

JUSSARA BORGES REGITANO

CALAGEM EM SOLOS DE VÁRZEAS DE MINAS GERAIS:
CRITÉRIOS DE RECOMENDAÇÃO COM BASE EM
PARÂMETROS DE ACIDEZ E/OU PROPRIE-
DADES QUÍMICAS DOS SOLOS

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração Fertilidade do Solo, para obtenção do grau de "MESTRE".

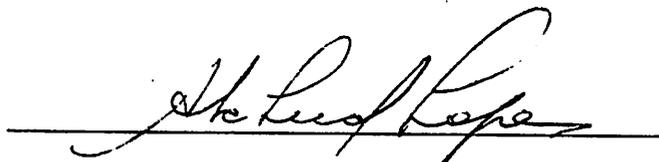
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1987

CALAGEM EM SOLOS DE VÁRZEAS DE MINAS GERAIS:
CRITÉRIOS DE RECOMENDAÇÃO COM BASE EM
PARÂMETROS DE ACIDEZ E/OU PROPRIE
DADES QUÍMICAS DOS SOLOS

APROVADA:

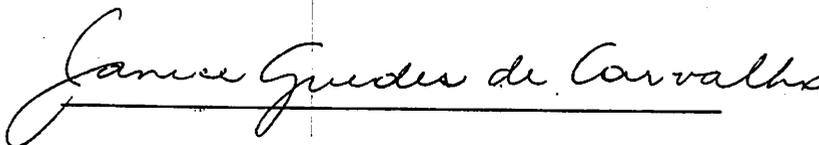


ALFREDO SCHEID LOPES

Orientador



GERALDO APARECIDO DE A. GUEDES



JANICE GUEDES DE CARVALHO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade e facilidades concedidas durante a execução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À ANDA, Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos, pelo auxílio financeiro na impressão da Tese.

Ao professor Alfredo Scheid Lopes, pela orientação e amizade dedicada.

Ao Eng^o Agr^o José Martins de Oliveira Filho, da EMATER, MG, pela colaboração na coleta das amostras.

Ao pesquisador científico Dr. Bernardo van Raij do IAC, pelas sugestões apresentadas.

Aos professores: Geraldo Aparecido de Aquino Guedes, Janice Guedes de Carvalho, Nilton Curi, Mozart Martins Ferreira e Ruben Delly Veiga, pela colaboração durante a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, pe
lo auxílio e amizade.

OFEREÇO:

A meus pais, Heri e Joanna, pelas o
portunidades e esforços dedicados
à minha educação.

DEDICO:

A minha avó Ana, "in memorian", pe-
lo exemplo de vida.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Potencial de Solos de Várzea no Brasil	4
2.2. Caracterização Genérica dos Principais Solos de Várzeas	5
2.3. Problemas que Dificultam Extrapolar Dados de Sequeiro para Várzea (Química de Solos Inundados).	9
2.4. Dados de Fertilidade e Resultados Experimentais Justificando o Uso de Calcário nestes Solos	11
2.5. Métodos de Recomendação de Calcário	17
2.5.1. Critério do alumínio trocável	17
2.5.2. Método do tampão SMP	18
2.5.3. Método da elevação da saturação em bases.	20
2.6. Método de Incubação (com CaCO_3)	21
2.7. Principais Fatores que Afetam o Poder Tampão do Solo	22
2.8. Considerações Gerais	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1. Preparo das Amostras de Terra	27
3.2. Análises de Caracterização	28

	Página
3.2.1. Físicas	28
3.2.2. Químicas	28
3.2.2.1. Análises realizadas na Escola Su perior de Agricultura de Lavras.	29
3.2.2.2. Análises realizadas no Instituto Agronômico de Campinas	29
3.3. Delineamento Experimental e Tratamentos	30
3.4. Condução do Experimento	31
3.5. Análises Químicas após Incubação dos Solos	32
3.6. Análises Estatísticas	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Características Gerais dos Solos	33
4.1.1. Capacidade tampão das amostras estudadas.	35
4.2. Valores de pH	37
4.3. Relação entre a Acidez Potencial do Solo e o pH da Solução Tampão SMP	42
4.4. Relações Estabelecidas entre o pH e a Saturação em Bases (V%)	46
4.5. Relações Estabelecidas entre pH e a Saturação de Alumínio	51
4.6. Relação Estabelecida entre a Saturação em Bases e a Saturação em Alumínio	52
4.7. Resultados Obtidos após Incubação	58
4.7.1. Curvas de neutralização dos solos	58
4.7.2. Comparação entre a necessidade de calagem estimada pelo método da saturação em ba- ses adaptado por QUAGGIO (NC estimada) e	

a necessidade de calagem obtida pelo método de incubação (NC obtida)	61
4.7.3. Relações existentes entre os parâmetros e/ou propriedades químicas dos solos e a necessidade de calagem obtida com a incubação	66
4.7.4. Recomendação de calagem determinada pelos métodos atualmente empregados no Brasil .	73
5. CONCLUSÕES	81
6. RESUMO	84
7. SUMMARY	87
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
9. APÊNDICE	103

LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Resumo de algumas características químicas de solos de várzea da área sob influência do reservatório de Furnas	12
2	Resumo de algumas características químicas de solos de várzea encontrados no vale do Sapucaí, Sul de Minas Gerais	13
3	Resumo de algumas características químicas de solos de várzea encontrados na área sob influência do reservatório de Três Marias e área do Distrito Agroindustrial de Jaíba, Minas Gerais	14
4	Resposta de 19 experimentos à aplicação de calagem em solos de várzea	16
5	Resumo dos resultados analíticos das amostras de solos de várzea utilizados. Caracterização individual das amostras trabalhadas encontram-se no Quadro 2A do Apêndice	34

QUADRO

Página

6	Relações existentes entre a CTC e os teores de matéria orgânica, argila expressa em peso e volume e valores de pH em água	36
7	Média e amplitude dos valores de pH em KCl 1,0 N, pH em água, pH em CaCl ₂ 0,01 M. Resumo do Quadro 3A do Apêndice	39
8	Tabela para determinação da acidez potencial (H + Al) com base no pH lido na solução SMP, baseada em calibração com solos de várzeas utilizando a relação solo: CaCl ₂ 0,01 M: solução-tampão SMP de 10:25:5	45
9	Curva de calibração para determinação da acidez potencial (H + Al) através da determinação do pH SMP	46
10	Equações de regressão e coeficientes de <u>cor</u> relação obtidos entre o pH e saturação de bases do solo	51
11	Estimativa do valor da saturação em bases atingido à partir de uma saturação de alumínio conhecida	57

QUADRO		Página
12	Valores das necessidades de calagem estimadas conforme QUAGGIO (60) e das necessidades de calagem obtidas com a incubação, para V = 50 e 70%, em t/ha x 20 cm	62
13	Valores da saturação em bases atingido para cada solo, quando a recomendação de calagem foi estimada para $V_2 = 50\%$, pela fórmula $NC = (V_2 - V_1) \cdot CTC/100$	65
14	Relações entre os parâmetros de acidez e/ou algumas propriedades químicas do solo e a necessidade de calcário obtida por incubação para elevar o pH a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 e a saturação em bases a 40, 50, 60 e 70, em solos de várzeas de Minas Gerais	67
15	Recomendação de doses de calcário para solos de várzeas de Minas Gerais, com base no pH lido na solução tampão SMP. Relação solo : solução de $CaCl_2$ 0,01 M: solução tampão SMP de 10:25:5, válida para $CaCO_3$ com PRNT = 100% ..	69
16	Recomendação de doses de calcário para solos de várzeas de Minas Gerais, com base nos teores de H + Al em meq/100 cm ³ de solo. Válida para $CaCO_3$ com PRNT = 100%	72

QUADRO	Página
17	Coeficientes de determinação (r^2) obtidos entre teores de argila e necessidade de calagem para elevar o pH a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 e a <u>sa</u> turação em bases a 40, 50, 60 e 70%, para solos de várzeas de Minas Gerais 73
18	Comparação entre a recomendação de calagem feita pelo SMP proposto no presente trabalho, SMP para São Paulo, SMP para Rio Grande do Sul e Santa Catarina, saturação em bases, Al trocável e Al e Ca + Mg trocáveis com o método da incubação 75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Curvas de neutralização de cinco amostras de solos com CaCO_3 . (RAIJ, 65)	22
2	Relação entre os teores de matéria orgânica do solo e CTC determinada pelo método da extração com acetato de cálcio normal a pH 7,0.	38
3	Relação entre o pH determinado em água e em solução de CaCl_2 0,01 M	41
4	Relação entre os valores de H^+ + Al determinados pelo método da extração com acetato de cálcio e pH da suspensão do solo - CaCl_2 - solução tampão SMP	44
5a	Relação entre pH em KCl 1,0 N e saturação em bases	47
5b	Relação entre pH em H_2O e saturação em bases	48
5c	Relação entre pH em CaCl_2 0,01 M e saturação em bases	49

FIGURA		Página
6a	Relação entre saturação em alumínio e pH em KCl 1,0 N	53
6b	Relação entre saturação em alumínio e pH em água	54
6c	Relação entre saturação em alumínio e pH em CaCl ₂ 0,01 M	55
7	Relação entre saturação em alumínio da CTC efetiva e a saturação em bases	56
8	Curva de Neutralização para valores de pH atingido com a incubação com calcário, em seis amostras de solos. Solos nºs 1, 2, 11, 14, 21 e 25	59
9	Curva de Neutralização para valores de saturação em bases atingido com a incubação com calcário, em seis amostras de solos. Solos nºs 1, 2, 11, 14, 21 e 25	60
10	Relação entre as necessidades de calagem estimadas pelo método da saturação em bases adaptado por QUAGGIO (60) e a necessidade de calagem obtida com a incubação para valores de V% = 50 e 70, respectivamente Y ₁ e Y ₂	63

FIGURA

Página

- 11 Relação entre as necessidades de calcário estimadas pelo método da saturação em bases e a necessidade de calcário obtida pela incubação para elevar os valores de pH em água a 5,5 e 6,0 (Y_1 e Y_2 , respectivamente) 79

1. INTRODUÇÃO

A estratégia política agrícola brasileira tem sido no sentido de estimular o aumento da produção mediante a incorporação de fronteiras agrícolas e/ou através do aumento da produtividade. A crise do petróleo e os altos custos de insumos modernos, tornou o aumento da produtividade nas áreas tradicionais uma necessidade, onde a idéia básica é a utilização mais inteligente dos recursos da natureza, sendo que o "uso da água" é, sem dúvida, um fator extremamente importante considerando a seca e/ou veranicos como fatores limitantes à produção agrícola brasileira.

A utilização das áreas de várzeas constitui-se, desta forma, uma grande alternativa para esta problemática, uma vez que existem aproximadamente 30 milhões de ha de várzeas irrigáveis sem aproveitamento definido, em regiões com adequada infra-estrutura tanto para produzir como para comercializar. Este grande potencial propiciou o aparecimento do 1º Programa de Aproveitamento Racional de Várzeas (Minas Gerais, 1975), onde o sucesso do Programa estimulou a institucionalização do PROVÁRZEAS NACIONAL - 1981.

Sabe-se que durante o período de inundação, os solos de várzeas sofrem transformações físicas, físico-químicas e eletro-

químicas especiais proporcionadas pelo meio redutor, havendo, dentre outras reações, elevação do pH dos solos ácidos a valores próximos à neutralidade com conseqüente neutralização do alumínio. No entanto, este processo é reversível, havendo retorno do pH ao seu valor original quando a várzea é drenada. Deve-se lembrar, entretanto, que o PROVÁRZEAS é um programa que procura a utilização da terra o ano todo, em condições de irrigação e/ou drenagem. Assim sendo, seria de se esperar que na utilização destas áreas com culturas de entre-safra: feijão, aveia, ervilha, centeio, milho (verde, forragem ou grão), trigo, alho, cebola e outras olerícolas, aparecessem problemas de acidez elevada, alto teor de saturação de alumínio, baixos teores de cálcio e magnésio comuns de se manifestarem quando estes solos são submetidos à drenagem. Sob esta condição a calagem torna-se uma prática vital para o cultivo de várias espécies.

A calagem apresenta comportamentos bastante distintos dependendo das condições do meio e, por sua vez, as áreas de várzeas podem apresentar desde solos minerais até orgânicos, e dentro de uma mesma classe de solo estes podem variar quanto as características químicas e físicas de uma região para outra (portanto, com grandes variações nos seus valores de poder tampão). A pesquisa não tem dado ênfase à prática da calagem neste sistema de solos de várzeas, havendo poucos estudos específicos para tal situação que conduzam a definições de critérios de calagem.

Com base nas considerações anteriores, lança-se como hipóteses básicas para a realização deste trabalho: a) existe varia

ção na necessidade de calagem para os diversos sistemas de solos de várzeas, relacionados com variações nas condições naturais de gênese destes solos, proporcionando diferenças de tamponamento; b) solos de várzeas comportam-se diferentemente dos solos de sequeiro quanto à necessidade de calagem; c) solos ácidos de várzeas necessitam de calagem quando drenados, uma vez que a reoxidação do meio faz com que o valor de pH retorne ao de origem.

O presente trabalho tem por objetivo fornecer informações fundamentais a respeito da necessidade de calagem em diversos sistemas de solos de várzeas em função do seu poder tampão, através de testes de incubação, sugerindo alternativas para uso de métodos convencionais de recomendação de calagem (Al trocável, Al e Ca + Mg trocáveis, saturação em bases, pH SMP), em condições de drenagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Potencial de Solos de Várzeas do Brasil

Com o objetivo de aumentar a produção de alimentos básicos no país, a estratégia política brasileira tem sido no sentido de estimular o aumento da produção mediante a incorporação de novas fronteiras agrícolas e/ou através do aumento da produtividade.

Para LAMSTER (42), o aproveitamento racional das várzeas irrigáveis situa-se como a melhor opção para a grande maioria dos estados, visando principalmente a incorporação de áreas com alta fertilidade e com grande facilidade para irrigação e mecanização, ao processo produtivo. Além do que, o Brasil possui 4% da terra arável e 8% da água doce aliada à maior bacia hidrográfica do mundo, onde deste potencial hidroagrícola destacam-se 30 milhões de ha de várzeas irrigáveis sem aproveitamento definido.

Em potencial para irrigação, o Brasil figura em 2º lugar no mundo, em áreas irrigadas porém, ocupa o 31º lugar, sendo que hoje, pouco mais de 2,5% da área cultivada no Brasil é irrigada. Favorecendo ainda esta situação, tem-se que uma terça parte do potencial brasileiro em várzeas irrigáveis (± 10 milhões de ha)

situa-se em regiões com adequada infra-estrutura tanto para produzir como comercializar, visto que somente no Sudeste brasileiro localizam-se 3 milhões de ha de várzeas irrigáveis sem nenhuma utilização econômica, numa região provida de infra-estruturas como: estradas asfaltadas, energia elétrica, armazéns, indústrias de insumos e de transformação, produtores tradicionais, propriedades rurais sem problemas fundiários e, principalmente, 60 milhões de consumidores e toda estrutura para exportação, BRASIL (10).

Somente no "Sul de Minas", no triângulo entre Rio, São Paulo e Belo Horizonte, existem 190 mil ha de várzeas irrigáveis, com água em abundância, à espera de sua exploração.

Outro aspecto que não pode ser esquecido quando se refere ao potencial das várzeas, é que se tenha em mente a viabilidade do cultivo destas durante o ano todo, quando devidamente sistematizadas, permitindo vários sistemas de rotação de cultura, além de aumentar a sua produtividade.

2.2. Caracterização Genérica dos Principais Solos de Várzeas

A parte do vale de um rio que é coberta pela água deste durante uma inundação, constitui-se numa planície de inundação, popularmente conhecida como várzeas. De modo geral, as várzeas são oriundas da deposição de materiais transportados pelos rios e/ou materiais carreados pelas chuvas das encostas dos morros. Geralmente são planas e ricas em matéria orgânica, facilmente irrigáveis,

aspecto este de grande relevância, uma vez que a sistematização destas áreas permitiria cultivo o ano todo, além de combater os problemas da seca e/ou veranicos em certas regiões. Porém, as várzeas apresentam, muitas vezes, umidade excessiva, necessitando drenagem, razão principal do atraso do seu aproveitamento agropecuário racional.

Neste ambiente de formação, segundo CURI & ANDRADE (21), os solos predominantes são hidromórficos (classes: Glei Húmico, Glei Pouco Húmico, Orgânicos, Laterita Hidromórfica, Planossolo, Hidromórfico Cinzento, Podzol Hidromórfico, Plintossolo, Areias Quartzosas Hidromórficas, Vertissolo, Brunizem Hidromórfico); halomórficos (classes: Salinos, Solonetz, Solodi, Solonetz-Solodizado); e aluviais. Em Minas Gerais, conforme levantamentos realizados por EMBRAPA e Freire & Novais, citados por ABREU (1), são encontrados, principalmente, as classes Glei Húmico, Glei Pouco Húmico, Orgânico e Aluviais, cujas características serão descritas conforme CURI & ANDRADE (21).

A classe Glei Húmico compreende solos minerais, hidromórficos, mal a muito mal drenados, cujas características refletem as condições de redução sob as quais foram formados. Ocorrem nas várzeas, onde o lençol freático se apresenta elevado ou mesmo à superfície do solo durante todo o ano ou em grande parte dele. São desenvolvidos à partir de sedimentos do Quaternário, ocupando normalmente superfícies planas e suave onduladas. Podem apresentar um horizonte A turfoso, chernozêmico ou proeminente compreendendo um

A₁ e às vezes, um AC, com altos teores de matéria orgânica e espessura maior que 25 cm. Sob este horizonte A, geralmente ocorre um horizonte C, de cores acinzentadas (gleizadas) devido a redução do ferro em condições anaeróbicas. Este horizonte é constituído normalmente por material estratificado de textura muito variável, onde a atividade da fração argila também é bastante variável.

A classe Glei Pouco Húmico é bastante semelhante à anterior, diferindo desta, principalmente, por apresentar uma melhor drenagem e uma menor acumulação de matéria orgânica superficialmente, o que provoca desenvolvimento de um horizonte A menos espesso (< 25 cm), e, às vezes, mais claro.

A classe dos Solos Orgânicos diz respeito a solos hidromórficos, pouco desenvolvidos, muito mal drenados e essencialmente orgânicos. Difere das classes anteriores por apresentar um horizonte orgânico, isto é, teor de carbono $> [9 + 0,1 (\% \text{ argila})]$, ocupando mais do que 50% dos primeiros 80 cm. Esses solos são desenvolvidos a partir de acumulação recente de resíduos vegetais em áreas alagadiças, onde é lenta a mineralização da matéria orgânica devido às condições anaeróbicas presentes no meio. Sob estas condições desenvolve-se um solo cujo perfil é constituído por sucessivas camadas de resíduos orgânicos semi-decompostos e no topo do qual pode-se ou não desenvolver um horizonte A típico. Ocorrem nas partes mais úmidas das várzeas em relevo plano e suave ondulado. Esta classe abrange solos geralmente álicos e distróficos (estes podendo ser epieutróficos), forte a moderadamente ácidos e com elevada relação C/N.

A classe Aluvial compreende solos predominantemente minerais, relativamente recentes, pouco desenvolvidos, provenientes de formações fluviais e depósitos de baixada. Apresentam diferenciação do horizonte A, seguido por camadas usualmente estratificadas, sendo encontrados em áreas de relevo praticamente plano. Ocorre normalmente associada aos solos hidromórficos. Apenas o horizonte A, por já ter sofrido modificações resultantes da ação dos agentes formadores, se constitui em horizonte pedogenético com características morfológicas definidas, sendo seguido por camadas descontínuas, provenientes de deposições fluviais, que constituem material matriz do solo. Há perfis, provavelmente, os mais evoluídos, que já apresentam um horizonte B incipiente, no qual se nota início de desenvolvimento de características próprias deste horizonte.

Pela própria gênese destes solos, ratificadas pelas suas análises mineralógicas, verificá-se uma grande diversidade de materiais que lhes deram origem, que faz com que sejam encontrados desde solos eutróficos até distróficos e textura bastante variada, indo de arenosa a argilosa. Por outro lado, verifica-se que estas classes apresentam limitações comuns ao uso agrícola, fundamentadas no excesso de água e/ou "deficiência" de fertilidade natural. Porém, desde que seja precedida de drenagem artificial, a utilização de calagens previamente às adubações, respeitando os aspectos econômicos, poderia ser uma boa alternativa para viabilização dos solos de várzeas, uma vez que pouca atenção tem sido da da aos aspectos ligados a fertilidade destes solos.

2.3. Problemas que Dificultam Extrapolar Dados de Sequeiro para Várzea (Química de Solos Inundados)

Torna-se difícil extrapolar dados de sequeiro para solos de várzea, uma vez que drásticas transformações físicas, físico-químicas e eletro-químicas bastante especiais ocorrem nos solos inundados, afetando a disponibilidade de nutrientes, bem como o manejo de fertilizantes e corretivos para conseguir a máxima eficiência econômica da utilização de nutrientes na produção, e em consequência, afetando o desenvolvimento das culturas cultivadas neste tipo de solo.

Os solos inundados são completamente diferentes dos solos bem drenados. Nestes há oxigênio disponível, do qual necessitam os microrganismos e as plantas. Esta situação muda completamente quando o solo é inundado, FAGERIA (27). Após a inundação do solo, o suprimento de oxigênio para os microrganismos é praticamente eliminado, tornando o ambiente anaeróbico devido a rápida utilização do O_2 pelos microrganismos. Assim, os organismos aeróbicos do solo tornam-se inativos ou morrem e são substituídos pelos organismos anaeróbios verdadeiros ou facultativos. Esses organismos efetuam a decomposição da matéria orgânica, usando os componentes oxidados do solo como receptores de elétrons, reduzindo-os, Ponnampuruma e Black citados por MORAES & FREIRE (53), sendo que na ausência do oxigênio molecular, outras substâncias químicas (NO_3^- , SO_4^{2-} , etc) podem ser utilizadas como receptores de elétrons produzidos durante a oxidação biológica do carbono, PAVAN &

MIYAZAWA (56).

Em geral, as reações de redução consomem H e contribuem para o aumento nos valores de pH em solos ácidos inundados. A química das reações de redução tem sido descrita com detalhes em vários trabalhos (44, 59, 79). Para PONNAMPERUMA (59), as principais alterações químicas para solos inundados são:

1. consumo do oxigênio molecular;
2. aumento no pH dos solos ácidos e diminuição no pH dos solos sódicos e calcários;
3. mudanças na condutividade elétrica;
4. redução do Fe^{3+} para Fe^{2+} e do Mn^{4+} para Mn^{2+} ;
5. redução química do solo ou diminuição do potencial de oxirredução;
6. aumento na disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Mo e Si;
7. diminuição na disponibilidade de zinco, cobre e enxofre; e
8. geração de toxinas tais como produtos orgânicos reduzidos, ácidos orgânicos, etileno e ácido sulfídrico.

A extensão destas mudanças variam com as propriedades físicas e químicas do solo, regime de água e temperatura.

Segundo SANCHEZ (70), todas as reações anteriores são reversíveis quando um solo inundado é drenado (seco) e se reoxida. O valor do pH retorna ao seu valor original. A velocidade da

reoxidação, entretanto, depende da taxa de perda de água do solo. Em solos argilosos "fangueados", o processo pode durar vários meses; em solos bem agregados, a reoxidação começa poucos dias após a drenagem. MORAES & FREIRE (53), observaram que um período de dois dias foi suficiente para que os solos apresentassem as características observadas antes da inundação e, portanto, as modificações que ocorreram nos solos, em consequência do excesso de água, não foram irreversíveis.

