%)	-	-	0,3	-	-	-	0,2
	$\text{Mn}^{++}$ (ppm)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{Ca}^{++}+\text{Mg}^{++}$ (me%)	-	-	-	-	-	-	-
	$\text{NC}^{2/}$ (t/ha)	-	2,1	-	0,9	1,1	-	0,8

<sup>1/</sup> Média de 3 repetições

<sup>2/</sup> Necessidade de calcário pelo método SMP para pH 6,5

<sup>3/</sup> SMP = 2,4 t/ha de calcário

- Não analisado

Apêndice 8<sup>1/</sup>. Efeito da aplicação do calcário sobre os rendimentos de grãos, em dois diferentes anos de cultivo de trigo, em solo Vacaria - Médias de todos os tratamentos de fósforo (Vacaria, 1969/70)

Doses de calcário t/ha	Cultivos	
	1969	1970
----- kg/ha -----		
0	714 c*	608 c*
10	1520 a	1106 ab
15	1432 a	1098 ab
20	1461 a	1130 ab
25	1423 a	1029 ab
30	1253 b	839 bc
40	1435 a	1152 a

<sup>1/</sup> - ABRÃO (1974)

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais, não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan

Apêndice 9<sup>1/</sup>. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos de matéria seca de alfafa, referente a 5 cortes em solo Vacaria - Média de todos os tratamentos de fósforo (Vacaria, 1971/72)

Doses de calcário t/ha	Repetições				Médias
	I	II	III	IV	
----- kg/ha -----					
0	0	0	0	0	0 e*
10	3552	4612	4935	4700	4450 d
15	4080	4370	5255	5355	4765 cd
20	5122	5685	4618	6633	5515 ab
25	4690	6392	5327	6510	5730 ab
30	4787	5212	5402	5627	5257 bc
40	5852	6082	6375	6820	6282 a

1/- PONS (1974)

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais, não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan (Modificado do original ao nível de 1%)

Apêndice 10. Efeito da aplicação do calcário sobre os rendimentos de matéria seca do trevo branco, referente a 1 corte, em solo Vacaria - Média de todos os tratamentos de fósforo (Vacaria, 1976)

Doses de calcário t/ha	Repetições				Médias
	I	II	III	IV	
	kg/ha				
0	1	137	28	1	42 e*
10	492	852	652	756	688 d
15	466	1064	877	1042	862 bcd
20	845	1113	824	1218	1000 abc
25	273	886	827	1092	770 cd
30	899	1305	1061	1172	1109 ab
40	1388	1357	1004	1184	1233 a

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais, não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan

Apêndice 11. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos de grãos referente a um cultivo de soja em solo São Jerônimo - Média de todos os tratamentos de fósforo (Guaíba, 1969/70)

Doses de calcário t/ha	Repetições				Médias
	I	II	III	IV	
	kg/ha				
0	1108	1392	1124	1240	1216*
2	1170	1058	1090	1746	1266
4	1182	1322	1152	1328	1246
6	1238	1278	1256	1332	1276
8	1312	1626	1186	1290	1354

\* - Não significativo

Apêndice 12. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos de matéria seca de alfafa, referente a 7 cortes em solo São Jerônimo - Média de todos os tratamentos de fósforo (Guaíba, 1970/72)

Doses de calcário t/ha	Repetições				Médias
	I	II	III	IV	
kg/ha					
0	500	520	780	1000	700 e*
2	1190	880	1940	1950	1490 d
4	3220	3280	3110	4200	3450 c
6	4930	5540	5110	5770	5340 b
8	6030	6200	6100	6770	6280 a

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais, não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan

Apêndice 13<sup>1/</sup>. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos de matéria seca de uma mistura de forrageiras tropicais, referentes aos 6 primeiros cortes em solo São Jerônimo - Média de todos os tratamentos de fósforo (Guaíba, 1972/74)

Doses de calcário t/ha	Repetições				Médias
	I	II	III	IV	
	kg/ha				
0	3411	4430	5697	6200	4934 b*
2	4463	5042	5354	5565	5106 b
4	5291	5977	5128	7172	5892 b
6	7580	7709	7105	8416	7702 a
8	7462	6570	8717	6431	7295 a

1/- SCHOLLES (1975)

Obs.: Não considerado o tratamento de fósforo com micronutrientes que foi eliminado no presente trabalho

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais, não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan

Apêndice 14. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos de matéria seca de uma mistura de forrageiras tropicais, referente aos 6 últimos cortes em solo São Jerônimo - Médias de todos os tratamentos de fósforo (Guaíba, 1974/76)