2.4. Dados de Fertilidade e Resultados Experimentais Justificando o Uso de Calcário nestes Solos

Em solos ácidos normalmente aerados, a calagem, dentre outros efeitos, atua na elevação do pH e na neutralização do alumínio tóxico. Para solos em condições de inundação contínua, em que haverá elevação natural do pH do solo e consequente neutralização do alumínio, não se espera de maneira geral, efeito da calagem na cultura do arroz irrigada por inundação. Em vista dos poucos trabalhos experimentais e dos resultados observados nem sempre coerentes, o assunto calagem e sua importância para as condições de solos de várzeas, tem sido bastante controvertido.

Para enfatizar os problemas de acidez em solos de várzeas, cita-se alguns exemplos de dados destes solos, obtidos em Minas Gerais, com ênfase nas suas características químicas de fertilidade. Os Quadros 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, dados do horizonte A dos levantamentos de reconhecimento dos solos sob

QUADRO 1 - Resumo de algumas características químicas de solos de várzea da área sob influência do reservatório de Furnas.

Características Químicas	Glei Húmico ^{1/}	Glei Pouco Húmico ^{2/}	Orgânico ^{3/}	Solos Aluviais ^{4/}
pH em H ₂ O (1:1)	4,7 - 5,0	4,0 - 5,0	4,3 - 4,9	4,8 - 5,4
H + Al (meq/100 g)	16,6 - 27,2	13,2 - 33,9	42,3 - 67,7	3,7 - 16,1
Ca + Mg (meq/100 g)	0,4 - 0,9	1,5 - 2,0	0,4 - 0,9	0,8 - 4,6

^{1/} Dados de 2 perfis

^{2/} Dados de 2 perfis

^{3/} Dados de 2 perfis

^{4/} Dados de 4 perfis

FONTE: CAMARGO et alii (12).

QUADRO 2 - Resumo de algumas características químicas de solos de várzea encontrados no Vale do Sapucaí, Sul de Minas Gerais.

Características Analíticas	Aluviais	Glei Húmico	Glei Pouco Húmico	Solos Orgânicos
	Distróficos	Distrófico	Distrófico	Distróficos
	Textura Argilosa	Textura Argilosa	Textura Argilosa	
pH em H ₂ O (1:2,5)	4,5 - 5,8	4,4 - 6,0	4,8 - 5,3	4,2 - 5,1
H (meq/100 g)	0,8 - 14,9	1,0 - 43,3	1,0 - 12,8	2,5 - 63,3
Al (meq/100 g)	0,1 - 5,6	0,6 - 7,0	1,6 - 5,8	1,0 - 6,7
Ca (meq/100 g)	0,5 - 2,7	0,4 - 3,2	0,5 - 1,0	0,6 - 2,6
Mg (meq/100 g)	T - 1,8	T - 1,6	T - 0,1	T - 1,6
m (%)	0,0 - 83,0	35,0 - 82,0	60,0 - 89,0	26,0 - 88,0

T = Traços

FONTE: AVELAR & SOUZA (7).

QUADRO 3 - Resumo de algumas características químicas de solos de várzea encontrados na área sob influência do reservatório de Três Marias e área do Distrito Agroindustrial de Jaíba, Minas Gerais.

Características Químicas	Glei Húmico Distrófico (Três Marias) ^{1/}	Glei Pouco Húmico Distrófico (Três Marias) ^{2/}	Aluvial Eutrófico (Três Marias) ^{3/}	Aluvial Eutrófico (Jaíba) ^{4/}
pH H ₂ O (1:2,5)	4,5 - 5,5	4,1 - 4,9	5,2 - 6,1	5,0 - 7,6
H (meq/100 g)	14,3 - 33,2	11,6 - 34,1	3,7 - 7,1	0,1 - 4,7
Al (meq/100 g)	0,5 - 7,0	3,3 - 6,7	0,0 - 0,5	0,0 - 2,1
Ca + Mg (meq/100 g)	0,4 - 3,0	0,6 - 1,9	6,3 - 8,4	1,1 - 19,3
m (%)	42,0 - 86,0	61,0 - 80,0	0,0 - 7,0	0,0 - 25,0

^{1/} Dados de 5 perfis

^{2/} Dados de 3 perfis

^{3/} Dados de 4 perfis

^{4/} Dados de 8 perfis

FONTE: ACHÁ PANOSO et alii (2, 3).

influência de Furnas (CAMARGO et alii, 12); dos solos dos "pôlde-res" Careaçú e Bela Vista, Vale do Sapucaí, relativo à Zona Sul de Minas Gerais (AVELAR & SOUZA, 7); e dos solos sob influência do reservatório de Três Marias e dos solos do Distrito Agroindustrial de Jaíba (ACHÁ PANOSO et alii, 2 e ACHÁ PENOSO et alii, 3).

Pode-se observar, que com exceção de alguns solos eutró-ficos, grande parte dos perfis mencionados apresentam acidez elevada ($\text{pH} < 5,0$), alto teor de acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) e baixas concentrações de cálcio e magnésio, apresentando conseqüentemente problemas de fertilidade, que poderiam ser contornados, no período da entre-safra, quando cessam os fenômenos de redução, com um bom manejo químico, através da prática da calagem.

O Quadro 4, tirado de ABREU (1), apresenta a resposta de diversas culturas à aplicação de calagem em solos de várzeas dos estados de São Paulo e Minas Gerais, que é um resumo dos experimentos relatados no Quadro 1A do apêndice.

Este quadro vem mais uma vez ratificar os resultados con-trovertidos obtidos pela aplicação de calcário em solos de vár-zeas. Respostas positivas foram obtidas por vários autores (9, 30, 32, 75), utilizando como planta teste a soja, tomate, alho e cebola; enquanto que GOMES et alii (33) verificaram efeitos nulos na pro-dução de milho com adição de calcário, quando a concentração de $\text{Ca} + \text{Mg}$ era de 2,6 meq/100 g.

Pode-se observar, ainda, que a cultura do arroz irriga-

QUADRO 4 - Resposta de 19 experimentos à aplicação de calagem em solos de várzea.

Característica	Respostas Positivas		Respostas Negativas	
	Nº	%	Nº	%
	6	31,6	13	68,4
Ca + Mg (meq/100g)				
- Amplitude	0,5 a 7,4		2,5 a 7,0	
- Média	3,00		3,88	
Al (meq/100g)				
- Amplitude	2,3 a 3,3		2,2 a 4,5	
- Média	2,6		3,2	
pH H ₂ O				
- Amplitude	4,0 a 5,6		4,0 a 5,0	
- Média	4,82		4,56	

FONTE: ABREU (1)

da por inundação não tem respondido à aplicação de calcário, desde que os teores de Ca e Mg estejam em níveis adequados, os quais têm-se situados ao redor de 4,0 - 5,0 meq/100 g. FAGERIA et alii (28), SCHIMIDT & GARGANTINI (71) confirmam este fato mostrando efeitos nulos na produção de arroz diante da aplicação de calcário. Por outro lado, VAHL et alii (77), através da elevação do nível de Ca + Mg que inicialmente era de 4,5 meq/100 g, aumentou signifi-

ficativamente o rendimento do arroz.

2.5. Métodos de Recomendação de Calcário

Basicamente são utilizados três métodos de laboratório para determinar a necessidade de calagem em solos no país, não havendo concordâncias com respeito a qual seria o melhor método. Para condições de várzeas o problema torna-se, ainda, mais complexo. Estes três métodos são discutidos a seguir:

2.5.1. Critério do alumínio trocável

O trabalho clássico de Daikuhara citado por QUAGGIO (61), que preconizou a determinação de alumínio trocável por meio de extração com KCl 1N e titulação com solução de hidróxido de sódio, serviu de base para o desenvolvimento deste método. A divulgação internacional veio com os trabalhos de COLEMAN et alii (17) e KAMPRATH (39), que preconizaram a idéia de que a calagem deve ser suficiente para neutralizar o alumínio trocável. Esse critério está ligado ao conceito de CTC efetiva e, ainda, que abaixo de pH 5,4 os problemas de acidez do solo são devidos exclusivamente ao Al. Neste caso, da eliminação de alumínio trocável, o cálculo das quantidades de calcário é dado pela fórmula: $\text{meq Al}/100 \text{ cm}^3 \times 1,5 = (\text{t CaCO}_3/\text{ha})$.

Existem solos, entretanto, que apresentam teores baixos de alumínio, mas também contém muito pouco cálcio e magnésio. Nes

ses casos é adotada a prática de adicionar calcário ao solo para elevar os teores desses nutrientes para 2 e 3 meq/100 cm³, respectivamente, para solos mais arenosos (M.O. < 2%) e mais argilosos (M.O. > 2%), VITTI (78). No Estado de São Paulo a recomendação de calagem até 1983, era feita geralmente pela alternativa que recomendasse a maior dose, já no Estado de Minas Gerais a recomendação é feita somando-se as duas alternativas, utilizando-se a fórmula: $\{(Al \times 2) + [2 - (Ca + Mg)]\} = t \text{ CaCO}_3/\text{ha}$, CFSEMG (19).

Esses critérios estão sendo substituídos em alguns estados, devido, principalmente, aos seguintes motivos (QUAGGIO, 60): (a) quando a calagem é recomendada pelo alumínio, o pH conseguido nem sempre ultrapassa 5,5, e, por isso, embora se neutralize Al, pode sobrar Mn tóxico; (b) eles nivelam todas as culturas como sendo pouco exigentes em calcário não permitindo o cálculo de acordo com as exigências e respostas das culturas à mesma; (c) fixam de maneira muito genérica os fatores 1,5; 2,0 e 3,0.

2.5.2. Método do tampão SMP

O método do tampão SMP, SHOEMAKER et alii (72), é utilizado nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Tem como fundamento a relação que existe entre o pH de um determinado volume de uma solução tamponada (SMP) em contato com uma amostra de solo ácido e a necessidade de calcário do solo encontrada por meio de um ensaio de incubação.

Durante o processo de determinação, a solução tamponada a um dado pH tem o valor deste alterado para menos devido à acidez do solo e ao poder tampão do mesmo. O novo valor pH está relacionado com a quantidade de CaCO_3 necessária para elevar o pH do solo, e é tanto menor quanto maior a acidez da terra e a sua capacidade de tamponamento.

O procedimento para se estabelecer recomendações de calcário com base nesta metodologia é o seguinte:

- a) determinar a necessidade de CaCO_3 de uma série de amostras de solos por incubação;
- b) medir os valores pH de volumes determinados da solução tamponada que receberam quantidades estabelecidas e iguais das amostras referidas em "a";
- c) com os dados obtidos em "a" e "b", calcular a equação de regressão pH x necessidade de CaCO_3 ;
- d) com auxílio da equação de regressão, construir uma tabela que relacione os valores de pH dos sobrenadantes da solução SMP e as respectivas quantidades necessárias de CaCO_3 . É evidente que estas quantidades podem ser obtidas por meio da equação de regressão, sem o uso da tabela, MELO (52).

O método do tampão SMP tem boa base teórica e é muito simples, não exigindo nenhuma outra determinação para a realização, nem mesmo das bases trocáveis, bastando o pH do solo na solução tampão SMP. Trabalhos recentes, estabeleceu

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...
...the ... of ...

calcário para vários níveis de pH a serem atingidos (pH 5,5; 6,0; 6,5) permitem maior flexibilidade para a utilização deste método, SIQUEIRA et alii (73).

2.5.3. Método da elevação da saturação em bases

Vários autores têm encontrado uma relação entre o pH do solo e a saturação em bases. No Brasil, a primeira publicação a esse respeito foi a de CATANI & GALLO (16).

Este método de determinação de necessidade de calagem preconiza a elevação da saturação em bases à valores pré-estabelecidos, de acordo com a fórmula indicada a seguir, RAIJ (65):

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) T}{100} \times f$$

Nesta fórmula, a necessidade de calagem (NC) é dada em t/ha de calcário, para uma profundidade de 20 cm, V_1 é a saturação em bases do solo e V_2 a saturação em bases desejada, T é a capacidade de troca de cátions a pH 7,0 e f um fator de correção da qualidade do calcário ($f = 100/PRNT$).

A vantagem principal da determinação da necessidade de calagem pela elevação da saturação em bases está na facilidade dos cálculos e na flexibilidade de adaptação para diferentes culturas, de acordo com suas exigências. Comparativamente ao método do ++

pão SMP, o método de elevação de saturação de bases é um pouco mais complexo, pela exigência das determinações de cálcio, magnésio e potássio. Para LOPES (45), entretanto, o ajustamento deste modelo (V%) para solos sob vegetação de cerrado exige calibração dos níveis de $\text{meq H} + \text{Al}/100 \text{ cm}^3$, em relação ao pH da suspensão do solo com tampão SMP e do pH em CaCl_2 0,01M, utilizados neste método, com saturação de bases. Exige, ainda, estimativa precisa da saturação de bases adequada para as diversas culturas, cultivares e sistemas de manejo integrado.

2.6. Método de Incubação (com CaCO_3)

Entre os métodos de laboratório este é o que mais se aproxima das condições naturais. É de execução trabalhosa e demorada. Por isso não é utilizado nas rotinas dos laboratórios, sendo mais empregado para testar outros métodos.

Consiste em se tomar amostras de terras e adicionar-lhes quantidades crescentes de CaCO_3 de modo a se obterem valores de pH superiores ao que se deseja para a cultura no campo. Mantêm-se as amostras suficientemente úmidas e, após um período de tempo conveniente para que a plena ação do CaCO_3 se manifeste, as mesmas são secas e medidos os seus valores de pH. A seguir, preparam-se os gráficos pH x t de calcário/ha, como aparece na Figura 1.

Por interpolação, que pode ser feita no próprio gráfico, determina-se a quantidade de calcário necessária para elevar

o pH de cada solo ao valor desejado.

A Figura 1, também revela a elevada capacidade de tempo namento dos solos 4 e 5 e as baixas capacidades dos solos 1 e 2.

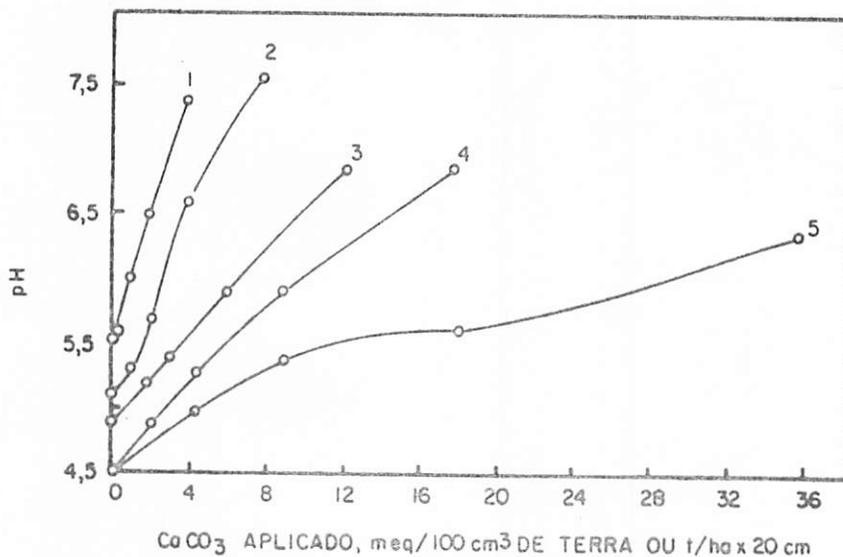


FIGURA 1 - Curvas de neutralização de cinco amostras de solos com CaCO_3 . (RAIJ, 65).

2.7. Principais Fatores que Afetam o Poder Tampão do Solo

É importante enfatizar, que os solos diferem nas necessidades de CaCO_3 para propiciar uma mesma mudança de pH. Diz-se que os solos diferem em poder tampão, isto é, resistência a variações nos valores de pH quando são adicionadas pequenas quantidades de ácido ou base. Essas diferenças são devidas à capacidade de troca, que é maior em solos mais ricos em matéria orgânica e/

ou com teores mais elevados de argila e, ainda, quando a argila apresenta maior atividade de superfície, RAIJ (65). FAGERIA (27) também cita a textura e a matéria orgânica como sendo importantes características para determinar a necessidade de calcário, porque indicam a capacidade de adsorção do solo e o potencial de tamponamento e, naturalmente, quanto maior for a capacidade de tamponamento de um solo, maior será a quantidade de calcário a ser aplicado para modificar o pH.

LUCAS (47) encontrou que a necessidade de calcário foi altamente correlacionada com pH do solo e a capacidade de troca de cátions, determinada pelo uso de acetato de cobre ou acetato de amônio. KEENEY & COREY (40) concluíram que o teor de matéria orgânica do solo foi intimamente relacionado com a necessidade de calcário encontrando, uma função de interação entre o pH e matéria orgânica altamente relacionada com a necessidade de calcário. Isto pode ser particularmente aplicável para solos de textura arenosa, onde matéria orgânica parece ser a principal responsável pela capacidade de troca de cátion; em solos de textura barrenta e argilosa, a fração inorgânica pode ser mais importante na determinação da necessidade de calagem.

ROSS et alii (69), em trabalho tentando relacionar a necessidade de calagem com propriedades físicas e químicas do solo, encontrou que a porcentagem de argila nos solos era significativamente relacionada com a necessidade de calagem, aumentando linearmente com a % de argila. KEENEY & COREY (40), concluíram de seus

experimentos que teor de argila não foi um fator importante na de terminação de necessidade de calagem. Porém, é mais fácil explicar a boa correlação entre estes dois fatores do que explicar a pobre correlação, devido ao fato de que a argila, sendo um importante constituinte coloidal na maioria dos solos, deveria contribuir com uma significativa parte da capacidade de tamponamento e ne cessidade de calagem dos solos ácidos.

Importante efeito do teor de matéria orgânica na ne cessidade de calagem, foi também observado por ROSS et alii (69), ob tendo uma correlação linear. Os autores ainda relatam que teor de matéria orgânica do solo e de argila tenderam a estar correlacionados nos solos em estudo; conseqüentemente, os efeitos de cada componente por si só não pode ser determinado.

Correlação entre pH e porcentagem de saturação de bases, vem sendo encontrada dentro de cada tipo de solo, mas não entre diferentes tipos de solos, o que pode ser devido a diferentes for ças de adsorção dos cátions trocáveis nos coloides do solo. Esta diferença na força de adsorção de bases pode ser devido a varia ção no tipo e teor de minerais de argila presentes e varia ção no teor de matéria orgânica dos diferentes tipos de solo, ALLAWAY (5).

Também tirado do trabalho de ROSS et alii (69), correla ção entre CTC e necessidade de calagem foi indicada pelo efeito do teor de argila e matéria orgânica. Para nove solos estudados neste experimento, o coeficiente de correlação entre teor de argi

la e CTC foi 0,906, e para matéria orgânica 0,941; ambos significativos ao nível de 1%. Tedrow & Gillam citados por ROSS et alii (69), tem mostrado que em solos de textura barrenta e arenosa, a CTC é principalmente derivada da matéria orgânica, em solos de textura argilosa, a maior porção da CTC é derivada da argila. Portanto, a correlação estreita entre teor de matéria orgânica e CTC poderia ser esperada pelo fato de que 8 dos 9 solos usados no experimento continham menos do que 18% de argila.

Esta correlação entre CTC e necessidade de calagem é consistente, uma vez que a um dado pH, a CTC de um solo ácido pode ser relatada como acidez de reserva. Devido a maior porção do calcário reagir com a reserva de acidez, a necessidade de calagem aumenta com o aumento da reserva de acidez e aumento da CTC.

Segundo KIEHL (41), o tamanho da área superficial das partículas do solo pode se correlacionar positivamente com a CTC. Sabe-se que os solos diferem de forma marcante nas suas áreas superficiais, as quais dependem diretamente das superfícies específicas dos componentes minerais e orgânicos presentes. Mesmo dentro da fração argila pode ocorrer grandes variações, dependendo do tipo de argilo-mineral predominante. Por exemplo, a caulinita contribui com uma superfície específica de 20 m²/g, enquanto que a montmorilonita atinge o valor de 800 m²/g, GROHMANN (35); consequentemente a montmorilonita apresenta uma maior CTC e uma maior necessidade de calagem.

2.8. Considerações Gerais

Os solos de várzeas, nas suas condições naturais, podem apresentar-se encharcados em consequência da elevação do lençol freático, sofrendo alterações químicas propiciadas pelas condições redutoras do solo, principalmente, elevação do pH e neutralização do Al trocável. Sob estas condições é pouco questionável a necessidade ou não da calagem.

Entretanto, sob condições de drenagem, estes solos que geralmente apresentam elevados teores de matéria orgânica, têm mostrado resultados bastante controvertidos quanto a importância da calagem - as respostas têm sido positivas, negativas ou nulas no que diz respeito à produção das várias culturas.

A elevada capacidade de tamponamento encontrada nestes solos, onde acredita-se que seja influenciável principalmente pela matéria orgânica, leva a preocupação em desenvolver estudos de calagem em solos de várzeas em condições de drenagem, onde há retorno do pH ao seu valor original e conseqüente aparecimento do alumínio em concentrações tóxicas, necessitando, muitas vezes de doses ainda maiores de corretivos do que os solos bem drenados.

A falta de estudos básicos de métodos de recomendação de calagem para as condições de várzeas drenadas justificou o presente trabalho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, utilizando o método clássico de incubação com calcário. Os 33 solos de várzeas empregados, coletados no Estado de Minas Gerais, na camada superficial de 0 - 20 cm, foram devidamente escolhidos para apresentar uma gama de variação nos teores de argila (textura), matéria orgânica, alumínio trocável e bases trocáveis, com o objetivo de obter-se uma população amostral de solos com ampla variação na capacidade tampão.

3.1. Preparo das Amostras de Terra

Após a coleta, as amostras de terra foram primeiramente secas ao ar. Posteriormente, as amostras destinadas à incubação foram passadas em peneiras com malha de 5 mm de abertura, de modo a desfazer os torrões. Ao mesmo tempo, de cada solo, foram separadas amostras menores e passadas em peneiras com malhas de 2 mm de abertura, para promover as análises de caracterizações físicas e químicas. Estando preparadas, estas amostras foram encaminhadas para as determinações de laboratório.

3.2. Análises de Caracterização

À exceção da determinação de argila que foi feita com base no peso de terra, as demais determinações foram feitas sempre com base no volume de terra.

3.2.1. Físicas

Na análise granulométrica foi feita a dispersão das amostras usando princípios químicos (NaOH 0,1N) e físicos (agitação com alta rotação). A fração areia (2 - 0,053 mm) foi obtida por tamizagem. As frações silte (0,053 a 0,002 mm) e argila (< 0,002 mm) foram determinadas segundo o método da pipeta, conforme DAY (23). Realizou-se a oxidação da matéria orgânica com água oxigenada 30%, segundo EMBRAPA (24), para solos com mais de 5% de matéria orgânica.

3.2.2. Químicas

As análises de caracterização química, foram realizadas em dois laboratórios: Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, que utiliza a resina trocadora de ions como extrator e o Laboratório de Fertilidade do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, que utiliza o KCl 1,0 N e a solução de Mehlich I como extratores.

3.2.2.1. Análises realizadas na Escola Superior de Agricultura de Lavras

O carbono orgânico foi determinado por oxidação com dicromato de potássio segundo Vettori, com modificações de EMBRAPA (24).

As análises do complexo sortivo (Ca, Mg, K e Al), N, P, micronutrientes (Cu, Zn, Fe e Mn), pH H₂O e pH KCl 1,0N foram determinadas segundo Vettori, modificado por EMBRAPA (24), onde: Ca, Mg, Al foram extraídos com KCl 1,0N; P, K, Cu, Zn, Fe e Mn pelo HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N (extrator de Mehlich I); N pelo método Kjeldahl.

O boro foi determinado de acordo com o método simplificado da curcumina de Dible et alii, descrito por JACKSON (37).

O enxofre, S-SO₄, foi determinado conforme BARDSLEY & LANCASTER (8), usando acetato de amônio.

Também foi determinado pH CaCl₂ 0,01M, segundo PEECH (57). E a acidez potencial (H + Al) foi extraída com acetato de cálcio a pH 7,0, conforme Vettori modificado por EMBRAPA (24).

3.2.2.2. Análises realizadas no Instituto Agronômico de Campinas

O teor de matéria orgânica no solo foi determinado através da oxidação do carbono orgânico com bicromato de sódio na pre

sença de ácido sulfúrico, segundo QUAGGIO & RAIJ (63).

O pH CaCl_2 0,01M também foi determinado segundo PEECH (57).

O Ca, Mg, K e P foram extraídos pela resina trocadora de íons, conforme RAIJ & QUAGGIO (67).

O valor de (H + Al) foi obtido com a determinação do pH SMP, através da equação de regressão obtida por QUAGGIO (60), que descreve a relação entre os valores de pH SMP e de (H + Al) de solos de São Paulo.

3.3. Delineamento Experimental e Tratamentos

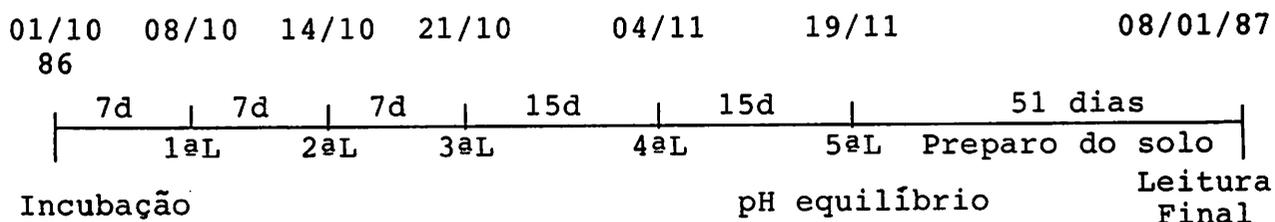
Os tratamentos consistiram na aplicação de doses crescentes de um calcário calcinado (43,5% CaO, 18,6% MgO, PN = 123,8% e PRNT = 108,2%), tomando como padrão a dose necessária para atingir 100% da saturação em bases (D_5), e as outras doses calculadas através da multiplicação desta dose pelos fatores: 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,5. Estas doses serão identificadas no decorrer do trabalho como: D_0 , D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , D_5 e D_6 , respectivamente.

Empregou-se delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições, totalizando 693 parcelas (33 solos x 7 doses de calcário x 3 repetições).

3.4. Condução do Experimento

A curva de neutralização do solo foi obtida através do método clássico de incubação. As amostras de material do solo passadas em peneiras com malha de 5 mm e secas ao ar, foram condicionadas em copos plásticos de 500 ml, onde foram misturadas com quantidades correspondentes de calcário, procedendo-se cuidadosa homogeneização deste com o material de solo, permanecendo em incubação até atingir pH de equilíbrio (2 meses).

As três primeiras amostragens para determinação do pH foram realizadas com intervalo de uma semana cada, posteriormente foram realizadas mais duas amostragens com intervalos de 2 semanas que foi suficiente para atingir o pH de equilíbrio. Finalmente, estas amostras foram passadas em peneiras de 2 mm e secas ao ar, para leitura final do pH em H_2O , em KCl 1,0N e em $CaCl_2$ 0,01M. O esquema abaixo ilustra o cronograma de amostragem e determinação do pH:



A irrigação foi controlada diariamente, pesando-se os vasos e usando água destilada, de forma a preencher 70% do espaço poroso total para cada parcela.

3.5. Análises Químicas após Incubação dos Solos

Após atingido o pH de equilíbrio, foram coletadas amostras de material de solo, devidamente preparadas, para determinação do Ca, Mg, Al, K, acidez potencial (H + Al), pH H₂O, pH KCl 1,0N e pH CaCl₂ 0,01M. O Ca, Mg e Al foram extraídos com KCl 1,0N de acordo com Vettori modificado por EMBRAPA (24). O K foi obtido através do extrator de Mehlich I (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N); e a acidez potencial (H + Al), foi extraída com acetato de cálcio a pH 7,0, ambos conforme Vettori modificado por EMBRAPA (24).

O pH H₂O, KCl 1,0N e CaCl₂ 0,01M foram determinados das mesmas maneiras que anteriormente.

3.6. Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram baseadas em estudos de regressão e correlação, onde o processamento dos dados foram feitos pelo Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) da Central de Processamento de dados da U.F.V.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características Gerais dos Solos

Os resultados das análises de caracterização, assim como os municípios onde foram coletadas as amostras, estão apresentados no Quadro 2A do Apêndice, cujo resumo está apresentado no Quadro 5.

Observa-se que, com exceção de alguns solos eutróficos incluídos neste estudo, os demais solos apresentam teores médios ou baixos de cálcio e magnésio, sendo o potássio menos limitante, com níveis satisfatórios deste nutriente. Desta forma, os solos apresentam-se pobres em bases trocáveis. Por outro lado, o teor de alumínio trocável é bastante variável, cabendo geralmente, os teores mais elevados aos solos com maiores porcentagens de matéria orgânica. O solo nº 11 vem a se constituir numa exceção ao que foi dito anteriormente pois apresenta baixo teor de alumínio trocável e alta porcentagem de matéria orgânica, o que se deve ao fato de se tratar de um solo eutrófico onde o pH inicial do solo é suficiente para neutralizar o alumínio trocável.

Considerando os dois métodos de extração utilizados, a ní

QUADRO 5 - Resumo dos resultados analíticos das amostras de solos de várzea utilizados. Caracterização individual das amostras trabalhadas encontram-se no Quadro 2A do Apêndice.

Características	Média	Amplitude	
N total (%) ^a	0,43	0,18	- 1,82
P (ppm) ^a	8	2	- 23
P (ppm) ^b	18	3	- 66
S - SO ₄ (ppm) ^a	12,1	1,0	- 56,4
B (ppm) ^a	0,2	T	- 1,2
Cu (ppm) ^a	1,8	T	- 7,2
Fe (ppm) ^a	334,2	24,6	- 802,0
Zn (ppm) ^a	2,6	0,4	- 8,2
Mn (ppm) ^a	76,4	2,2	- 210,5
Argila (%) ^a	42	5	- 68
MÓ (%) ^a	6,5	0,7	- 37,3
MO (%) ^b	6,7	1,7	- 23,3
Al (meq/100 cm ³) ^a	0,76	0,1	- 3,1
Ca (meq/100 cm ³) ^a	2,8	0,1	- 23,5
Ca (meq/100 cm ³) ^b	3,0	0,2	- 29,4
Mg (meq/100 cm ³) ^a	0,8	0,1	- 2,5
Mg (meq/100 cm ³) ^b	0,8	0,1	- 2,4
K (meq/100 cm ³) ^a	0,21	0,06	- 0,44
K (meq/100 cm ³) ^b	0,24	0,09	- 0,56
S (ppm) ^a	3,8	0,3	- 25,2
S (ppm) ^b	4,1	0,4	- 31,4
m (%) ^a	24	1	- 92
H + Al (meq/100 cm ³) ^a	8,5	2,0	- 30,2
H + Al (meq/100 cm ³) ^b	6,1	1,7	- 20,5
CTC a pH 7,0 (meq/100 cm ³) ^a	12,3	6,2	- 32,9
CTC a pH 7,0 (meq/100 cm ³) ^b	10,2	4,9	- 35,2
V (%) ^a	32	1	- 83
V (%) ^b	38	2	- 89

(a) Extraídos pela metodologia atualmente empregada na ESAL.

(b) Extraídos pela metodologia atualmente empregada no IAC.

T = Traços

vel de análise de rotina, pode-se observar que praticamente não houve diferença entre os métodos, sendo os dados bastante coerentes, com exceção para a extração de fósforo, onde a resina trocadora de íons, de modo geral, extraiu uma quantidade muito maior do nutriente do que o extrator de Mehlich I, e segundo GRANDE et alii (34) a resina é mais eficiente que o extrator de Mehlich para avaliar fósforo disponível em condições de solos de várzeas.

Pode-se observar ainda, pela amplitude das características estudadas, que os solos de várzeas apresentam-se bastante variáveis na sua composição em função, principalmente, das suas condições de origem.

4.1.1. Capacidade Tampão das Amostras Estudadas

Para QUAGGIO (60), a capacidade tampão do solo depende da natureza de seu complexo coloidal, e pode ser definida como a sua resistência a mudança de pH, quando da adição de quantidade de ácido ou base. Ela pode ser determinada através da curva de titulação potenciométrica do solo, e poderá ser expressa pela relação $pH/\Delta H^+$, $pH/\Delta OH^-$ ou em unidades de pH/meq de H^+ ou OH^- adicionadas a uma determinada quantidade de terra. O mesmo autor cita ainda que a capacidade tampão do solo é diretamente proporcional à sua CTC, podendo este parâmetro ser utilizado como base na recomendação da calagem.

Os resultados do Quadro 6 mostram que para os solos de várzeas estudados obteve-se estreita relação entre os valores de

CTC e teores de matéria orgânica dos solos, a qual está apresentada na Figura 2, podendo a matéria orgânica também ser considerada para recomendação de calagem. O mesmo não foi observado entre os valores de CTC e teores de argila expressos tanto em peso como em volume e CTC e valores de pH. Com o uso da regressão múltipla do tipo step-wise, observou-se que com a introdução das variáveis teor de argila e pH, ao modelo que utiliza apenas a variável independente matéria orgânica, quase não houve aumento no coeficiente de correlação, por outro lado, aumentando muito o nível de significância do teste. (Quadro 6).

QUADRO 6 - Coeficientes de determinação entre as variáveis CTC, matéria orgânica, argila expressa em peso e valores de pH em água, obtidos da regressão múltipla.

	M.O. (%)	Argila (%) _p	Argila (%) _v	pH H ₂ O
CTC	0,805	- 0,044	- 0,290	- 0,211
M.O. (%)		0,025	- 0,287	- 0,462
Argila (%) _p				0,002
Argila (%) _v				0,248

A capacidade de troca de cátions desses solos, portanto,

varia principalmente com a fração orgânica do solo, enquanto que a fração mineral pouco influencia nas variações da CTC. Isto era de se esperar, uma vez que nos solos de várzeas a mineralização da matéria orgânica tende a ser mais lenta, devido as condições anaeróbicas que diminuem a atividade dos microrganismos decompositores, aumentando as concentrações de matéria orgânica no solo (no caso, dezesseis dos solos estudados, apresentam mais de 3% de matéria orgânica).

O solo nº 11 constitui-se no ponto mais discrepante da curva da Figura 2, tratando-se de um solo rico em matéria orgânica e com alta fertilidade natural, sendo que as bases trocáveis ocupam maior quantidade de cargas da CTC do que a acidez potencial (H + Al), contrariamente ao que pode ser observado para os demais solos.

4.2. Valores de pH

Tem sido muito questionada a validade das interpretações normalmente dadas a essa determinação, COLEMAN et alii (18) e PEECH & McDEVIT (58). A razão de diluição, o potencial de junção líquida e o conteúdo de sais nas amostras de terra são fatores que influenciam essa determinação e, provavelmente, são os principais responsáveis pela falta de confiança nos resultados obtidos nos diversos trabalhos envolvendo estudos de pH.

Com a introdução da determinação do pH em solução de

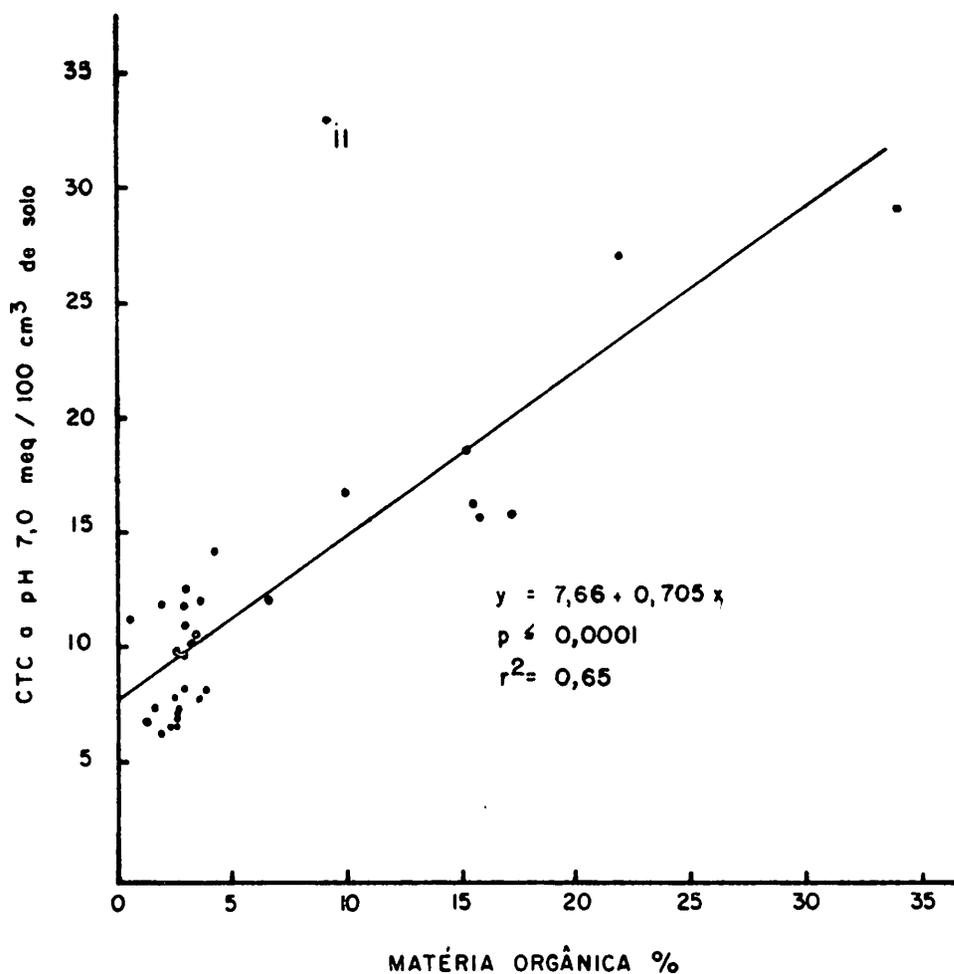


FIGURA 2 - Relação entre os teores de matéria orgânica do solo e CTC determinada pelo método da extração com acetato de cálcio normal a pH 7,0.

CaCl_2 0,01 M por Schofield & Taylor citador por QUAGGIO (60), esses fatores puderam ser melhor contornados, uma vez que, essa determinação independe da razão da diluição, e a suspensão de solo em solução de CaCl_2 0,01 M é floculada e portanto, o potencial de junção líquida é minimizado, pois, o eletrodo de calomelano é mantido no sobrenadante isento de partículas de argila. Além disso, as leituras potenciométricas são feitas sempre na mesma concentração salina evitando-se assim, as variações no conteúdo de sais das amostras de terra.

Os resultados de pH obtidos nas diferentes determinações estão apresentados no Quadro 3A do Apêndice, cujo resumo está apresentado no Quadro 7.

QUADRO 7 - Média e amplitude dos valores de pH em KCl 1,0 N, pH em água, pH em CaCl_2 0,01 M e pH SMP. Resumo do Quadro 3A do Apêndice.

Parâmetros	Média	Amplitude
KCl 1 N	4,4	3,7 - 5,4
H_2O	5,1	4,1 - 6,4
CaCl_2 0,01 M	4,6	3,9 - 5,6
SMP	5,8	4,6 - 6,9

PEECH (57), cita que a utilização da solução de KCl

1,0 N é preferida por alguns autores por apresentar valores menos influenciados por mudanças nas condições bioclimáticas do solo, como acontece com pH em água, sendo que a diferença encontrada para estes dois extratores pode atingir valores de até duas unidades de pH. Esse autor ressalta porém, que sob esta alta concentração salina o pH medido é muito influenciado pela relação solo: solução. O uso desta solução além de mascarar as diferenças provenientes da concentração de sais na amostra, pode deslocar maiores quantidades de H e Al trocáveis, o que pode tornar os valores de pH ainda mais baixos, McLEAN (49).

As médias obtidas para os diferentes extratores (Quadro 7) mostram que os valores de pH em solução de KCl 1N e CaCl₂ 0,01M (determinados em soluções salinas) apresentam-se inferiores àqueles determinados em água, indicando carga superficial líquida negativa das partículas (UEHARA & GILLMAN, 76). O menor valor encontrado para pH KCl 1N em relação ao pH CaCl₂ 0,01M, de modo geral, pode ser devido ao fato da solução 1N de KCl extrair também parte do H e Al trocáveis do solo (McLEAN, 49), principalmente H, no caso específico destes solos.

Observa-se que o pH em CaCl₂ 0,01 M apresenta um decréscimo médio, para os solos de várzeas estudados, de 0,5 unidades de pH em relação ao pH em água, o que está próximo aos valores anteriormente verificados (22, 29, 57, 60). Além disso, foi observado também estreita relação entre os valores de pH em H₂O e em solução de CaCl₂ 0,01M, a qual está representada na Figura 3.

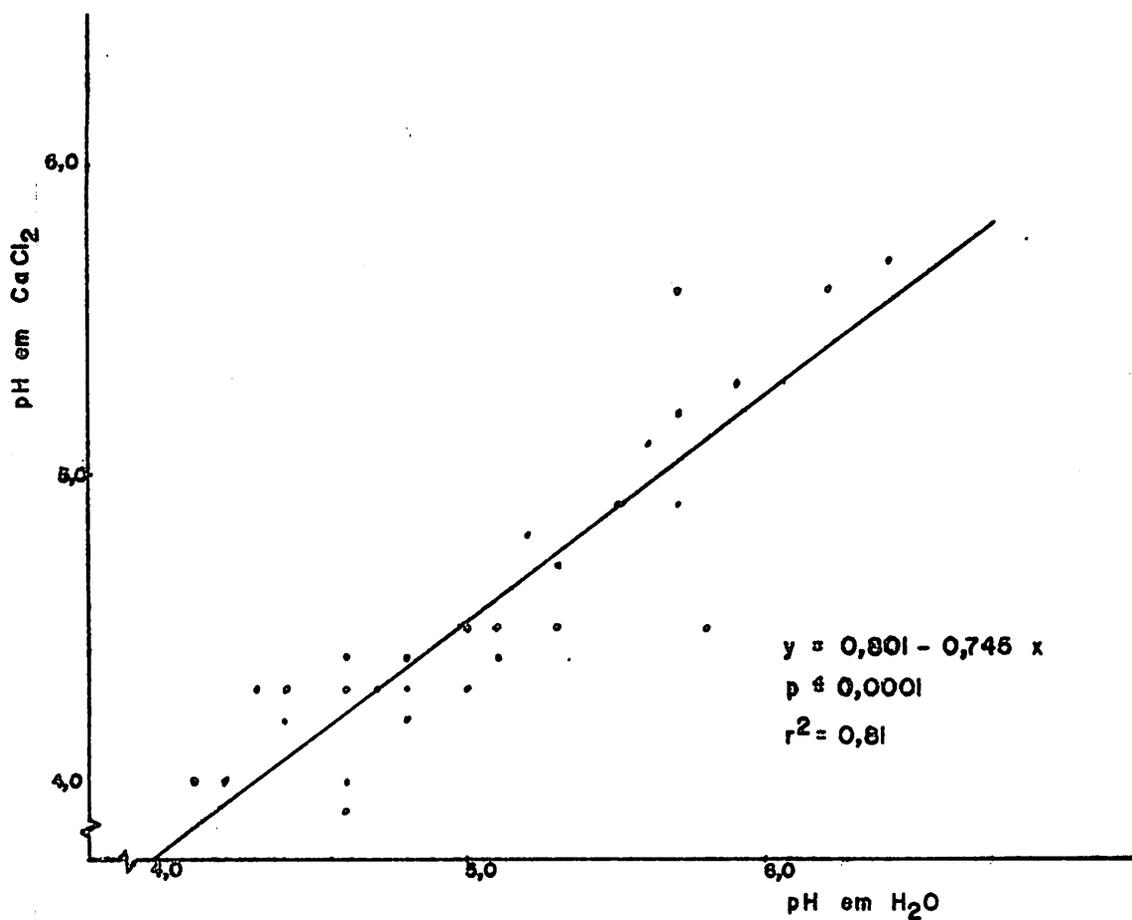


FIGURA 3 - Relação entre o pH determinado em água e em solução de CaCl₂ 0,01 M.

Resolvendo-se a equação de regressão para alguns valores de pH, pode-se observar que as diferenças entre essas duas determinações não são constantes, pois, elas vão aumentando à medida que aumentamos valores de pH, contrariamente ao que foi obtido por QUAGGIO (60).

Os valores de pH de equilíbrio da solução tampão SMP, diferentemente das determinações de pH já apresentadas que medem a atividade do íon H na solução do solo, ou seja, a acidez ativa, é também sensível à sua acidez potencial. Os decréscimos verificados em relação ao pH original da solução tampão, são proporcionais à acidez potencial dos solos. Por essa razão, essas soluções tampões são geralmente empregadas nos métodos rápidos para determinação de necessidade de calagem, Woodruff; Shoemaker et alii e Yuan citados por QUAGGIO (60), ou ainda na determinação da acidez potencial dos solos por meio de leituras potenciométricas, Brown; Adams & Evans e Raij et alii também citados pelo mesmo autor. Nestes casos torna-se necessário construir as curvas de calibração com outros métodos nos quais a determinação é feita diretamente por titulação de extratos de solos, RAIJ et alii (66), ou através de curvas de titulação potenciométrica da solução tampão com ácidos, BROWN (11) e ADAMS & EVANS (4).

4.3. Relação entre a Acidez Potencial do Solo e o pH da Solução Tampão SMP

Admitindo-se que os princípios de determinação dos teo-

res de H + Al do solo através da leitura do pH da solução tampão SMP após equilíbrio com a acidez potencial do solo possam também ser utilizados para solos de várzeas, foi feito, neste trabalho, estudo de regressão entre os valores de H + Al extraído pelo acetato de cálcio normal a pH = 7,0 e os valores do pH SMP. A determinação do pH SMP é mais simples que a determinação convencional do H + Al, podendo, desta forma, agilizar as análises de laboratório a nível de rotina.

Assim, foi obtida a curva de calibração para determinação do H + Al nos diversos solos de várzeas de Minas Gerais, curva esta apresentada na Figura 4.

A metodologia consiste em medir 10 cm³ de terra e adicionar 25 ml de solução de cloreto de cálcio 0,01 M obtendo o valor de pH correspondente. Adiciona-se a seguir 5 ml de solução tampão SMP com concentração dobrada em relação a proposta originalmente por SHOEMAKER et alii (72). A suspensão é agitada por 15 minutos e após período de repouso de 60 minutos necessários para o estabelecimento do equilíbrio faz-se a leitura potenciométrica, conseguindo o valor do pH SMP. Assim, conhecendo-se os valores do pH SMP, resolve-se a equação de regressão da Figura 4 e obtem-se os teores de H + Al por cálculo, já expressos em meq/100 cm³ de solo, cujo resumo encontra-se no Quadro 8.