Doses de calcário t/ha	Repetições				Médias
	I	II	III	IV	
kg/ha					
0	4504	4985	6095	6394	5495 *
2	4809	5336	3954	6283	5096
4	5505	5987	4540	6567	5650
6	6493	5210	5343	7469	6129
8	5709	5838	7427	6100	6269

\* - Não significativo

Apêndice 15. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos de matéria seca de uma mistura de forragens tropicais, referente a 12 cortes em solo São Jerônimo - Média de todos os tratamentos de fósforo (Guaíba, 1972/76)

Doses de calcário t/ha	Repetições				Médias
	I	II	III	IV	
	kg/ha				
0	7915	9415	11793	12594	10429 b*
2	9272	10379	9308	11848	10202 b
4	10796	11964	9669	13739	11542 ab
6	14073	12919	12448	15885	13831 a
8	13171	12408	16144	12531	13564 a

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais, não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan

Apêndice 16. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos de matéria seca de alfafa, referente a 13 cortes em solo Tupanciretã - Média de todos os tratamentos de fósforo (Tupanciretã, 1969/72)

Doses de calcário t/ha	Repetições			Médias
	I	III	IV	
----- kg/ha -----				
0	3864	2776	2789	3143 b*
2,4	6748	8606	5919	7091 a
4,8	9100	8688	7820	8536 a

\* - Diferenças entre médias acompanhadas de letras iguais, não são significativas ao nível de 5% pelo teste de Duncan

Apêndice 17. Efeito da aplicação de calcário sobre os rendimentos de matéria seca de capim de Rhodes, referentes a 2 cortes, em solo Tupanciretã - Média de todos os tratamentos de fósforo (Tupanciretã, 1974)

Doses de calcário t/ha	Repetições						Médias
	I	II	III	IV	V	VI	
----- kg/ha -----							
0	2869	2145	1694	2188	2570	2133	2267 *
2,4	2828	1830	2586	2144	2848	2974	2535
4,8	3048	2422	3435	2591	3073	2317	2814

\* - Não significativo

Apêndice 18. Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de grãos, referente ao cultivo do trigo no ano de 1969, em solo Vacaria

Causas da variação	GL	SQ	QM <sup>1/</sup>	F
<b>Parcelas principais</b>				
Repetições	3	820.125	273.375	
Calcário (A)	6	9.352.500	1.558.750	27,62*
Erro (a)	18	1.015.794	56.433	
<b>Sub-parcelas</b>				
Fósforo (B)	4	5.670.756	1.417.689	118,51*
Interação AB	24	977.688	40.737	3,41*
Erro (b)	84	1.004.892	11.963	
Total	139	18.841.755		

\* - Significativo ao nível de 5%

<sup>1/</sup> - ABRÃO (1974)

Apêndice 19. Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de grãos, referente ao cultivo do trigo no ano de 1970, em solo Vacaria

Causas da variação	GL	SQ	QM <sup>1/</sup>	F
<b>Parcelas principais</b>				
Repetições	3	1.898.379	632.793	
Calcário (A)	6	4.833.516	805.586	4,84*
Erro (a)	18	2.996.334	166.463	
<b>Sub-parcelas</b>				
Fósforo (B)	4	617.696	154.424	8,28*
Interação AB	24	821.664	34.236	1,84*
Erro (b)	84	1.566.012	18.643	
Total	139	12.733.601		

\* - Significativo ao nível de 5%

<sup>1/</sup> - ABRAO (1974)

Apêndice 20<sup>1/</sup> - Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de matéria seca, referente a 5 cortes de alfafa em solo Vacaria

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
Parcelas principais	—	—	—	—
Repetições	3	24.682.835	8.227.612	
Calcário (A)	6	637.814.474	106.302.412	86,97*
Erro (a)	18	22.000.402	1.222.245	
Sub-parcelas				
Fósforo (B)	5	10.803.282	2.160.656	3,40*
Interação AB	30	15.348.547	511.618	0,80 NS
Erro (b)	105	66.815.188	636.335	
Total	167	777.464.728		

\* - Significativo ao nível de 5% (Cálculo modificado do original ao nível de 1%)

NS - Não significativo

<sup>1/</sup> - PONS (1974). Obs. O autor considerou o tratamento de fósforo com micronutrientes que foi eliminado no presente trabalho

Apêndice 21. Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de matéria seca, referente a 1 cor te do trevo branco, em solo Vacaria