A existência de relação entre os valores de H + Al e os valores do pH SMP, já havia sido mostrado por RAIJ et alii (66) para solos do estado de São Paulo. Posteriormente, QUAGGIO (60) tra

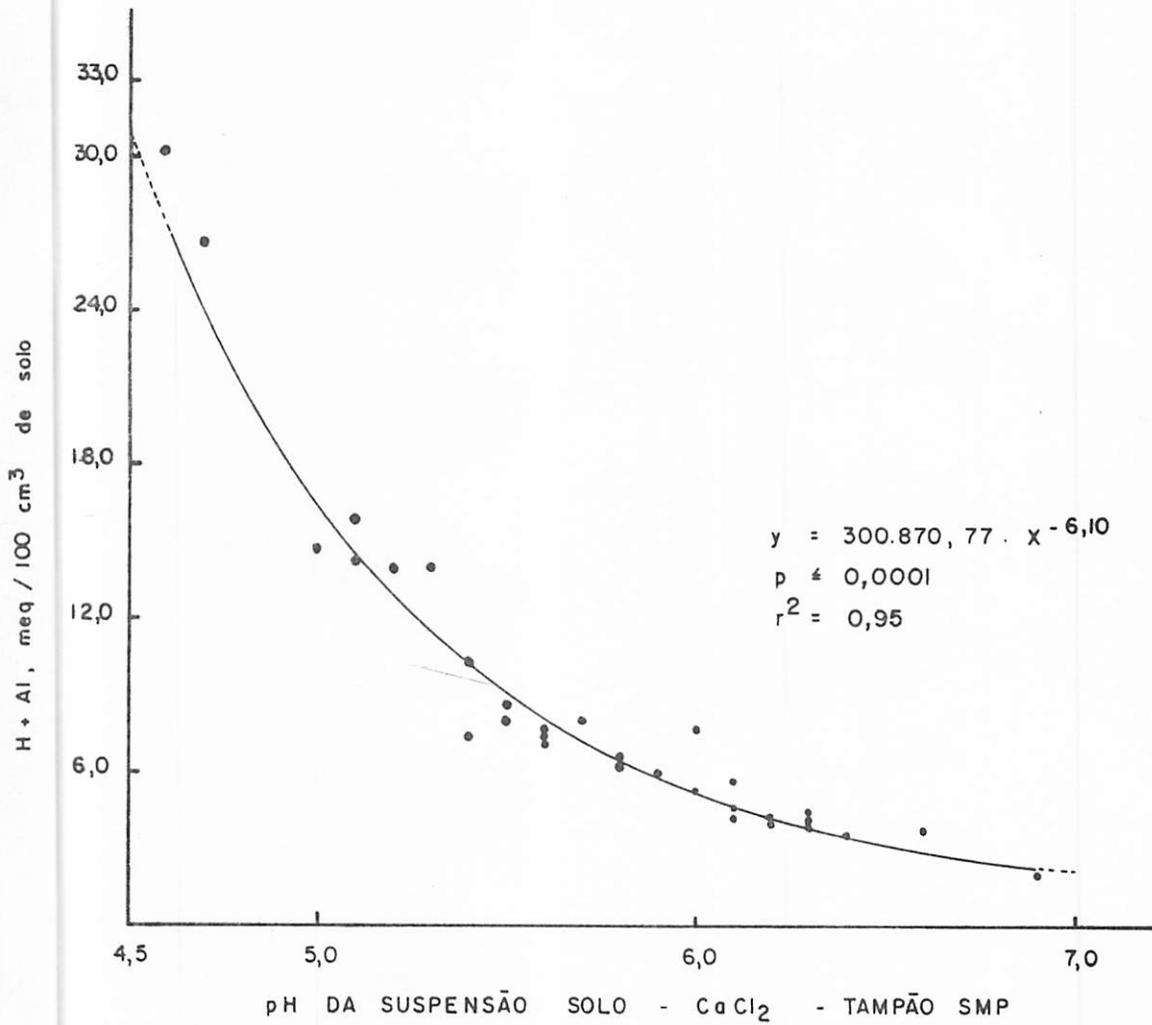


FIGURA 4 - Relação entre os valores de H + Al determinado pelo método da extração com acetato de cálcio e pH da suspensão do solo - CaCl₂ - solução tampão SMP.

QUADRO 8 - Tabela para determinação da acidez potencial (H + Al) com base no pH lido na solução SMP, baseada em calibração com solos de várzeas utilizando a relação solo: CaCl₂ 0,01M: solução-tampão SMP de 10:25:5

pH da Suspensão Solo: Solução SMP	meq H + Al/100 cm ³
4,6	27,3
4,7	24,0
4,8	21,1
4,9	18,6
5,0	16,4
5,1	14,6
5,2	12,9
5,3	11,5
5,4	10,3
5,5	9,2
5,6	8,2
5,7	7,4
5,8	6,7
5,9	6,0
6,0	5,4
6,1	4,9
6,2	4,4
6,3	4,0
6,4	3,7
6,5	3,3
6,6	3,0
6,7	2,8
6,8	2,5
6,9	2,3

balhando com uma população maior de solos e com maior amplitude de variação nos valores de capacidade de troca catiônica, obteve uma nova equação de regressão apresentada no Quadro 9. Equação bastante semelhante a esta foi obtida por CORRÊA et alii (20), para solos do Estado de Minas Gerais, trabalhando com CaCl_2 0,01M, também apresentada no mesmo quadro.

QUADRO 9 - Curva de calibração para determinação da acidez potencial (H + Al) através da determinação do pHSMP.

Equações	r	Referência
$\ln H + Al = 7,76 - 1,053 \text{ pHSMP}$	- 0,98**	QUAGGIO (60)
$\ln H + Al = 8,06 - 1,111 \text{ pHSMP}$	- 0,99**	CORRÊA et alii (20)

4.4. Relações Estabelecidas entre o pH e a Saturação em Bases (V%).

Nas Figuras 5a, b e c estão representadas as relações com as respectivas equações de regressão obtidas entre o pH em KCl 1,0N, água e CaCl_2 0,01M e a saturação em bases, calculadas com base na CTC determinada indiretamente somando-se as bases trocáveis (Ca + Mg + K) aos teores de H + Al determinados pelo método da extração com acetato de cálcio normal a pH 7,0.

Observa-se que, para os solos de várzeas, as correla-

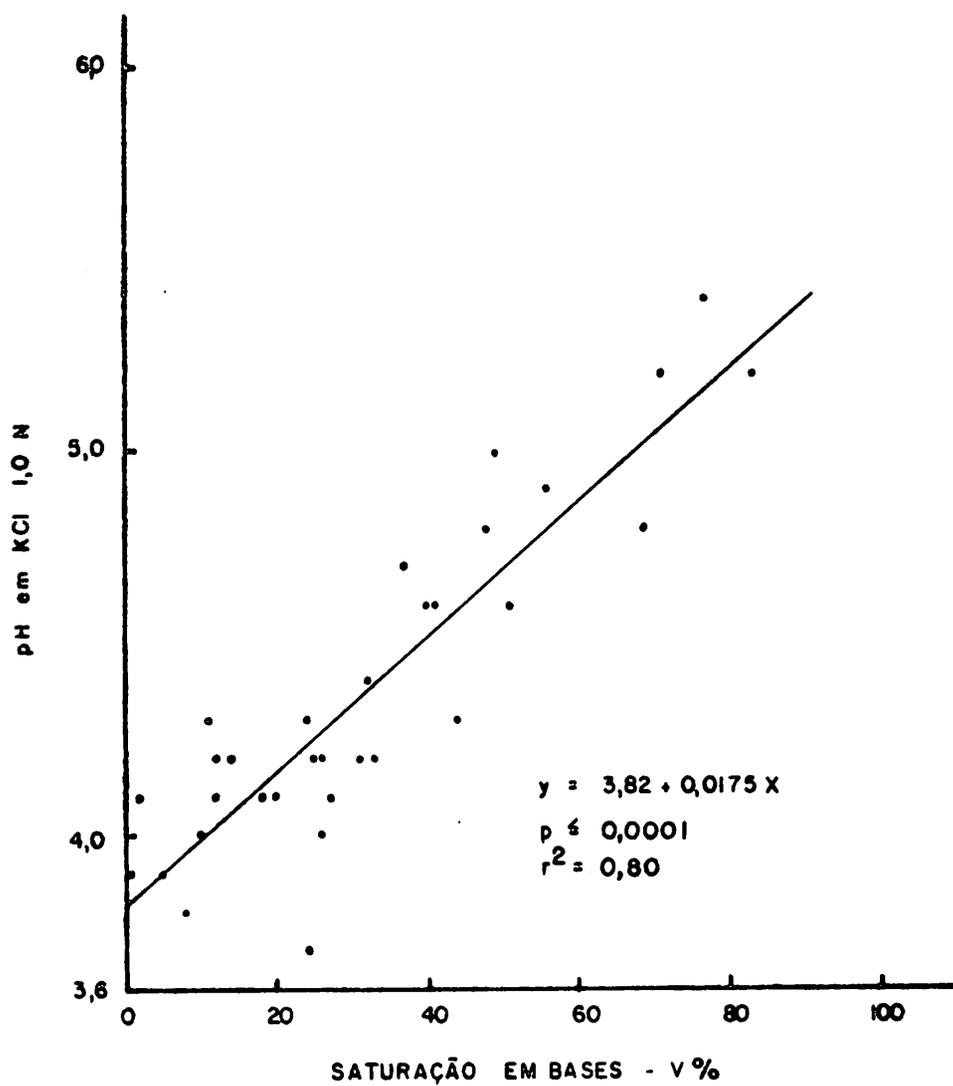
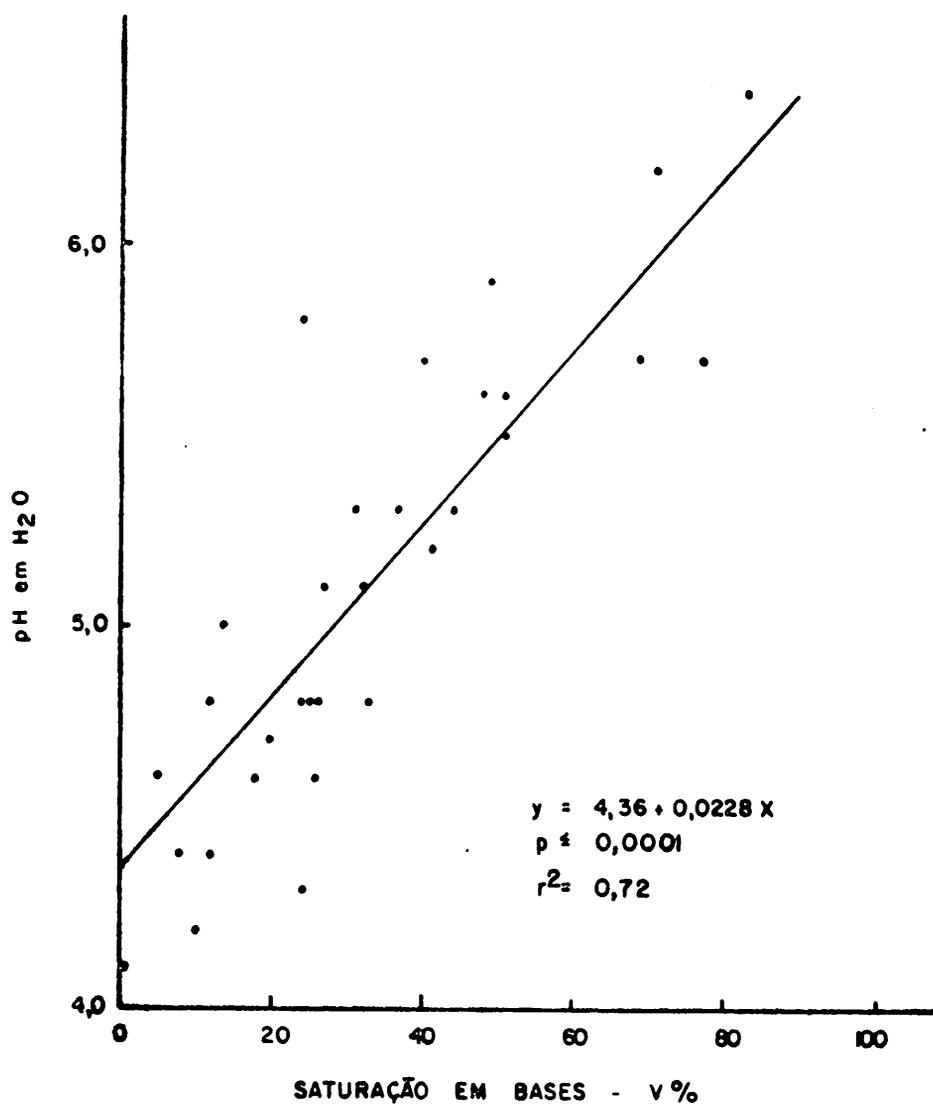
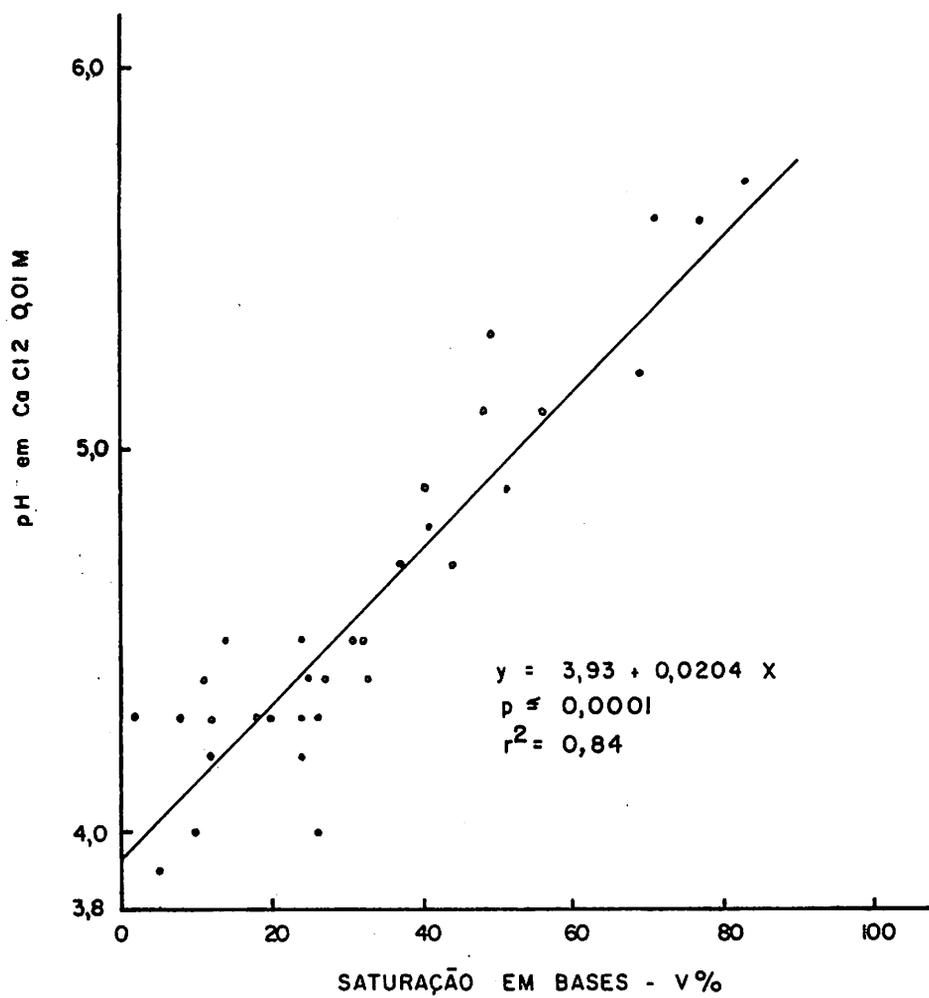


FIGURA 5a - Relação entre pH em KCl 1,0 N e saturação em bases.

FIGURA 5b - Relação entre pH em H₂O e saturação em bases.

FIGURA 5c - Relação entre pH em CaCl₂ 0,01 M e saturação em bases.

ções obtidas com o pH em CaCl_2 são mais estreitas que as obtidas com pH KCl que por sua vez são mais estreitas que as obtidas com pH H_2O , mostrando que a determinação do pH em CaCl_2 0,01 M é mais precisa que a determinação do pH em CaCl_2 ou água, (13, 14, 60).

QUAGGIO (60) argumenta que entre as razões para a melhor precisão da determinação do pH CaCl_2 , a eliminação da influência da concentração de sais nas amostras de terra é provavelmente a principal responsável. A eliminação da influência de sais diminui as variações sazonais do pH que contribuem sensivelmente para a falta de confiabilidade dos seus valores.

Comparando as equações obtidas neste trabalho, com algumas equações obtidas para o Estado de São Paulo com solos bem drenados, conforme Quadro 10, pode-se notar que tanto para pH H_2O e pH CaCl_2 , as equações de regressão são bastante semelhantes. Sabe-se que nestes solos do Estado de São Paulo há predomínio de caulinita no complexo de troca, com CTC dependente principalmente da fração orgânica, o que provavelmente, também devem ser predominantes nestes solos de várzeas.

Dos coeficientes de correlação, pode-se observar que aumentando os valores de pH, aumenta-se linearmente a saturação de bases, isto é, aumenta a quantidade de bases trocáveis existentes no solo, ratificando mais uma vez a sua possibilidade de uso como parâmetro ou critério de recomendação de calagem.

QUADRO 10 - Equações de regressão e coeficientes de correlação obtidos entre o pH e saturação de bases do solo.

Equação de Regressão	Coeficiente de Correlação (r)	Referência
pH em Água		
$\text{pH} = 4,51 + 0,024 \text{ V\%}$	0,80**	CAMARGO & RAIJ (13)
$\text{pH} = 4,45 + 0,021 \text{ V\%}$	0,94**	QUAGGIO (60)
$\text{pH} = 4,36 + 0,023 \text{ V\%}$	0,85**	Obtida no presente trabalho
PH CaCl_2 0,01 M		
$\text{pH} = 3,87 + 0,020 \text{ V\%}$	0,86**	CAMARGO & RAIJ (13)
$\text{pH} = 3,66 + 0,027 \text{ V\%}$	0,97**	QUAGGIO (60)
$\text{pH} = 3,93 + 0,020 \text{ V\%}$	0,92**	Obtida no presente trabalho

4.5. Relações Estabelecidas entre pH e a Saturação de Alumínio

A saturação em alumínio, representada por m , é a porcentagem da CTC efetiva ocupada pelo elemento. Chama-se CTC efetiva, a CTC do solo em condições naturais, RAIJ (65). Ela é normalmente determinada pela somatória de cátions extraídos por uma solução de sal neutro não tamponado. Neste trabalho, conforme anteriormente mencionado o Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com KCl 1N e o K disponível pelo extrator de Mehlich I (HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025 N).

Correlações importantes entre pH KCl 1N, pH H₂O, pH CaCl₂ 0,01 M e a saturação de alumínio estão apresentadas nas Figuras 6a, b, c. Observa-se, pelas regressões lineares, que para o valor de pH em KCl de 4,7, em água de 5,5 e em CaCl₂ de 4,9 o alumínio é totalmente neutralizado, valores bastante próximos aos obtidos por CAMARGO & RAIJ (13) e QUAGGIO (60).

4.6. Relação Estabelecida entre a Saturação em Bases e a Saturação em Alumínio

A porcentagem de saturação de alumínio da CTC efetiva, e a porcentagem de saturação em bases da CTC a pH 7,0, são parâmetros de muito valor, e estão altamente correlacionados, como pode ser observado na Figura 7. O Quadro 11 permite observar os valores de saturação em bases correspondentes aos respectivos valores de saturação em alumínio, obtidos da equação de regressão da Figura 7.

Pode-se concluir que quanto maior a saturação em alumínio, menor a saturação em bases e, por inferência, menor o valor de pH. Observou-se, ainda, que para o valor de pH em água igual a 5,5, acima do qual o alumínio trocável estaria neutralizado, corresponde a uma saturação em bases de 50% (vide equação de regressão da Figura 5b), correspondente a uma saturação em alumínio de 3,3% (vide equação de regressão da Figura 7).

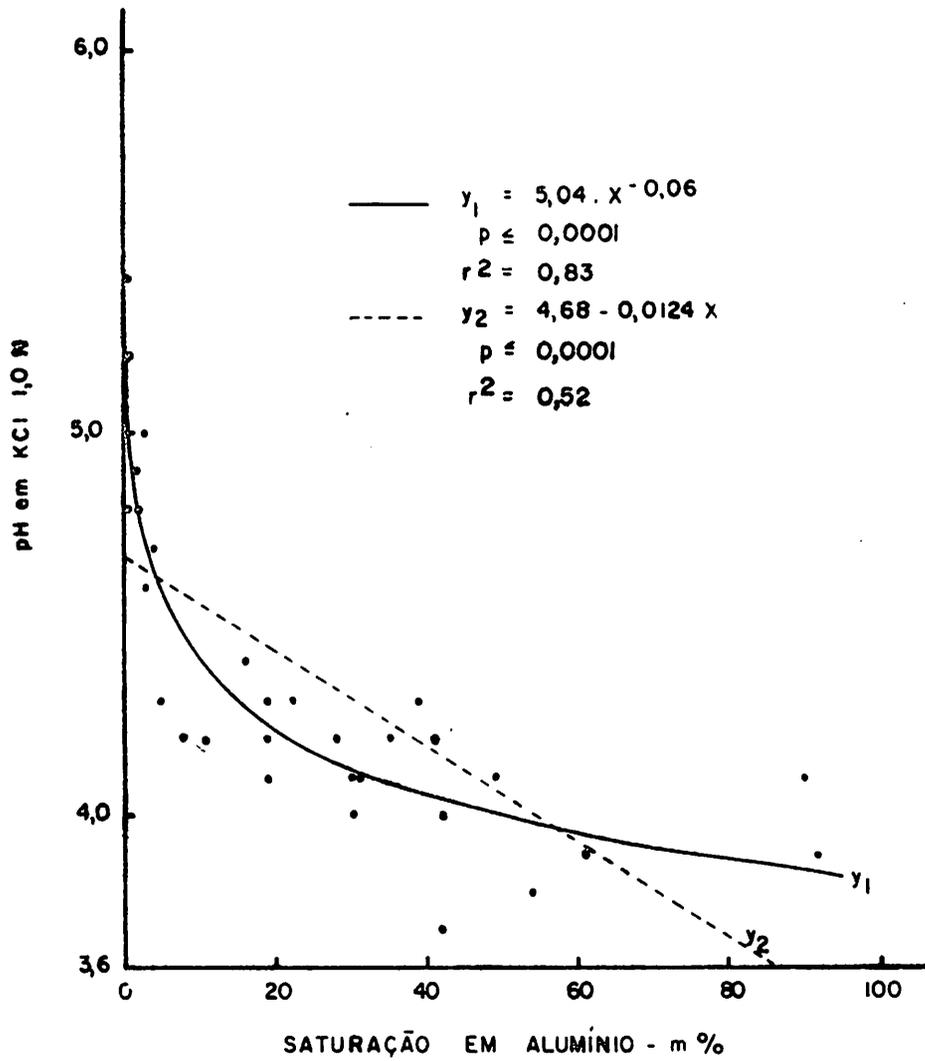


FIGURA 6a - Relação entre saturação em alumínio e pH em KCl 1,0 N.

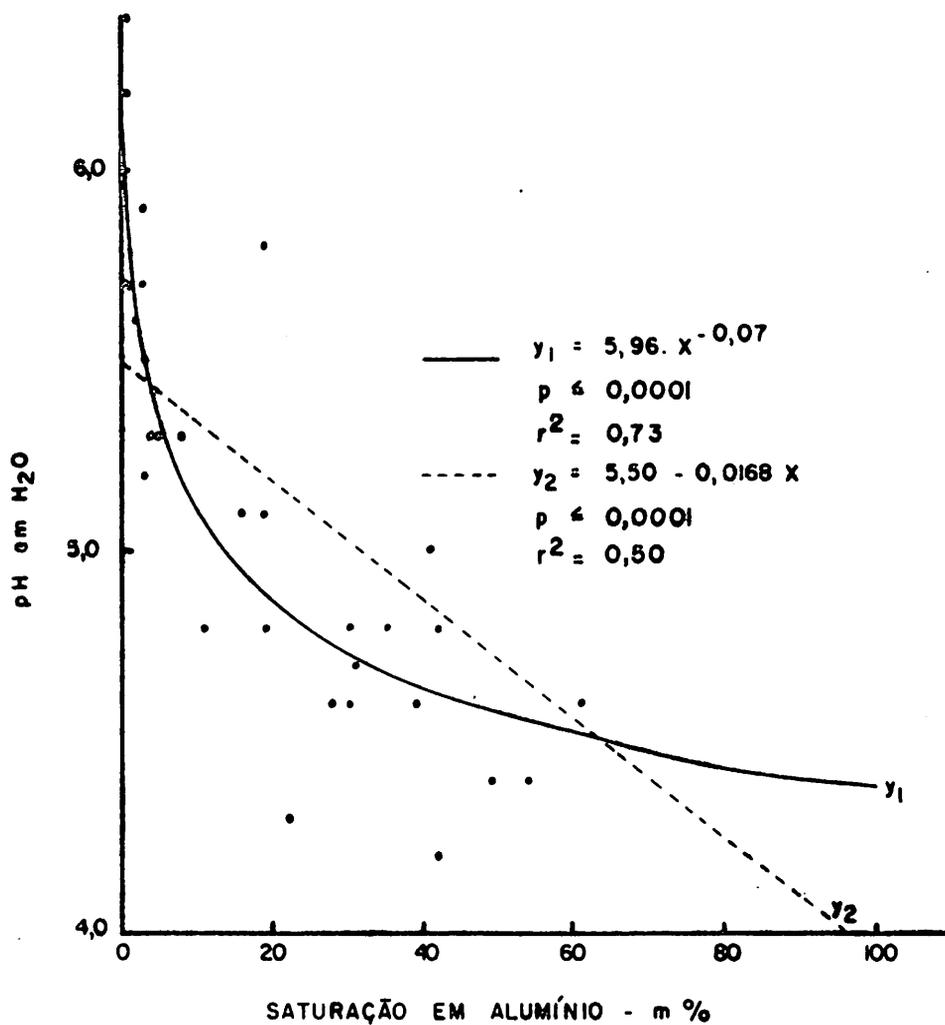


FIGURA 6b - Relação entre saturação em alumínio e pH em água.

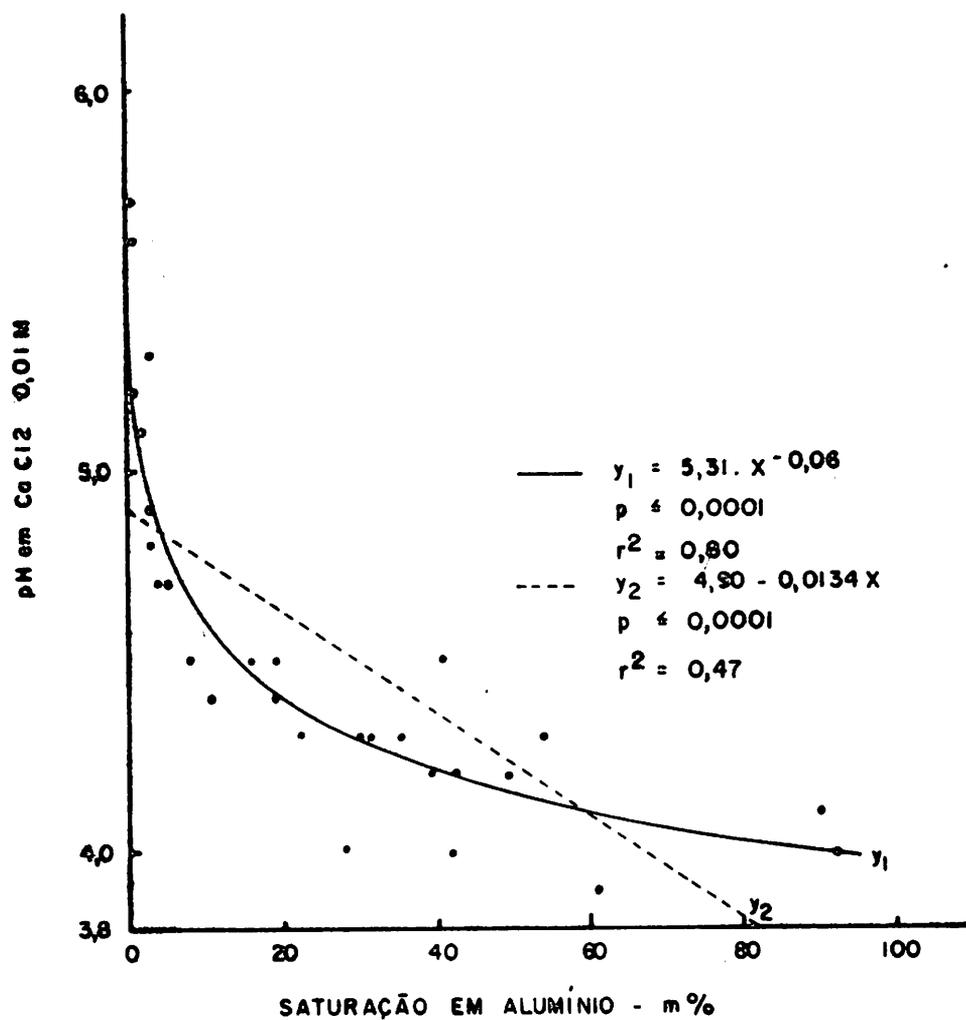


FIGURA 6c - Relação entre saturação em alumínio e pH em CaCl_2 0,01 M.

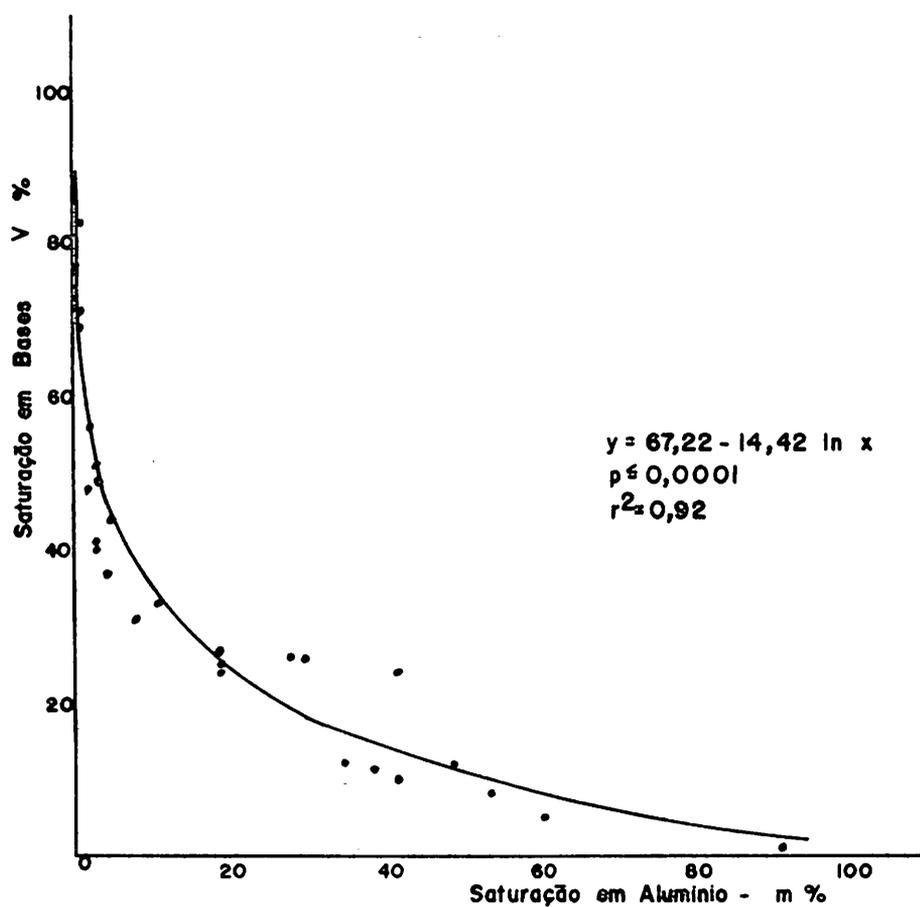


FIGURA 7 - Relação entre saturação em alumínio da CTC efetiva e a saturação em bases.

QUADRO 11 - Estimativa do valor da saturação em bases atingido à partir de uma saturação de alumínio conhecida.

Saturação de Alumínio (m%)	Saturação em Bases (V%)
0,5	77
1	67
2	57
3	51
4	47
5	44
6	41
7	39
8	37
9	36
10	34
15	28
20	24
25	21
30	18
35	16
40	14
45	12
50	11
55	9
60	8
65	7
70	6
75	5
80	4
85	3
90	2
95	2

4.7. Resultados Obtidos após Incubação

4.7.1. Curvas de neutralização dos solos

As curvas de neutralização obtidas por incubação dos solos com calcário não serão apresentadas individualmente, sendo os resultados das análises químicas realizados mostrados no Quadro 4A do apêndice. Contudo para demonstrar as grandes diferenças que existem entre o tamponamento dos diversos solos, diferenças essas que irão refletir nas necessidades de calagem, foram preparadas as Figuras 8 e 9, com as curvas de neutralização entre: dose de calcário x pH em água e dose de calcário x saturação em bases, respectivamente, para seis solos tomados como exemplos, incluindo casos extremos.

O mesmo procedimento foi realizado para todos os solos, determinando-se as necessidades de calagem para elevar o pH a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 e a saturação em bases a 40, 50, 60 e 70%, mostrados no Quadro 5A do apêndice.

Pode-se observar que os solos com maiores concentrações de matéria orgânica (solos nos 1, 2 e 11) apresentam maior capacidade de tamponamento, requerendo maiores doses de calcário para sua correção. Por outro lado, existem trabalhos mostrando que nos solos orgânicos é possível reduzir o valor de pH desejado pela cultura em relação àqueles desejados para os solos minerais, uma vez que os efeitos complexantes da matéria orgânica reduzem a toxicidade provocada por íons como alumínio, ferro e manganês (48,

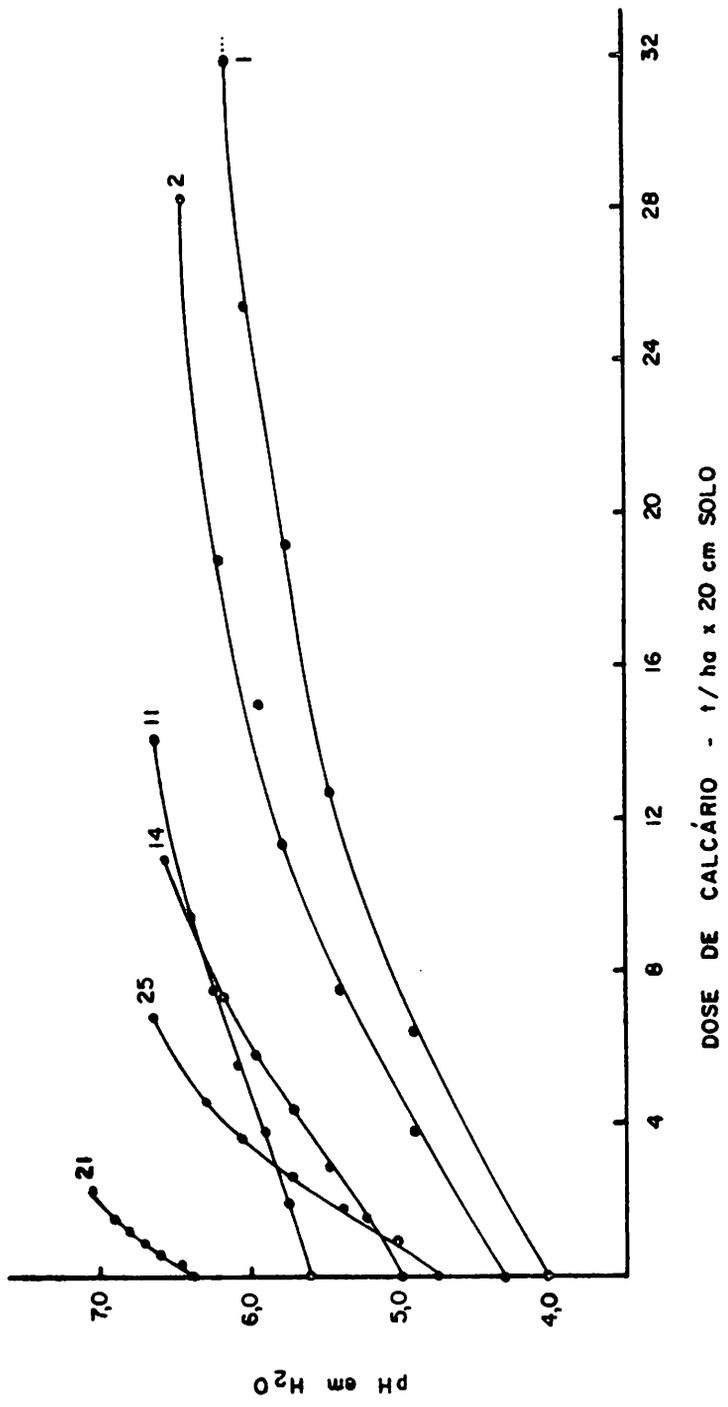


FIGURA 8 - Curva de neutralização para valores de pH atingido com a incubação com cal
cário, em seis amostras de solos. Solos nros 1, 2, 11, 14, 21 e 25.

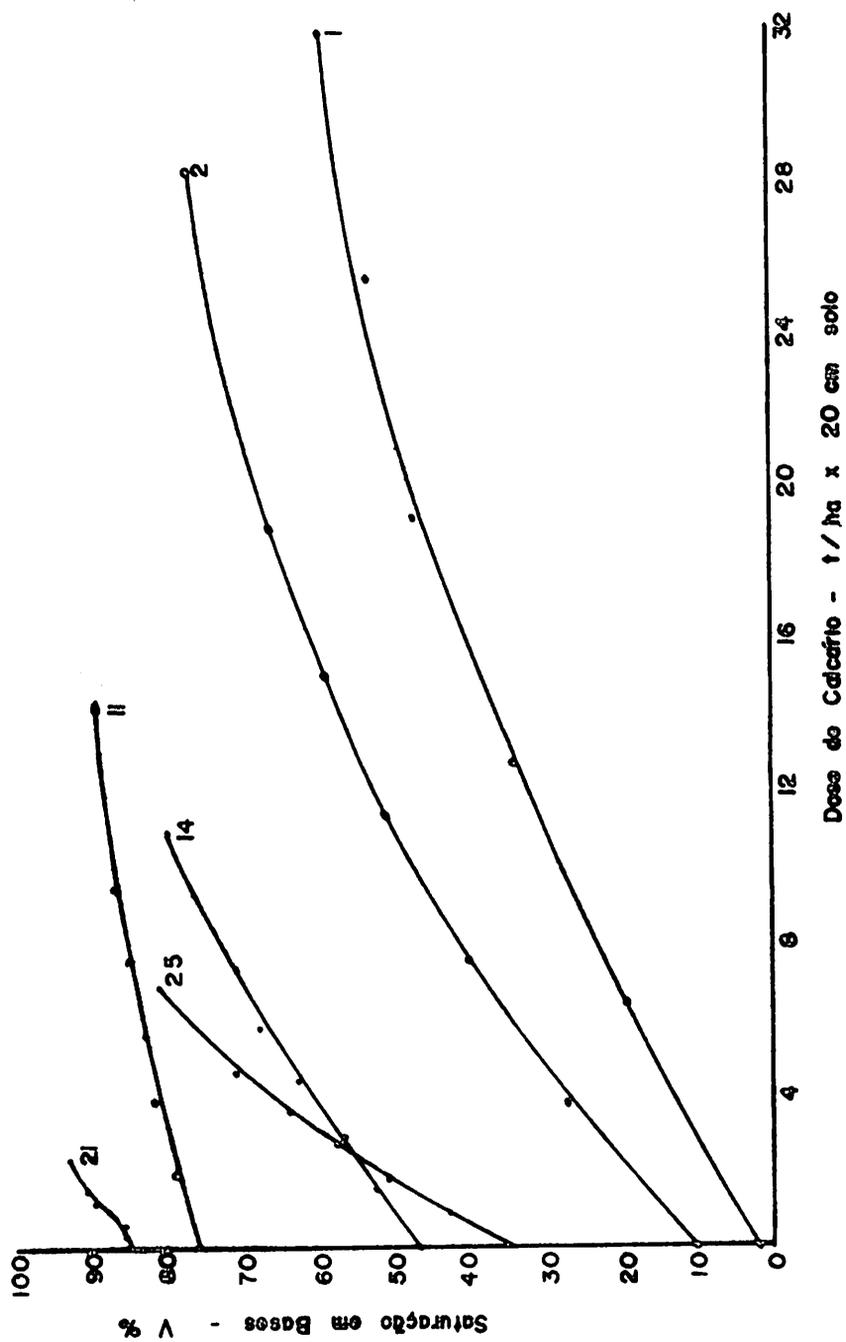


FIGURA 9 - Curva de neutralização para valores de saturação em bases atingido com a incubação com calcário, em seis amostras de solos. Solos nos 1, 2, 11, 14, 21 e 25.

50, 62, 64). Assim, solos orgânicos, necessitam um valor de pH menor que 5,5 para neutralização do alumínio trocável, EVANS & KAMPRATH (26).

Já os solos nos 21 e 25 são menos tamponados, necessitando menores doses de calcário para elevação do pH.

4.7.2. Comparação entre a necessidade de calagem estimada pelo método da saturação em bases adaptado por QUAGGIO (NC estimada) e a necessidade de calagem obtida pelo método de incubação (NC obtida)

Como já mencionado, foram traçadas curvas de neutralização entre dose de calcário x saturação em bases, obtendo-se, assim, a necessidade de calcário para atingir saturação em bases de 50 e 70%, o que aqui será chamada de necessidade de calagem obtida. Paralelamente, através da fórmula para recomendação de calagem baseada na saturação em bases desenvolvida por QUAGGIO (60), foram estimadas as necessidades de calagem para atingir os mesmos valores de saturação em bases, cujos resultados estão apresentados no Quadro 12.

As curvas de regressão estão apresentadas na Figura 10.

Pode-se observar que a necessidade de calagem obtida com a incubação para $V = 50\%$ é cerca de 1,2 a 2,0 vezes (média = 1,7) a necessidade de calagem estimada. Já para atingir $V = 70\%$, a diferença foi ainda maior, sendo a necessidade de calagem obti-

QUADRO 12 - Valores das necessidades de calagem estimadas conforme QUAGGIO (60) e das necessidades de calagem obtidas com a incubação, para $V = 50$ e 70% , em t/ha x 20 cm.

Amostra Nº	$V_2 = 50\%$		$V_2 = 70\%$	
	NC Estimada	NC Obtida	NC Estimada	NC Obtida
	X	Y	X	Y
1	13,2	22,6	18,6	42,0
2	6,6	11,0	9,7	22,6
3	2,3	2,8	4,3	6,7
4	3,4	4,7	5,5	9,6
5	1,5	2,4	2,8	5,1
6	1,8	2,2	3,2	5,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0
8	4,3	7,4	6,7	15,3
9	2,1	3,4	4,4	8,6
10	1,2	1,4	2,5	4,3
11	0,0	0,0	0,0	0,0
12	2,5	3,7	4,5	8,4
13	2,9	4,0	4,5	7,5
14	0,9	0,8	3,7	6,8
15	0,0	0,0	1,4	2,4
16	0,0	0,0	0,1	0,0
17	6,2	11,2	9,3	20,2
18	0,0	0,0	1,4	1,9
19	0,7	0,8	2,1	3,8
20	0,2	0,0	2,4	3,4
21	0,0	0,0	0,0	0,0
22	6,1	11,0	9,3	21,6
23	1,5	1,9	2,7	4,5
24	2,3	3,8	3,9	7,9
25	0,9	1,7	2,2	4,5
26	2,1	3,3	3,7	7,4
27	7,8	17,4	11,0	30,0
28	0,7	1,3	2,1	4,4
29	14,3	24,4	20,7	40,2
30	0,1	0,0	1,6	2,8
31	2,0	3,6	4,4	8,2
32	3,2	5,1	4,9	11,0
33	4,8	6,2	8,5	17,2
Média	2,9	4,8	4,9	10,1
Amplitude	0 - 14,3	0 - 24,4	0 - 20,7	0 - 40,2

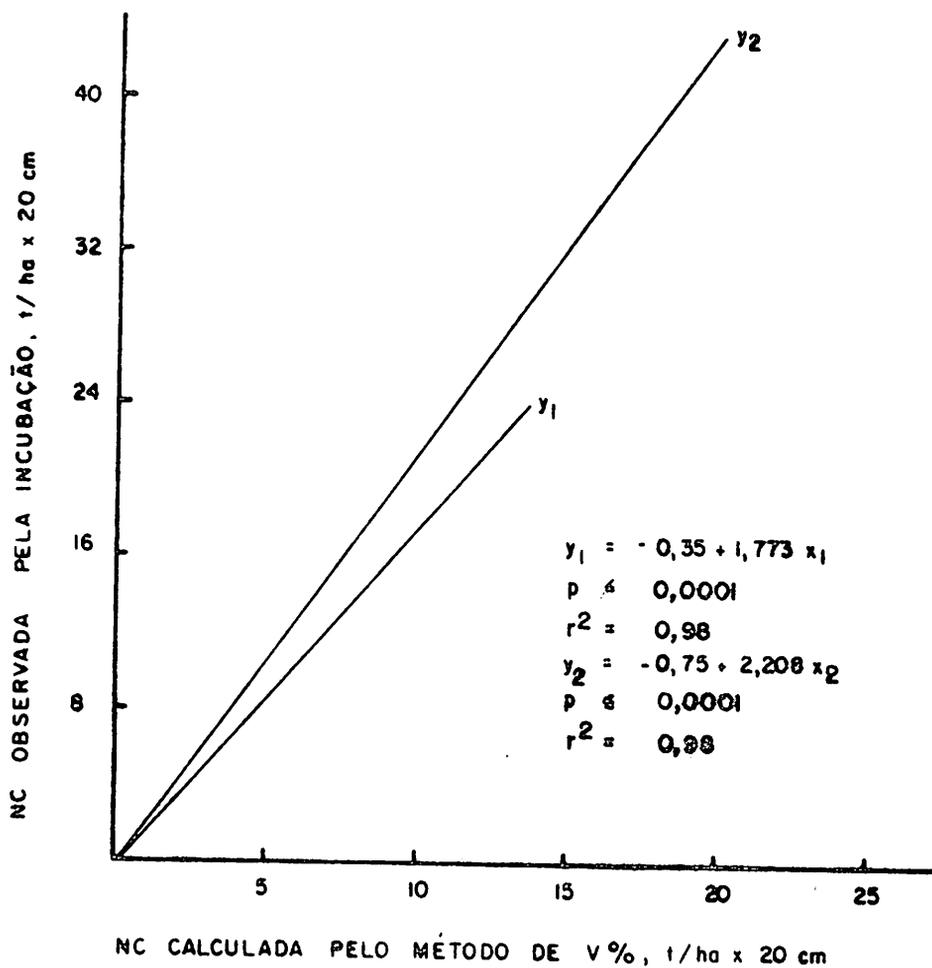


FIGURA 10 - Relação entre as necessidades de calagem estimadas pelo métodos da saturação em bases adaptado por QUAGGIO (60) e a necessidade de calagem obtida com a incubação, para valores de $V\% = 50$ e 70 , respectivamente Y_1 e Y_2 .

da cerca de 1,5 a 2,5 vezes (média = 2,1) vezes a necessidade de calagem estimada. Tanto para saturação em bases de 50% como para 70%, notou-se que quanto maior a necessidade de calagem estimada, maior a diferença com relação ao valor obtido com a incubação.