Causas da variação	Gl	SQ	QM	F
<b>Parcelas principais</b>				
Repetições	3	2.560.129,94	853.376,65	
Calcário (A)	6	18.280.664,77	3.046.777,46	23,407*
Erro (a)	18	2.343.017,11	130.167,62	
<b>Sub-parcelas</b>				
Fósforo (B)	4	1.353.671,21	338.417,80	4,069*
Interação AB	24	9.209.101,59	383.712,57	4,614*
Erro (b)	84	6.985.640,20	83.162,38	
Total	139	40.732.224,82		

\* - Significativo ao nível de 5%

Apêndice 22. Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de grãos, referente a um cultivo de soja em solo São Jerônimo

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
<b>Parcelas principais</b>				
Repetições	2	858.508,12	286.169,37	
Calcário (A)	4	209.978,16	52.494,54	0,38 NS
Erro (a)	12	1.661.351,48	138.445,96	
<b>Sub-parcelas</b>				
Fósforo (B)	4	4.849.630,16	1.212.407,54	23,71*
Interação AB	16	2.562.646,64	160.165,42	3,13*
Erro (b)	60	3.068.718,40	51.145,31	
Total	99	13.210.832,96		

\* - Significativo ao nível de 5%

NS - Não significativo

Apêndice 23. Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de matéria seca referente a 7 cortes de alfafa em solo São Jerônimo

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
Parcelas principais				
Repetições	3	16,41	5,47	
Calcário (A)	4	439,09	109,77	114,34*
Erro (a)	12	11,51	0,96	
Sub-parcelas				
Fósforo (B)	4	163,45	40,86	170,25*
Interação AB	16	99,72	6,23	25,96*
Erro (b)	60	14,53	0,24	
Total	99	744,71		

\* Significativo ao nível de 5%

Apêndice 24. Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de matéria seca, referente aos 6 últimos cortes da mistura forrageira em solo São Jerônimo

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
Parcelas principais				
Repetições	3	23.330.117,87	7.776.705,96	
Calcário (A)	4	18.265.300,30	4.566.325,08	1,36 NS
Erro (b)	12	40.322.914,58	3.360.242,88	
Sub-parcelas				
Fósforo (B)	4	220.233.369,70	55.058.342,42	26,62*
Interação AB	16	18.194.346,00	1.137.146,63	0,55 NS
Erro (b)	60	124.097.298,30	2.068.288,31	
Total	99	444.443.346,75		

\* - Significativo ao nível de 5%

NS - Não significativo

**Apêndice 25.** Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de matéria seca, referente a 12 cortes de uma mistura de forrageiras tropicais em solo São Jerônimo

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
<b>Parcelas principais</b>				
Repetições	3	74.465.293,96	24.821.764,65	
Calcário (A)	4	233.406.894,36	58.351.723,59	4,88*
Erro (a)	12	143.556.456,44	11.963.038,04	
<b>Sub-parcelas</b>				
Fósforo (B)	4	1.105.370.404,66	276.342.601,17	63,32*
Interação AB	16	59.158.138,54	3.697.383,66	0,85NS
Erro (b)	60	261.865.961,60	4.364.432,69	
Total	99	1.877.823.149,56		

\* - Significativo ao nível de 5%

NS - Não significativo

Apêndice 26. Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de matéria seca, referente a 13 cortes de alfafa em solo Tupanciretã

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
Parcelas principais	—	—	—	—
Repetições	2	16.550.011,14	8.275.005,57	
Calcário (A)	2	280.516.018,92	140.258.009,46	35,11 *
Erro (a)	4	15.980.784,08	3.995.196,02	
Sub-parcelas				
Fósforo (B)	5	18.017.072,42	3.603.414,48	5,12 *
Interação AB	10	13.704.864,97	1.370.486,50	1,95 NS
Erro (b)	30	21.101.114,78	703.370,49	
Total	53	365.869.866,31		

\* - Significativo ao nível de 5%

NS - Não significativo

Apêndice 27. Resultados da análise da variância para os efeitos do calcário e do fósforo sobre o rendimento total de matéria seca, referente a 2 cortes do capim de Rhodes em solo Tupanciretã

Causas da variação	GL	SQ	QM	F
<b>Parcelas principais</b>				
Repetições	5	8.102.945,86	1.620.589,17	
Calcário (A)	2	5.400.640,06	2.700.320,03	3,09 NS
Erro (a)	10	8.741.102,83	874.110,28	
<b>Sub-parcelas</b>				
Fósforo (B)	5	916.964,09	183.392,82	0,85 NS
Interação AB	10	1.967.566,60	196.756,66	0,92 NS
Erro (b)	75	16.108.077,48	214.774,37	
Total	107	41.237.296,92		

NS - Não significativo ao nível de 5%