Estes resultados tornam-se bastante interessantes, uma vez que foram obtidos em casa de vegetação em condições bastante homogêneas, e no campo a quantidade de calcário necessária para atingir o mesmo valor de saturação em bases pode ser bastante diferente em função das influências externas: temperatura, umidade, lixiviação, atividade dos microrganismos, CTC das raízes, qualidade do calcário, forma e tempo de incorporação do calcário e outros.

Desta forma, quando cita-se que um determinado valor de saturação em bases, por exemplo $V_2 = 50\%$, é suficiente para culturas de feijão e milho em solos de várzeas turfosos, na realidade estar-se-ia atingindo um valor de saturação em bases da ordem de 29 a 53% para estes solos, conforme pode ser observado no Quadro 13. Para obter tais valores, tomou-se a necessidade de calagem estimada para $V_2 = 50\%$ (coluna 2, Quadro 13) como valor de Y_1 , na equação de regressão da Figura 10, permitindo o cálculo de X_1 , (coluna 3, Quadro 13). A partir daí, fazendo $X_1 = NC$ e $V_1 = 50\%$ na fórmula $NC = (V_2 - V_1) \cdot CTC/100$, pode-se obter para cada solo o valor de saturação em bases atingido ($V_2\%$), que corresponde a última coluna do Quadro 13.

QUADRO 13 - Valores da saturação em bases atingido para cada solo, quando a recomendação de calagem foi estimada para $V_2 = 50\%$, pela fórmula $NC = (V_2 - V_1) \cdot CTC/100$.

AMOSTRA Nº	NC PARA $V_2 = 50\%$ (Y_1)	NC OBTIDA DA REGRESSÃO (X_1)	SATURAÇÃO EM BASES (V_1 %)
 $CaCO_3$, meq/100 cm^3 solo ou t/ha x 20 cm^3 %
1	13,2	7,6	29
2	6,6	3,9	33
3	2,3	1,5	41
4	3,4	2,1	38
5	1,5	1,0	42
6	1,8	1,2	41
7	*	*	*
8	4,3	2,6	36
9	2,1	1,4	44
10	1,2	0,9	45
11	*	*	*
12	2,5	1,6	40
13	2,9	1,8	35
14	0,9	0,7	49
15	*	*	*
16	*	*	*
17	6,2	3,7	34
18	*	*	*
19	0,7	0,6	49
20	0,2	0,3	51
21	*	*	*
22	6,1	3,6	35
23	1,5	1,0	42
24	2,3	1,5	39
25	0,9	0,7	47
26	2,1	1,4	42
27	7,8	4,6	30
28	0,7	0,6	49
29	14,3	8,3	31
30	0,1	0,3	53
31	2,0	1,3	44
32	3,2	2,0	35
33	4,8	2,9	40

* Solos com mais de 50% de saturação em bases inicialmente.

4.7.3. Relações existentes entre os parâmetros e/ou propriedades químicas dos solos e a necessidade de calagem obtida com a incubação

No Quadro 14 são apresentadas equações de regressão com o objetivo de estimar a necessidade de calagem para elevar os valores de pH a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 e a saturação em bases a 40, 50, 60 e 70%, utilizando vários parâmetros e/ou propriedades químicas destes solos. Pelos coeficientes de determinação obtidos, observa-se que quase todos parâmetros e/ou propriedades testadas e com binações destas estimaram satisfatoriamente a necessidade de calagem destes solos para os mais diferentes objetivos, a exceção dos valores de pH em água, pH em CaCl_2 0,01M e saturação em bases.

De acordo com RAIJ et alii (68), foi SORENSEN, um bioquímico Dinamarquês, que em 1909 definiu pH como sendo o logarítimo negativo da concentração de íons H , sendo que mais tarde passou-se a usar o termo atividade (concentração efetiva) em detrimento do termo concentração. Para McLEAN (49), isto se deve ao fato de que somente os íons H dissociados afetam a sensibilidade do eletrodo e, assim, o hidrogênio não dissociado não faz parte da atividade do hidrogênio, não sendo por isso incluído na leitura do pH, sendo este, portanto, ineficiente para estimar a necessidade de calagem.

Já os valores do pH de equilíbrio da solução tampão SMP com o solo, que além de medir a acidez ativa (atividade do íon H na solução do solo) também é sensível a sua acidez potencial, cor

QUADRO 14 - Relações entre os parâmetros de acidez e/ou algumas propriedades químicas do solo e a necessidade de calcário obtida por incubação para elevar o pH a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 e a saturação em bases a 40, 50, 60 e 70%, em solos de várzeas de Minas Gerais.

	Para Elevar o pH a 5,0	r ²	Para Elevar V a 40%	r ²
PH SMP	$Y = 97,25 - 30,12X + 2,34X^2$	0,68	$Y = 231,87 - 73,47X + 5,82X^2$	0,89
pH H ₂ O	$Y = 77,17 - 26,29X + 2,23X^2$	0,67	$Y = 52480,75 \cdot X^{-6,33}$	0,45
pH CaCl ₂	$Y = 124,32 - 48,40X + 4,69X^2$	0,69	$Y = 197,24 - 76,90X + 7,46X^2$	0,48
Al	$Y = 0,18 + 2,34X$	0,62	$Y = -0,87 + 5,12X$	0,84
H + Al	$Y = -0,95 + 0,34X$	0,79	$Y = -2,86 + 0,70 X$	0,91
MO%	$Y = 0,31 + 0,25X$	0,64	$Y = -0,47 + 0,54X$	0,81
V%	$Y = 6,13 - 0,21X + 0,002X^2$	0,58	$Y = 12,71 - 0,53X + 0,005X^2$	0,77
Al e MO%	$Y = 0,03 + 1,26 Al + 0,15 MO$	0,71	$Y = -1,16 + 3,03 Al + 0,29 MO$	0,93
MO% e pH H ₂ O	$Y = 11,01 + 0,18 MO - 2,01 pH$	0,82	$Y = 7,78 + 0,48 MO - 1,55 pH$	0,85
MO% e pH CaCl ₂	$Y = 10,92 + 0,20 MO - 2,23 pH$	0,80	$Y = 11,05 + 0,48 MO - 2,42 pH$	0,87
	Para Elevar o pH a 5,5	r ²	Para Elevar V a 50%	r ²
pH SMP	$Y = 207,63 - 63,57X + 4,87X^2$	0,87	$Y = 301,97 - 94,84X + 7,45X^2$	0,90
pH H ₂ O	$Y = 1694220,76 \cdot X^{-8,22}$	0,67	$Y = 255793,79 \cdot X^{-7,03}$	0,61
pH CaCl ₂	$Y = 1596246,65 \cdot X^{-8,73}$	0,61	$Y = 393622,58 \cdot X^{-7,78}$	0,60
Al	$Y = 5,69 \cdot X^{0,82}$	0,72	$Y = -0,63 + 7,10X$	0,86
H + Al	$Y = -1,81 + 0,74X$	0,87	$Y = -3,34 + 0,96X$	0,92
MO%	$Y = 0,73 + 0,57X$	0,78	$Y = 0,02 + 0,73X$	0,80
V%	$Y = 13,08 - 0,43X + 0,003X^2$	0,61	$Y = 54,52 \cdot X^{-0,94}$	0,82
Al e MO%	$Y = 0,25 + 2,13 Al + 0,39 MO$	0,83	$Y = -1,00 + 4,48 Al + 0,36 MO$	0,94
MO% e pH H ₂ O	$Y = 19,87 + 0,44 MO - 3,60 pH$	0,92	$Y = 14,64 + 0,63 MO - 2,75 pH$	0,85
MO% e pH CaCl ₂	$Y = 19,72 + 0,47 MO - 4,02 pH$	0,91	$Y = 18,29 + 0,64 MO - 3,86 pH$	0,88
	Para Elevar o pH a 6,0	r ²	Para Elevar V a 60%	r ²
PH SMP	$Y = 324,88 - 99,01X + 7,57X^2$	0,91	$Y = 381,11 - 118,34X + 9,20X^2$	0,91
pH H ₂ O	$Y = 8999119,11 \cdot X^{-8,94}$	0,67	$Y = 1619757,50 \cdot X^{-7,95}$	0,64
pH CaCl ₂	$Y = 1219551,09 \cdot X^{-8,22}$	0,46	$Y = 4536072,63 \cdot X^{-9,15}$	0,68
Al	$Y = 1,69 + 8,00X$	0,73	$Y = -0,08 + 9,47X$	0,88
H + Al	$Y = -2,21 + 1,18X$	0,93	$Y = -3,62 + 1,27X$	0,93
MO%	$Y = 1,75 + 0,92X$	0,86	$Y = 0,92 + 0,95X$	0,78
V%	$Y = 21,79 - 0,72X + 0,006X^2$	0,63	$\log Y = 1,25 - 0,02X$	0,79
Al e MO%	$Y = 1,02 + 3,22 Al + 0,66 MO$	0,91	$Y = -0,52 + 6,32 Al + 0,43 MO$	0,94
MO% e pH H ₂ O	$Y = 26,40 + 0,76 MO - 4,64 pH$	0,96	$Y = 23,18 + 0,81 MO - 4,19 pH$	0,85
MO% e pH CaCl ₂	$Y = 25,11 + 0,81 MO - 4,94 pH$	0,94	$Y = 27,21 + 0,82 MO - 5,56 pH$	0,87
	Para Elevar o pH a 6,5	r ²	Para Elevar V a 70%	r ²
pH SMP	$Y = 521,53 - 158,07X + 12,03X^2$	0,91	$Y = 477,51 - 147,04X + 11,35X^2$	0,93
pH H ₂ O	$Y = 2130835,88 \cdot X^{-7,66}$	0,70	$Y = 1326600,02 \cdot X^{-7,56}$	0,69
pH CaCl ₂	$Y = 958407,05 \cdot X^{-7,65}$	0,56	$Y = 3818299,58 \cdot X^{-8,76}$	0,74
Al	$Y = 3,04 + 13,51X$	0,77	$Y = 0,80 + 12,18X$	0,87
H + Al	$Y = -3,01 + 1,93X$	0,93	$Y = -3,84 + 1,65X$	0,93
MO%	$Y = 3,36 + 1,53X$	0,87	$Y = 2,08 + 1,22X$	0,78
V%	$Y = 37,17 - 1,26X + 0,01X^2$	0,65	$\log Y = 1,42 - 0,02X$	0,88
Al e MO%	$Y = 1,99 + 6,02 Al + 1,03 MO$	0,93	$Y = 0,23 + 8,11 Al + 0,56 MO$	0,94
MO% e pH H ₂ O	$Y = 39,52 + 1,29 MO - 6,80 pH$	0,95	$Y = 33,47 + 1,02 MO - 5,91 pH$	0,86
MO% e pH CaCl ₂	$Y = 34,95 + 1,37 MO - 6,68 pH$	0,93	$Y = 37,44 + 1,05 MO - 7,48 pH$	0,88

Nível de significância para análise de variância da regressão: $p \leq 0,0001$.

relacionou muito bem com a necessidade de calagem, contrariamente ao que foi obtido com pH em água e pH CaCl_2 0,01 M. Desta forma, realça-se a eficiência do método do pH SMP para recomendação de calagem para estes solos, o que tem sido verificado em várias regiões do mundo, com diferentes tipos de solos (6, 15, 25, 38, 40, 51, 66).

Assim, o presente trabalho permitiu a calibração do método do pH SMP para recomendação de calagem em solos de várzeas de Minas Gerais, de modo a atingir valores aproximados de pH em água a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5, apresentados no Quadro 15.

O grau de saturação em bases não mostrou relação satisfatória com a necessidade de calagem para atingir valores de pH próximos a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 ($r = -0,76$; $-0,78$; $-0,79$ e $-0,81$, respectivamente), melhorando estas relações quando a calagem foi recomendada para atingir valores de saturação em bases de 40, 50, 60 e 70% ($r = -0,88$; $-0,90$; $-0,89$ e $-0,94$, respectivamente). Para ROSS et alii (69), a baixa correlação encontrada entre o aumento de pH pela calagem e o aumento da saturação em bases para um conjunto de solos, uma vez que a correlação para cada solo individualmente foi boa, se deve às diferenças na energia de adsorção das bases, que é afetada pelo tipo de matéria orgânica e pela constituição mineralógica dos solos.

O método do alumínio trocável apresentou-se eficiente na estimativa das doses de calcário para elevar o pH água a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5, diferentemente do encontrado por MURDOCK et alii (54) para os solos do Rio Grande do Sul, por PALHANO et alii (55) para

QUADRO 15 - Recomendação de doses de calcário para solos de várzeas de Minas Gerais, com base no pH lido na solução tampão SMP. Relação solo : solução de CaCl_2 0,01M : solução tampão SMP de 10:25:5, válida para CaCO_3 com PRNT = 100%.

pH da Suspensão Solo : Solução SMP	Necessidade de Calagem para			
	pH 5,0	pH 5,5	pH 6,0	pH 6,5
	CaCO ₃ , meq/100 cm ³ solo ou t/ha x 20' cm			
4,6	8,2	18,4	29,7	49,0
4,7	7,4	16,5	26,8	44,4
4,8	6,6	14,8	24,1	40,0
4,9	5,8	13,2	21,6	35,6
5,0	5,2	11,6	19,2	32,0
5,1	4,5	10,2	16,9	28,4
5,2	3,9	8,9	14,8	24,9
5,3	3,3	7,6	12,9	21,8
5,4	2,8	6,5	11,1	18,8
5,5	2,4	5,5	9,4	16,1
5,6	2,0	4,5	7,9	13,7
5,7	1,6	3,7	6,6	11,5
5,8	1,3	2,9	5,4	9,5
5,9	1,0	2,3	4,4	7,8
6,0	0,8	1,7	3,5	6,3
6,1	0,6	1,2	2,7	5,1
6,2	0,5	0,9	2,1	4,0
6,3	0,4	0,6	1,7	3,3
6,4	0,3	0,4	1,4	2,8
6,5	0,3	0,4	1,3	2,5
6,6	-	0,4	1,3	2,4
6,7	-	-	-	-
6,8	-	-	-	-
6,9	-	-	-	-

três solos do Paraná e por RAIJ et alii (66) para 23 solos de São Paulo; e de acordo com o obtido por ERNANI & ALMEIDA (25). Estes últimos comentam que os outros autores não estimaram as necessidades de calcário a partir de equações de regressão: no Rio Grande do Sul, a constante, que multiplicada pelos meq Al/100 g fornece a quantidade de calcário (t/ha) a ser aplicada, foi obtida pela divisão entre a média da necessidade de calcário e a média dos valores de Al; no Paraná, foi considerado um fator de valor dois; e em São Paulo foi considerado um fator de valor um e meio. Essa constante varia com o tamponamento dos solos e, portanto, com as regiões (KAMPRATH, 39; SOUZA et alii, 74), e sempre que possível devem ser obtidas a partir das equações matemáticas.

Em todos os casos, os valores de (H + Al) apresentaram correlação com a necessidade de calcário conforme literatura (6, 25, 31, 38). Apesar disso, o acetato de cálcio 1 N tamponado a pH 7,0, não conseguiu extrair todas as fontes de acidez que afetam a necessidade de calcário dos solos estudados, pois os valores do coeficiente angular, nas equações que visam elevar o pH em água a 6,0 ou 6,5 e o grau de saturação em bases a 60 e 70%, foram superiores à unidade (Quadro 14). Isto está de acordo com ERNANI & ALMEIDA (25) que acreditam que algumas formas de alumínio não trocável, principalmente aquelas ligadas à matéria orgânica, tenham contribuído muito para isso, pois obtiveram que os valores de alumínio extraídos com solução de acetato de amônio 1 N pH 4,8 e determinados por colorimetria, com o uso de aluminon, foram bem superiores aos de alumínio trocável. Há de se considerar,

ainda, que após o contato da solução de acetato de cálcio normal a pH 7,0 com o solo, ocorre uma depressão no pH de equilíbrio, variável com o tipo de solo, afetando o grau de dissociação dos componentes ácidos e, portanto, os valores determinados de H + Al.

A matéria orgânica também apresentou correlação com a necessidade de calcário, o que seria de se esperar uma vez que a CTC a pH 7,0 dos solos de várzeas varia principalmente com esta fração. No entanto, quando associa-se aos valores de matéria orgânica os valores de alumínio trocável ou de pH tanto em água como CaCl_2 0,01 M, através da regressão múltipla, obtem-se um coeficiente de determinação ainda maior, estimando a necessidade de calcário de forma bastante precisa. Tal eficiência mostra a grande influência desta propriedade química do solo (matéria orgânica) em combinação com parâmetros de acidez (Al e pH) na necessidade de calagem em solos de várzeas, embora, a necessidade de duas determinações analíticas aumente a possibilidade de introdução de erros laboratoriais.

Devido a facilidade da determinação do H + Al, pH em água e matéria orgânica em laboratórios, aliada a precisão da estimativa de necessidade de calagem para os vários valores de pH e saturação em bases, sugere-se para fins práticos, o uso destes parâmetros: H + Al e matéria orgânica em combinação com pH em água, para recomendação de calagem em solos de várzeas. Com a finalidade de simplificar o trabalho dos usuários destas informações, elaborou-se o Quadro 16, envolvendo dados de H + Al em meq/100 cm^3 de solo.

QUADRO 16 - Recomendação de doses de calcário para solos de várzeas de Minas Gerais, com base nos teores de H + Al em meq/100 cm³ de solo. Válida para CaCO₃ com PRNT = 100%.

H + Al meq/100 cm ³	Doses de Calcário para pH				Doses de Calcário para VZ			
	5,0	5,5	6,0	6,5	40	50	60	70
 CaCO ₃ , meq/100 cm ³ solo ou t/ha x 20 cm							
0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
2,0	-	-	0,2	0,9	-	-	-	-
2,5	-	-	0,7	1,8	-	-	-	0,3
3,0	0,1	0,4	1,3	2,8	-	-	0,2	1,1
3,5	0,2	0,8	1,9	3,7	-	-	0,8	1,9
4,0	0,4	1,2	2,5	4,7	-	0,5	1,5	2,8
4,5	0,6	1,5	3,1	5,7	0,3	1,0	2,1	3,6
5,0	0,8	1,9	3,7	6,6	0,6	1,5	2,7	4,4
5,5	0,9	2,3	4,3	7,6	1,0	1,9	3,4	5,2
6,0	1,1	2,6	4,9	8,6	1,3	2,4	4,0	6,1
6,5	1,3	3,0	5,5	9,5	1,7	2,9	4,6	6,9
7,0	1,4	3,4	6,1	10,5	2,0	3,4	5,3	7,7
7,5	1,6	3,7	6,6	11,5	2,4	3,9	5,9	8,5
8,0	1,8	4,1	7,2	12,4	2,7	4,3	6,5	9,4
8,5	1,9	4,5	7,8	13,4	3,1	4,8	7,2	10,2
9,0	2,1	4,9	8,4	14,4	3,4	5,3	7,8	11,0
9,5	2,3	5,2	9,0	15,3	3,8	5,8	8,4	11,8
10,0	2,5	5,6	9,6	16,3	4,1	6,3	9,1	12,7
12,0	3,1	7,1	12,0	20,2	5,5	8,2	11,6	16,0
14,0	3,8	8,6	14,3	24,0	6,9	10,1	14,2	19,3
16,0	4,5	10,0	16,7	27,9	8,3	12,0	16,7	22,6
18,0	5,2	11,5	19,0	31,7	9,7	13,9	19,2	25,9
20,0	5,9	13,0	21,4	35,6	11,1	15,9	21,8	29,2
22,0	6,5	14,5	23,8	39,5	12,5	17,8	24,3	32,5
24,0	7,2	16,0	26,1	43,3	13,9	19,7	26,9	35,8
26,0	7,9	17,4	28,5	47,2	15,3	21,6	29,4	39,1
28,0	8,6	18,9	30,8	51,0	16,7	23,5	31,9	42,4
30,0	9,3	20,4	33,2	54,9	18,1	25,5	34,5	45,7
32,0	9,9	21,9	35,6	58,8	19,5	27,4	37,0	49,0

Estudos de correlação entre os teores de argila e as necessidades de calcário foram efetuados, no entanto, os valores dos coeficientes foram bastante baixos conforme pode ser observado no Quadro 17.

QUADRO 17 - Coeficientes de determinação (r^2) obtidos entre teores de argila e necessidades de calagem para elevar o pH a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 e a saturação em bases a 40, 50, 60 e 70%, para solos de várzeas de Minas Gerais.

	Valores de r^2 para elevar pH a:				Valores de r^2 para elevar V% a:			
	5,0	5,5	6,0	6,5	40	50	60	70
Argila - (% do peso) ⁽¹⁾	0,0043	0,0001	0,0006	0,0019	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001
Argila - (% volume) ⁽¹⁾	0,0513	0,0885	0,1190	0,1375	0,0847	0,0874	0,0874	0,0871

⁽¹⁾ Modelo matemático ajustado : Linear.

4.7.4. Recomendação de calagem determinada pelos métodos atualmente empregados no Brasil

A existência de métodos analíticos rápidos e que recomendam quantidades adequadas de calcário é muito importante para se obter a produção máxima e evitar doses excessivas de calcário que, além de ser uma prática dispendiosa, pode provocar alterações

no solo, como diminuição da disponibilidade de micro e macro-nutrientes, JACKSON (37). Com o objetivo de relacionar a eficiência dos métodos de recomendação de calcário existentes no Brasil, de acordo com as três linhas predominantes: Al e Ca + Mg, saturação em bases (V%) e pH SMP, respectivamente empregados nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina foi preparado o Quadro 18. Neste são apresentados os valores de necessidade de calagem determinados pelos diferentes métodos: pH SMP, saturação em bases, alumínio trocável, Al e Ca + Mg em comparação à incubação, para elevação do pH a 5,5 e 6,0.

Nota-se que as doses de calcário estimadas pelo pH SMP calibrado para o presente trabalho, são as que mais se aproximam daquelas obtidas pela incubação com CaCO_3 , o que era de se esperar, já que o primeiro foi calibrado pelo segundo. No entanto, o método perde um pouco da sua sensibilidade quando recomenda doses menores de calcário, o que está de acordo com McLEAN et alii (51), entretanto, não chegando a ser um obstáculo ao seu uso para solos de várzeas, que de maneira geral apresentam maior capacidade também que a maioria dos solos minerais brasileiros, necessitando de maiores quantidades de calcário. Além do que, na metodologia adotada neste trabalho (EMBRAPA, 24), a relação solo : solução - tampão foi alterada em relação ao trabalho original, diminuindo a quantidade deste último, de modo a aumentar a sensibilidade e a eficiência do método.

Quanto ao método pH SMP empregado, pode-se ainda observar que este recomenda quantidades bem maiores de calcário do que

QUADRO 18 - Comparação entre a recomendação de calagem feita pelo SMP proposto no presente trabalho, SMP para São Paulo, SMP para Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Saturação em bases, Al trocável e Al e Ca + Mg trocáveis com o método da incubação.

Amostra	Necessidade de Calagem (t/ha x 20 cm)											
	Para pH = 5,5					Para pH = 6,0					(Al x 2)	
	Incubação	SMP(1)	SMP(2)	SMP(3)	V% = 50(4)	Incubação	SMP(1)	SMP(2)	SMP(3)	V% = 72(4)	[2 - (Ca + Mg)]	(Al x 2)
1	14,7	16,4	6,6	9,6	13,2	24,0	26,8	12,7	13,3	19,2	8,1	6,2
2	8,7	10,1	4,4	6,2	6,6	15,5	16,8	8,5	8,8	9,9	4,0	3,0
3	4,5	4,4	2,0	3,3	2,3	6,8	7,8	4,4	5,1	4,4	2,0	2,0
4	5,0	5,3	2,4	3,8	3,4	7,8	9,3	5,1	5,8	5,7	1,8	1,6
5	3,3	1,1	0,7	1,0	1,5	5,0	2,6	1,8	2,2	2,9	1,2	0,8
6	0,0	1,5	0,9	1,4	1,8	0,1	3,3	2,2	2,8	3,4	1,2	0,8
7	0,0	-	-	-	0,0	0,5	-	0,5	-	0,2	0,2	0,2
8	4,6	6,4	2,8	4,4	4,3	9,5	11,0	5,8	6,5	7,0	2,8	2,4
9	4,0	4,4	2,0	3,3	2,1	6,8	7,8	4,4	5,1	4,5	0,6	0,6
10	2,0	0,4	0,3	0,2	1,2	3,6	1,6	1,1	1,2	2,7	0,9	0,8
11	0,0	1,5	0,9	1,4	0,0	5,0	3,3	2,2	2,8	0,0	0,2	0,2
12	4,2	6,4	2,8	4,4	2,5	7,0	11,0	5,8	6,5	4,6	3,4	3,4
13	4,0	2,8	1,4	2,3	2,9	5,9	5,3	3,2	3,9	4,7	2,2	1,0
14	2,7	5,3	2,4	3,8	0,9	5,8	9,3	5,1	5,8	4,0	0,6	0,6
15	0,8	0,3	0,2	0,0	0,0	2,1	1,3	0,9	0,6	1,5	0,2	0,2
16	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	1,5	1,3	0,9	0,6	0,3	0,2	0,2
17	8,0	7,5	3,2	4,9	6,2	14,4	12,8	6,7	7,2	9,7	2,9	2,2
18	0,1	0,7	0,5	0,6	0,0	2,1	2,0	1,4	1,7	1,6	0,2	0,2
19	1,9	0,4	0,3	0,2	0,7	3,7	1,6	1,1	1,2	2,3	0,2	0,2
20	0,0	1,1	0,7	1,0	0,2	2,2	2,6	1,8	2,2	2,6	0,2	0,2
21	0,0	-	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0	0,2	0,2
22	10,0	11,5	5,0	6,9	6,1	15,6	19,1	9,5	9,7	10,1	4,0	3,6
23	1,7	1,1	0,7	1,0	1,5	3,3	2,6	1,8	2,2	2,8	2,0	1,4
24	4,4	2,8	1,4	2,3	2,3	6,6	5,3	3,2	3,9	4,0	1,9	1,4
25	1,9	1,1	0,7	1,0	0,9	3,5	2,6	1,8	2,2	2,3	0,2	0,2
26	4,2	2,1	1,1	1,9	2,1	6,2	4,2	2,7	3,3	3,8	1,1	1,0
27	7,3	10,1	4,4	6,2	7,8	16,1	16,8	8,5	8,8	11,4	7,4	5,6
28	0,4	0,7	0,5	0,6	0,7	2,1	2,0	1,4	1,7	2,2	0,2	0,2
29	22,7	18,3	7,3	10,9	14,3	35,5	29,6	13,9	15,1	21,3	5,6	5,0
30	0,0	0,4	0,3	0,2	0,1	0,4	1,6	1,1	1,2	1,8	0,2	0,2
31	6,0	3,5	1,7	2,8	2,0	8,8	6,5	3,8	4,5	4,7	1,0	1,0
32	7,6	4,4	2,0	3,3	3,2	10,9	7,8	4,4	5,1	5,0	2,5	1,2
33	12,1	8,8	3,7	5,5	4,8	19,1	14,7	7,6	8,0	8,8	2,6	2,6

(1) Obtida com pH SMP, no presente trabalho.

(2) Obtida com pH SMP, para o Estado de São Paulo, RAIJ et alii (66).

(3) Obtida com pH SMP, para os Estados de RS e SC, SIQUEIRA et alii (73).

(4) Obtido pelo método da saturação em bases adaptado por QUAGGIO (60).

o mesmo método calibrado para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que por sua vez recomendam doses maiores do que para o Estado de São Paulo, sendo essas diferenças maiores para valor de pH = 5,5. Isto confirma a necessidade de ajustar esse método para cada região, fato este já comprovado por vários autores (31, 38, 74), que obtiveram recomendações de calcário baseadas na tabela original do método SMP (SHOEMAKER et alii, 72), equivalentes aproximadamente ao dobro das quantidades determinadas para solos de São Paulo e Rio Grande do Sul e 1,31 vezes a quantidade determinada para solos de cerrado de Goiás e Distrito Federal, isto para pH 6,0.

As maiores doses recomendadas pelo método SMP para solos de várzeas de Minas Gerais, em relação aos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul, para solos bem drenados, se deve ao maior tamponamento desses solos. LOYANACHAN (46), constatou que uma única curva de calibração só poderá ser utilizada para solos de diferentes regiões, se eles não apresentarem grandes diferenças no tamponamento e nas suas causas determinantes.

O método do alumínio trocável ($Al \times 2$) e o seu método complementar que visa, simultaneamente à neutralização do alumínio, a elevação dos teores de $Ca + Mg$ a 2 meq/100 cm^3 , atualmente empregado em Minas Gerais, aparecem subestimando as necessidades de calagem, mesmo quando se queria atingir valor de pH 5,5. Contrariamente a alguns trabalhos (60, 66, 74), onde o alumínio trocável apresentou-se com boa eficiência na estimativa das doses para elevar o pH a 5,5. Isto pode ser devido ao fato de estar tra

balhando com solos de várzeas, que de modo geral apresentam maior poder tampão em função, principalmente, dos maiores teores de matéria orgânica, sendo o valor de pH médio atingido pelo método do $\{(Al \times 2) + [2 - (Ca + Mg)]\}$ em torno de 5,1 e não 5,5. As amostras de solo n^{os} 6, 7, 11, 21 e 30 não tiveram seus valores computados na média, pois já apresentavam inicialmente valor de pH superior a 5,5.

Por outro lado, conforme já mencionado, o método do alumínio trocável utilizado para recomendação de calagem obtido a partir das equações de regressão mostra-se eficiente, uma vez que as constantes de multiplicação variam com o tamponamento dos solos e, portanto, precisando ser adaptada para cada região.

Finalizando, o método da saturação em bases adaptado de CATANI & GALLO (16) por QUAGGIO (60) mostrou-se ineficiente para estimar as necessidades de calcário para solos de várzeas, subestimando, de maneira geral, as doses de calcário. Acredita-se que os altos teores de matéria orgânica em alguns dos solos, a depressão diferencial do pH de equilíbrio por ocasião da determinação da acidez potencial, sendo a extração da acidez incompleta, e a ausência de quantificação de algumas formas de alumínio não trocável, que segundo Pionke et alii citado por ERNANI & ALMEIDA (25) assumem grande importância na determinação da porcentagem de saturação em bases, possam ter afetado diferencialmente os valores de CTC e, com isso, subestimando as necessidades de calagem. Principalmente os solos mais tamponados (solos n^{os} 1, 2, 17, 22, 27, 29 e 33) foram afetados por esse aspecto, onde as necessidades estimadas pelo

método de saturação em bases não chegaram em média a 2/3 das necessidades obtidas pela incubação.

ERNANI & ALMEIDA (25) citam que a introdução de um fator multiplicativo na fórmula utilizada certamente melhoraria a eficiência do método, pois seu coeficiente de correlação com a necessidade de calagem foi superior a 0,8. Neste trabalho, averiguou-se esta relação existente entre a necessidade de calagem estimada pelo método de saturação em bases de acordo com QUAGGIO (60) para atingir $V_2 = 50$ e 72% e a necessidade de calagem obtida por incubação para valores de pH em água de 5,5 e 6,0, e obteve-se coeficientes de correlação ainda melhores ao obtido no trabalho anterior ($r = 0,93$ e $0,96$, respectivamente), conforme Figura 11, onde:

Y_1 e Y_2 = necessidade de calagem obtida pelo método da incubação para atingir pH 5,5 e 6,0, respectivamente.

X_1 e X_2 = necessidade de calagem estimada pelo método de saturação em bases adaptado por QUAGGIO (60) para atingir $V_2 = 50$ e 72%, respectivamente, os quais correspondem a valores de pH 5,5 e 6,0 (vide Figura 5b).

Convém salientar que apesar do uso destas equações de regressão levarem a recomendação de doses satisfatórias de calcário, partindo-se da dose recomendada pelo método da saturação em bases, trata-se de uma maneira indireta de chegar a doses ideais, necessitando de dois cálculos: primeiro o cálculo da necessidade de calagem pelo método da saturação em bases introduzido por QUAGGIO

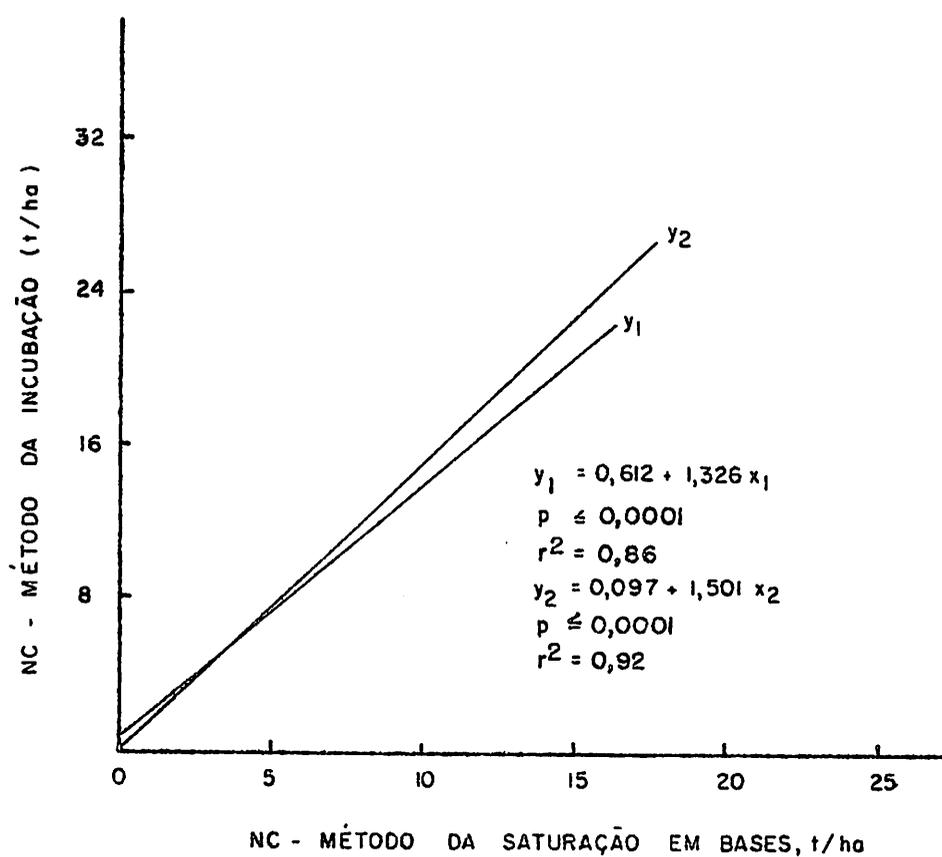


FIGURA 11 - Relação entre as necessidades de calcário estimadas pelo método da saturação em bases e a necessidade de calcário obtida pela incubação para elevar os valores de pH em água a 5,5 e 6,0 (Y_1 e Y_2 , respectivamente).

(60) e posteriormente o cálculo da equação de regressão, sendo, portanto, um método bastante trabalhoso onde as possibilidades de erros tanto laboratoriais como de cálculos são ainda maiores.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem as seguintes conclusões:

1. A capacidade de troca de cátions dos solos de várzeas de Minas Gerais varia principalmente em função da fração orgânica desses solos, sendo mínima a influência da fração mineral.
2. A acidez potencial (H + Al) desses solos de várzeas é oriunda, principalmente, da dissociação de grupos funcionais da matéria orgânica, uma vez que os teores de alumínio trocável são bem menores do que os teores de hidrogênio.
3. A acidez potencial (H + Al) desses solos de várzeas pode ser estimada através da leitura do pH de equilíbrio da solução tampão SMP com o solo, pela fórmula:

$$H + Al = 300870,77 \cdot (\text{pH SMP})^{-6,10}$$

4. Das três determinações de pH, o pH em CaCl_2 0,01M foi o que apresentou maior capacidade de estimar a saturação em bases da CTC a pH 7,0.
5. A saturação de alumínio da CTC efetiva nesses solos é praticamente nula quando os valores de pH em KCl 1,0N, CaCl_2 0,01 M e

água são superiores a 4,7; 4,9 e 5,5 respectivamente.

6. O método do alumínio trocável tradicionalmente utilizado, assim como seu método complementar: Al e Ca + Mg trocáveis, o qual é atualmente empregado em Minas Gerais, subestimaram as necessidades de calagem para esses solos de várzeas. Porém, o uso de equações matemáticas, adaptadas à capacidade de tamponamento dos solos, aumenta muito a aplicabilidade do método do alumínio trocável.
7. O método da saturação em bases para recomendação de calagem proposto por QUAGGIO (60) para solos do Estado de São Paulo, também subestimou as necessidades de calagem quando comparado com os valores obtidos por incubação para os solos de várzeas de Minas Gerais sendo que as quantidades de calcário estimadas pelo referido autor para atingir $V_2 = 50$ e 70% , não foram suficientes para atingir estes valores na curva de neutralização.
8. Dentre os métodos tradicionais de recomendação de calcário empregados no Brasil, o pH SMP foi o que mais se aproximou das quantidades determinadas por incubação para elevar o pH dos solos de várzeas estudados a 5,5 e 6,0.
9. Com exceções ao pH em água, pH em CaCl_2 0,01 M e a saturação em bases, todos os parâmetros de acidez e/ou propriedades químicas do solo testadas (pH SMP, Al, H + Al, matéria orgânica (M.O. %), M.O. % e Al, M.O. % e pH em H_2O e M.O. % e pH em CaCl_2 0,01M), estimaram satisfatoriamente a necessidade de calagem para elevar o pH a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 e a saturação em bases a

40, 50, 60 e 70%.

10. Para fins práticos, sugere-se o uso dos parâmetros $H + Al$ e matéria orgânica juntamente com pH em água na estimativa das doses de calcário para os solos de várzeas de Minas Gerais.

6. RESUMO

No Brasil existem aproximadamente 30 milhões de hectares de várzeas irrigáveis sem aproveitamento definido, que poderiam ser incorporadas como novas fronteiras agrícolas, aumentando o potencial produtivo de alimentos básicos no país.

Os solos de várzeas quando inundados sofrem alterações físico-químicas e biológicas propiciadas pelas condições redutoras do solo, destacando-se a elevação do pH e a neutralização do alumínio trocável dos solos ácidos. Sob estas condições, os solos de várzeas não têm respondido positivamente à prática da calagem. Entretanto, sob condições de drenagem, onde estas transformações se tornam reversíveis, os resultados têm sido bastante controversos quanto a importância da calagem.

A falta de estudos básicos sobre métodos de recomendação de calagem para as condições de várzeas drenadas justificou o presente trabalho. O objetivo foi fornecer informações fundamentais a respeito da necessidade de calagem nestes solos sob condições de drenagem, em função do poder tampão, sugerindo alternativas para o uso de métodos convencionais de recomendação de calagem.

Amostras de trinta e três solos de várzeas foram coletadas na camada superficial de 0-20 cm, sendo devidamente secas ao ar e passadas em peneiras com malha de 5 mm de abertura e posteriormente destinadas a incubação. As doses de calcário aplicadas corresponderam a multiplicação dos fatores 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 e 1,5 pela dose necessária para atingir 100% de saturação em bases de acordo com a equação desenvolvida por QUAGGIO (60). Empregou-se delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, onde as parcelas foram mantidas em incubação até atingir o pH de equilíbrio, com 70% do espaço poroso (VTP) ocupado pela água. As amostragens para determinação do pH foram, inicialmente, efetuadas em intervalos semanais e posteriormente intervalos quinzenais. Após atingir o pH de equilíbrio, o que foi conseguido 51 dias após o início da incubação, as amostras foram secas ao ar, passadas em peneiras de 2 mm de abertura e submetidas às análises dos seguintes parâmetros de acidez: Ca, Mg, K, Al, H + Al, pH em água, pH em CaCl₂ 0,01 M e pH em KCl 1,0 N. As amostras originais (não incubadas) foram submetidas às análises de caracterização de modo geral.

O presente trabalho permitiu as seguintes conclusões:

- A acidez potencial (H + Al) dos solos de várzeas de Minas Gerais pode ser estimada através da leitura do pH de equilíbrio da solução tampão SMP com o solo, pela fórmula:

$$H + Al = 300870,77 (\text{pH SMP})^{-6,10}$$

- A capacidade de troca de cátions dos solos de várzeas de Minas

Gerais varia principalmente em função da fração orgânica desses solos, sendo mínima a influência da fração mineral.

- Com exceções feitas ao pH em água, pH em CaCl_2 e a saturação em bases, todos os parâmetros de acidez e/ou propriedades químicas dos solos testadas (pH SMP, Al, H + Al, MO%, MO% e Al, MO% e pH em água e MO% e pH em CaCl_2), estimaram satisfatoriamente a necessidade de calagem para elevar o pH a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 e a saturação em bases a 40, 50, 60 e 70%.

- Para fins práticos, sugere-se o uso dos parâmetros H + Al e matéria orgânica juntamente com pH em água na estimativa de doses de calcário para solos de várzeas.

- Os métodos tradicionais de recomendação de calagem baseados na saturação em bases e no alumínio trocável subestimaram as necessidades de calagem quando comparado com os valores obtidos por incubação.

- O método de recomendação de calagem baseado no pH SMP foi o que mais se aproximou das quantidades determinadas por incubação para elevar os valores de pH a 5,5 e 6,0.

7. SUMMARY

Lowland soils with potential for irrigation in Brazil occupy approximately 30 million hectares. These soils with no defined utilization could be incorporated to the agricultural frontier, increasing the productive potential for food grains in the country.

Lowland soils when flooded present physical, physical chemistry and electro-chemical changes as a function of reduced conditions, mainly increase in pH value and neutralization of exchangeable aluminum.

Under these conditions there is not a positive response to lime use. However, under drainage systems that reverse these changes, these soils have shown controversial responses in terms of lime use.

The lack of basic studies concerning methods to define rates of lime for lowland soils in Brazil, under drainage systems, justifies this research work which had the following objectives: a) to get fundamental informations concerning lime needs for lowland soils as a function of their buffer capacity; b) to suggest alternatives for use of conventional methods of lime recommendation for these soils.

Thirty-three top-soil samples (0 to 20 cm) were taken to represent lowland soils of Minas Gerais State. These samples were air-dried, sieved through a 5mm opening sieve and submitted to incubation process. The treatments involved seven rates of lime 0.0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1.0 and 1.5 times the rate to achieve 100% basis saturation. The experimental design was completely randomized with three replications.

The samples under incubation were checked for pH in water, initially at seven days, after that at fifteen days intervals until reaching equilibrium pH (after two months of incubation). After this period, the samples were air-dried, sieved through a 2 mm opening sieve and analyzed in relation to the following parameters: exchangeable Ca, Mg, Al, potential acidity (H + Al), extractable K, pH in water, pH in 0.01 M CaCl₂ and pH in 1.0 N KCl.

This research allowed the following conclusions:

- The potential acidity (H + Al) of lowland soils of Minas Gerais State can be estimated by the equilibrium pH obtained with a SMP buffered solution through the equation:

$$H + Al = 300,870.77 (\text{pH SMP})^{-6.1}$$

- The cation exchange capacity of lowland soils of Minas Gerais State varies mainly as a function of organic matter content, being minimum the contribution of the mineral fraction.

- With exception of pH in water, pH in 0.01 M CaCl₂ and basis saturation, all the acidity parameters and/or chemical properties evaluated (pH SMP, Al, H + Al, organic matter, organic matter

and Al, organic matter and pH in water, organic matter and pH in 0.01 M CaCl₂) were efficient to predict necessary lime rates to achieve pH in water values of 5.0; 5.5; 6.0 and 6.5, and basis saturation of 40, 50, 60 and 70%.

- Under practical point of view, it is suggested the use of H + Al, and organic matter and pH in water, to estimate lime rates for lowland soils.

- The traditional methods of lime recommendation based upon basis saturation and exchangeable aluminum, underestimated the lime needs when compared to the incubation process.

- Rates of lime based upon pH SMP to achieve pH in water values of 5.5 and 6.0, were very close to those determined by the incubation process.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, C.A. Identificação de deficiências de macronutrientes em três solos de várzeas de Minas Gerais. Lavras, ESAL, 1985. 93p. (Tese MS).
2. ACHÁ PANOSO, L.; SANTANA, D.P.; BARUQUI, A.M.; BARUQUI, F. M.; ALMEIDA, J.R. de; FERREIRA, M.B.; SOUZA, C.C. de & ANTUNES, F.Z. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos da área sob a influência do Reservatório de Três Marias. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 236p. (Boletim Técnico SNLCS, 57).
3. _____; _____; SOUZA, C.C. de; SANS, L.M.A.; AVELAR, B. C. & PACHECO, E.B. Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos do Distrito Agroindustrial de Jaíba - Minas Gerais. Belo Horizonte, EPAMIG, 1976. 242p. (Boletim Técnico, 54).
4. ADAMS, F. & EVANS, C.E. A rapid method for measuring lime requirement. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 26:355-7, 1962.

5. ALLAWAY, W.H. Availability of replaceable calcium from different types of colloids as affected by degree of calcium saturation. Soil Science, Baltimore, 59(3):207-17, Mar. 1945.
6. ALMEIDA, J.A. Avaliação de métodos de recomendação de calagem em solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ, 1984. 84p. (Tese MS).
7. AVELAR, B.C. & SOUZA, J.J. de. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos de polders "Careaçú e Bela Vista", Vale do Sapucaí - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.337-44.
8. BARDSLEY, C.E. & LANCASTER, J.O. Sulfur. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis; chemical and microbiological properties. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.2, cap. 79, p.1102-16.
9. BAUMGARTNER, J.G.; LOPES, E.S.; DEMATTÊ, J.D.; MIYASAKA, S.; IGUE, T. & GUIMARÃES, G. Calagem e adubação mineral da soja (Glycine max (L.) Merrill), variedade Santa Maria, em solo de várzea. Bragantia, Campinas, 33(1):1-10, jan. 1974.
10. BRASIL. Ministério da Agricultura. PROVÁRZEAS / PROFIR; relatório 84. Resultados acumulados até 1984. Brasília, 1984. 36p.

11. BROWN, I.C. A rapid method of determining exchangeable hydrogen and total exchangeable bases of soils. Soil Science, Baltimore, 56:353-7, 1943.
12. CAMARGO, N.M.; HIRANO, C.; FREITAS, F.G. de; JACOMINE, P.K.T.; ANTUNES, F. dos S.; SILVEIRA, C.O. da & BENNEMA, J. Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatórios de Furnas, (contribuição à carta de solos). Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, 1962. 462p. (Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 13).
13. CAMARGO, O.A. & RAIJ, B. van. Relações entre o alumínio trocável, bases trocáveis e pH em solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p. 95-101.
14. CASTRO, A.F.; BARRETO, W.O. & ANASTÁCIO, M.L.A. Correlação entre o pH e saturação de bases de alguns solos brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira; Série Agronomia, Rio de Janeiro, 7:9-17, 1972.
15. CATANI, R.A. & ALONSO, O. Avaliação da exigência de calcário do solo. Anais da ESALQ, Piracicaba, 26:141-56, 1969.

16. CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante a correlação entre o pH e a saturação em bases. Revista de Agricultura, Piracicaba, 30:49-60, jan./mar. 1955.
17. COLEMAN, N.T.; KAMPRATH, R.J. & WEED, S.D. Liming. Advances in Agronomy, Ithaca, 10:475-522, 1958.
18. _____; WILLIAMS, D.E.; NIELSEN, T.R. & JENNY, H. On the validity of interpretations of potentiometrically measured of soil pH. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 15:106-10, 1951.
19. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Tabelas de recomendação de adubação e calagem; 3ª aproximação. Belo Horizonte, EPAMIG, 1978. 80p.
20. CORRÊA, J.B.; COSTA, P.C. da; LOPES, A.S. & CARVALHO, J.G. A valiação de (H + Al) pelo método do SMP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIRA, 12, Caxambu, 1985. Trabalhos apresentados... Caxambu, SEPRO/DEPET/DIPRO/IBC, 1985. p. 111-2.
21. CURI, N. & ANDRADE, H. Solos de várzea. Lavras, s.ed., 1983. 12p. (Mimeografado).
22. DAVIES, B.E. A statistical comparison of pH values of some English soils after measurement in both water and 0,01 M calcium chloride. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 35(4):551-2, July/Aug. 1971.

23. DAY, P.R. Particle: fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.1, cap.43, p.545-66.
24. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
25. ERNANI, P.R. & ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(2):143-50, maio/ago. 1986.
26. EVANS, C.E. & KAMPRATH, E.J. Lime response as related to percent aluminum saturation, soil solution aluminum and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34(6):893-6, Nov./Dec. 1970.
27. FAGERIA, N.K. Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz. Rio de Janeiro, Campus, 1984. 341p.
28. _____; ZIMMERMANN, F.J.P. & LOPES, A.M. Resposta do arroz irrigado à aplicação de fósforo, zinco e calcário. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1(2/3):72-6, maio / dez. 1977.

23. DAY, P.R. Particle: fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.1, cap.43, p.545-66.
24. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
25. ERNANI, P.R. & ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(2):143-50, maio/ago. 1986.
26. EVANS, C.E. & KAMPRATH, E.J. Lime response as related to percent aluminum saturation, soil solution aluminum and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34(6):893-6, Nov./Dec. 1970.
27. FAGERIA, N.K. Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz. Rio de Janeiro, Campus, 1984. 341p.
28. _____; ZIMMERMANN, F.J.P. & LOPES, A.M. Resposta do arroz irrigado à aplicação de fósforo, zinco e calcário. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1(2/3):72-6, maio / dez. 1977.

29. FASSBENDER, H.W. Química de suelos. Turrialba, Ed. de La Cruz, 1975. 390p. (Ser. Libros y Materialies Educativos).
30. FERREIRA, F.A.; CARDOSO, M.R. de O.; AGUIAR, J.L. & FARIA, J. F. Adubação fosfatada e calagem na cultura do milho (Allium sativum L.) em solos de baixada no Sul de Minas Gerais. In: EPAMIG. Projeto olericultura; relatório 78/80. Belo Horizonte, 1981. p.19-22.
31. FREITAS, L.M.N.; PRATT, P.F. & VETTORI, L. Testes rápidos para estimar a necessidade de calcário em alguns solos do Estado de São Paulo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 3:159-64, 1968.
32. GOMES, A.G.; GARGANTINI, H.; GUIMARÃES, G. & NUTKE, A.C.P. Competição entre materiais corretivos (escórias de siderúrgicas x calcário) em solos de várzeas do Vale do Paraíba. Bragantia, Campinas, 22(14):149-57, mar. 1963.
33. _____; VIEGAS, G.P. & FREIRE, E.S. Adubação do milho no Vale do Paraíba, experiências com N, P, K e Ca em solos da série Tumirim. Bragantia, Campinas, 22(14):149-57, mar. 1963.
34. GRANDE, M.A.; CURI, N. & GUAGGIO, J.A. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich e resina, em solos cultivados com arroz irrigado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(1):45-50, jan./abr. 1986.

35. GROHMANN, F. Superfície específica. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975. p.111-22.
36. JACKSON, E.A. Physiological effects of soil acidity. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, 1976. p.43-124.
37. JACKSON, M.L. Análise química de suelos. 2.ed. Barcelona, Omega, 1970. 662p.
38. KAMINSKY, J. Fatores da acidez e necessidade de calcário em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, 1974. 96p. (Tese MS).
39. KAMPRATH, E.J. Exchange aluminum as a criterion for liming on leached mineral soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34(2):252-4, Mar./Apr. 1970.
40. KEENEY, D.R. & COREY, R.B. Factors affecting the lime requirements on Wisconsin soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 27(3):277-380, May/June 1963.
41. KIEHL, E.J. Manual de edafologia: relações solo-planta. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 264p.
42. LAMSTER, E.C. Programa nacional de aproveitamento racional de várzeas - PROVÁRZEAS nacional. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 6(65):3-8, mar. 1980.

43. LEITE, N.; GARGANTINI, H.; HUNGRIA, L.S. & IGUE, T. Efeitos do nitrogênio, fósforo, calcário e micronutrientes em cultura de arroz irrigado no Vale do Paraíba. Bragantia, Campinas, 29(25):273-85, ago. 1970.
44. LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New York, John Willey, 1979. 449p.
45. LOPES, A.S. Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162p.
46. LOYANACHAN, T.E. Lime requirements methods for cold-region soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, 45(1):75-80, Jan./Feb. 1981.
47. LUCAS, R.E. Reliability of lime requirement calculations based on the rapid cooper method for exchange capacity. Soil Science Society of America Proceedings, Madison 7: 362-7, 1942.
48. MACLEAN, A.J.; JASMIN, J.I. & HASTEAD, R.L. Effect of lime on the potato crops and on properties of sphagnum peat soil. Canadian Journal of Soil Science, Ottawa, 47:89-94, 1967.
49. McLEAN, E.O. Soil pH and lime requirement. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., eds. Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.199-223.

50. McLEAN, E.O. & BROWN, J.R. Crop response to lime in the midwestern United State. In: ADAMS, F., ed. Soil acidity and liming. 2ª ed. Madison, American Society of Agronomy, 1984. p.294.
51. _____; DUNFORD, S.W. & CORONEL, F. A comparison of several methods of determining lime requeriments of soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 30(1):26-30, Jan./Feb. 1966.
52. MELO, F. de A.G. de. Origem, natureza e componentes da acidez do solo: critérios para calagem. In: MALAVOLTA, E., coord. Seminário sobre corretivos agrícolas. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.67-93.
53. MORAES, J.F.V. & FREIRE, C.J.S. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. Pesquisa Agropecuária Brasileira; Série Agronômica, Brasília, 9:35-43, 1974.
54. MURDOCK, J.; PAVAGEAU, M.; FRASCA, Fº, A.: PRATINI, C. & KALCKMANN, R.E. Determinação quantitativa da calagem. Porto Alegre, UFRGS, 1978. 20p. (Informativo Interno, 04).
55. PALHANO, J.B.; SFREDO, G.J.; CAMPO, R.J.; LANTMANN, A.F., & BORKERT, C.M. Calagem para soja: recomendação para o Estado do Paraná. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1984. 13p. (Comunicado Técnico, 28).

56. PAVAN, M.A. & MIYAZAWA, M. Química de solos indudados. Londrina, IAPAR, 1983. 21p.
57. PEECH, M. Hidrogen - ion activity. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.214-26.
58. _____ & McDEVIT, W.F. Discussion of the paper in the validity of interpretations of potenciometrically measured soil pH. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 15:112-4, 1951.
59. PONNAPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. Advances in Agronomy, Ithaca, New York, 24:29-96, 1972.
60. QUAGGIO, J.A. Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ, 1983. 76p. (Tese MS).
61. _____. Respostas das culturas a calagem. In: MALAVOLTA, E., coord. Seminário sobre corretivos agrícolas. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.123-57.
62. _____; ISHIMURA, I.; SAES, L.A. & YANAI, K. Resposta da abobrinha-italiana a doses de calcários com diferentes teores de magnésio em solo orgânico do Vale do Ribeira (SP). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 11(2):167-73, maio/ago. 1987.

63. QUAGGIO, J.A. & RAIJ, B. van. Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 3(3):184-7, set./dez. 1979.
64. _____; SAKAI, M.; ISHIMURA, I.; SAES, L.A. & BATAGLIA, O. C. Calagem para a rotação feijão-milho verde em solo orgânico do Vale do Ribeira de Iguapé (SP). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 9(3):255-61, set./dez. 1985.
65. RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1981. 142p.
66. _____; CANTARELLA, H. & ZULLO, M.A.T. O método tampão SMP para a determinação da necessidade de calagem de solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 38(7):57-69, abr. 1979.
67. _____ & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise do solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. (Boletim Técnico, 81).
68. _____; _____; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A. S. & BATAGLIA, O.C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

69. ROSS, G.J.; LAWTON, K. & ELLIS, B.G. Lime requirement related to physical and chemical properties of nine Michigan soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 28 (2):209-13, 1964.
70. SANCHEZ, P.A. Suelos del trópico: características y manejo. San José, Costa Rica, IICA, 1981. 660p.
71. SCHIMIDT, N.C. & GARGANTINI, H. Efeito da aplicação de calcário, matéria orgânica e adubos minerais em culturas de arroz, em solo de várzea irrigada. Bragantia, Campinas, 29 (27):293-9, set. 1970.
72. SHOEMAKER, H.E.; MCLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods of determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 25(4):274-7, July/Aug. 1961.
73. SIQUEIRA, O.J.F.; SCHERER, E.E.; TASSANARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELLA, J.F.; TEDESCO, M.J.; MILAN, P.A. & ERNANI, P.R. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1987. 100p.
74. SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; LOBATO, E. & KLIEMAN, H.J. Avaliação de métodos para determinar as necessidades de calcário em solos do cerrado de Goiás e do Distrito Federal. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 4(3)144 - 8, set./dez. 1980.

75. TANAKA, T.; NISHIKAWA, T. & KAWASAKI, S. Experimentos de adu-
bação e calagem em cultura de cebola por meio de bulbinho.
Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 5(3):61-6 ,
1970.
76. UEHARA, G. & GILLMAN, G. The mineralogy, chemistry and
physics of tropical soils with variable charge clays.
Boulder, Westurew Press, 1981. 170p.
77. VAHL, L.C.; GOMES, A.S. & BOTELHO, R.C. Influência do Ca, Mg,
Zn e P sobre o rendimento e outras características da cul-
tura do arroz irrigado. Agros, Pelotas, 13(2/3):65-75 ,
dez. 1978.
78. VITTI, G.C. Acidez do solo, calagem e gessagem. In: FERNAN-
DES, F.M. & NASCIMENTO, V.M., coord. Curso de atualização
em fertilidade do solo. Campinas, Fundação Cargill, 1987.
p.303-19.
79. YOSHIDA, T. Microbial metabolism of flooded soils. In: PAUL,
E.A. & McLAREN, A.D., ed. Soil biochemistry. New York,
Marcel Dekkes, 1975. p.83-122.

9. APÉNDICE

QUADRO 1A - Resumo das características físicas e químicas de solos de várzeas e graus de respostas à calagem ^{1/}

Tipo de solo	Série	Cultura	Características físicas e químicas										Graus de resposta ^{2/}		Fonte
			Textura	pH	Al	H	Ca	Mg	K	P	N	m.o.	Ca	Mg	
		 meq/100gppm...		 %						
Latossolo podzólico	Tumirim	Milho	Argilosa	4,5	-	-	1,78	0,80	120,9	68,2	0,17	3,6	Não	Não	GOMES et alii (32)
Aluvião-bog	Coruputuba	Soja	-	5,3	2,6	-	2,9		35,1	6,2	-	13,1	*	*	BAUMGARINER et alii (9)
Aluvião	Barro de Telha	Tomate	-	4,7	-	9,0	2,14	1,03	105,3	78,6	0,20	5,3	*	*	GOMES et alii (33)
Aluvião-bog	Coruputuba	Tomate	-	4,8	-	32,2	2,22	0,58	284,7	21,7	0,69	16,0	**	*	GOMES et alii (33)
-	-	Alho	-	4,9	3,3	-		0,5	30,0	4,0	-	6,1	**	**	FERREIRA et alii (30)
Hidromórfico	-	Cebola	-	5,5	-	-	6,02	1,42	120,9	7,2	-	-	*	*	TANAKA et alii (75)
Hidromórfico	-	Cebola	-	4,5	2,4	-		1,20	50,7	3,1	-	-	*	*	TANAKA et alii (75)
Aluvião	Dourada	Arroz	-	4,9	-	9,5	3,45	1,70	120,9	2,1	0,08	1,70	Não	Não	SCHMIDT & GARGANTINI (71)
Aluvião	Barro de Telha	Arroz	Argilosa	4,7	2,3	-		3,5	81,9	26,9	-	2,2	Não	Não	LEITE et alii (43)
-	Brejão	Arroz	-	4,0	4,2	-		3,0	27,3	35,2	-	1,2	Não	Não	LEITE et alii (43)
Aluvião	Cajatuba	Arroz	Argilosa	4,4	3,2	-		2,5	78,0	5,2	-	1,8	Não	Não	LEITE et alii (43)
-	Brejão	Arroz	-	4,0	4,5	-		7,0	117,0	40,3	-	1,6	Não	Não	LEITE et alii (43)
-	Avaref	Arroz	-	4,4	2,5	-		4,0	54,6	67,2	-	1,8	Não	Não	LEITE et alii (43)
Aluvião	Barro de Telha	Arroz	-	4,4	3,2	-		3,0	39,0	6,2	-	2,3	Não	Não	LEITE et alii (43)
Aluvião-bog	Barro de Telha	Arroz	-	5,0	2,7	-		5,0	78,0	99,3	-	3,2	Não	Não	LEITE et alii (43)
Aluvião sobre bog	Paraíba	Arroz	-	4,7	2,2	-		4,0	74,1	11,4	-	3,2	Não	Não	LEITE et alii (43)
Aluvião	Barro de Telha	Arroz	-	4,4	4,0	-		5,5	195,0	86,9	-	2,2	Não	Não	LEITE et alii (43)

^{1/} Adaptado das várias fontes citadas.

^{2/} ** (altamente significativo);

* (significativo);

Não (sem resposta).

FONTE: ABREU, C.A. (1).

QUADRO 2A- Resultados analíticos das amostras de solos estudados e municípios de coleta. Alguns resultados foram obtidos em dois laboratórios (IAC e ESAL).

Amostra Nº	N Total %	p(1) ppm	p(2) ppm	S-SO ₄ ppm	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm	Municípios
1	0,90	13	40	1,0	0,2	0,1	30,8	0,5	2,4	Careaçú
2	0,82	9	19	6,8	0,2	0,9	66,6	0,6	9,5	Careaçú
3	0,28	5	10	8,4	0,1	3,9	802,0	3,3	87,5	Arcos
4	0,38	4	8	7,9	0,1	1,4	413,0	2,8	96,0	Divino
5	0,38	10	15	12,6	0,4	1,3	856,0	5,5	109,5	Teófilo Otoni
6	0,28	3	3	4,8	0,1	T	436,0	1,1	16,8	Pavão
7	0,26	12	29	14,2	0,2	2,2	146,0	5,0	95,5	Pres. Juscelino
8	0,42	10	10	14,2	0,3	0,9	248,0	2,8	4,4	Manjoiós
9	0,31	5	10	4,8	T	4,9	511,0	1,8	54,2	Varginha
10	0,22	4	8	1,9	T	7,2	761,0	3,6	140,0	Varginha
11	1,20	16	66	56,4	0,9	0,9	397,0	7,1	35,2	Arcos
12	0,30	6	11	21,0	0,2	4,2	602,0	8,2	76,0	Inimutaba
13	0,29	7	11	12,0	0,1	0,4	337,0	1,1	56,4	Mutum
14	0,26	6	13	15,3	0,1	2,7	487,0	2,2	169,0	Curvelo
15	0,18	6	14	13,1	0,1	1,6	428,0	2,1	163,5	Areado
16	0,24	6	13	11,0	0,3	1,2	155,0	3,8	50,2	Jequitinhonha
17	0,70	8	7	4,8	0,2	0,3	192,0	1,3	21,6	Brasília de Minas
18	0,23	2	6	9,9	0,2	1,2	250,0	1,5	57,7	Rio Pardo de Minas
19	0,25	6	14	22,2	0,2	1,1	305,0	2,7	130,0	Guanhães
20	0,22	13	66	19,9	0,1	6,7	321,0	2,8	82,5	Varginha
21	0,23	19	36	8,9	0,5	0,3	81,3	2,3	49,2	Aimorés
22	0,47	9	12	4,8	0,1	0,4	80,3	2,0	59,4	S.S. de Bela Vista
23	0,22	3	4	14,2	T	1,8	561,0	2,2	93,5	Eugenópolis
24	0,26	3	11	13,1	T	2,5	336,0	2,9	85,5	S.J. Nepomuceno
25	0,26	2	11	13,7	T	2,8	188,0	2,6	93,5	Piraúba
26	0,24	4	11	12,1	0,1	2,0	460,0	3,7	197,0	Rio Novo
27	0,54	15	12	4,8	0,1	1,1	84,7	0,7	8,9	Lambari
28	0,22	3	5	11,0	T	0,7	24,6	0,4	16,2	Careaçú
29	1,82	11	39	12,1	0,1	T	126,0	1,5	2,2	Careaçú
30	0,20	2	4	17,6	T	0,6	28,3	0,5	16,7	Careaçú
31	0,37	6	16	12,1	0,1	2,8	455,0	4,7	210,5	Serrania
32	0,38	4	20	12,1	0,1	2,3	742,0	2,0	203,0	Machado
33	1,00	23	26	1,9	1,2	T	119,0	1,3	27,0	Boa Esperança
Média	0,43	8	18	12,1	0,2	1,8	334,2	2,6	76,4	
Amplitude	0,18-1,82	2-23	3-66	1,0-56,4	T-1,2	T-7,2	24,6-802,0	0,4-8,2	2,2-210,5	

QUADRO 2A - Continuação...

Amostra Nº	Teor de Argila	MO		Cátions Trocáveis							
		(1)	(2)	Al (1)	(1)	Ca (2)	(1)	Mg (2)	(1)	K (2)	
..... % meq/100 cm ³ de Solo									
1	53	22,0	19,9	3,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,07	0,13	
2	53	16,1	14,8	1,5	0,7	0,8	0,3	0,4	0,29	0,34	
3	54	3,0	3,4	1,0	1,9	1,5	0,4	0,3	0,25	0,26	
4	50	3,6	4,5	0,8	1,4	1,3	0,4	0,5	0,10	0,11	
5	23	2,5	2,7	0,4	1,2	1,2	0,4	0,5	0,16	0,17	
6	53	2,8	3,2	0,4	1,0	0,9	0,6	0,6	0,08	0,08	
7	37	2,9	3,1	0,1	7,4	5,8	1,4	1,3	0,26	0,23	
8	5	6,7	7,1	1,2	1,5	1,3	0,1	0,1	0,10	0,12	
9	37	0,7	4,9	0,3	2,5	2,2	0,9	0,9	0,12	0,11	
10	11	1,4	2,1	0,4	1,2	0,8	0,7	0,6	0,22	0,30	
11	40	9,4	20,9	0,1	23,5	29,4	1,3	1,5	0,44	0,52	
12	58	2,5	3,0	1,7	1,6	1,9	0,6	0,6	0,19	0,24	
13	61	3,5	3,8	0,5	0,6	0,8	0,2	0,3	0,14	0,16	
14	33	4,2	5,1	0,3	5,3	6,4	0,6	0,7	0,33	0,38	
15	44	1,6	1,9	0,1	3,0	2,9	0,6	0,6	0,21	0,27	
16	34	3,1	3,1	0,1	5,3	4,3	2,5	2,4	0,38	0,42	
17	33	17,3	15,3	1,1	1,2	1,1	0,2	0,2	0,29	0,31	
18	25	3,5	4,0	0,1	3,4	3,2	2,1	2,4	0,21	0,23	
19	56	2,6	3,0	0,1	1,9	1,9	0,7	0,8	0,39	0,41	
20	51	3,0	3,1	0,1	3,9	4,1	1,2	1,3	0,16	0,15	
21	31	2,1	1,7	0,1	7,5	7,5	2,0	2,2	0,37	0,36	
22	33	10,1	10,4	1,8	1,2	1,4	0,4	0,6	0,25	0,31	
23	43	2,1	2,0	0,7	1,0	0,9	0,5	0,5	0,14	0,16	
24	47	2,8	3,4	0,7	1,0	1,1	0,5	0,6	0,06	0,09	
25	62	2,7	3,5	0,1	1,7	3,1	0,7	1,2	0,10	0,23	
26	44	2,9	3,4	0,5	1,3	2,2	0,6	0,9	0,18	0,24	
27	29	15,2	12,6	2,8	0,1	0,3	0,1	0,1	0,11	0,12	
28	68	2,8	3,2	0,1	1,3	1,4	1,3	1,3	0,23	0,22	
29	50	37,3	23,3	2,5	1,2	1,7	0,2	0,4	0,19	0,18	
30	67	2,6	3,0	0,1	1,8	1,9	1,7	1,8	0,28	0,27	
31	47	3,8	4,3	0,5	3,0	2,5	0,7	0,8	0,19	0,20	
32	26	3,9	4,8	0,6	0,6	0,7	0,1	0,2	0,12	0,13	
33	41	15,4	17,1	1,3	3,3	2,9	0,8	0,9	0,39	0,56	
Média	42	6,5	6,7	0,76	2,8	3,0	0,8	0,8	0,21	0,24	
Amplitude	5-68	0,7-37,3	1,7-23,3	0,1-3,1	0,1-23,5	0,2-29,4	0,1-2,5	0,1-2,4	0,06-0,44	0,09-0,56	

QUADRO 2A - Continuação...

Amostra Nº	Soma de Bases		Sat. de Alumínio (1)	H + Al		C.T.C.		V%	
	(1)	(2)		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
 meq/100 cm ³ solo %		
1	0,3	0,4	92	26,7	16,3	27,0	16,7	1	2
2	1,3	1,5	54	14,3	10,0	15,6	11,5	8	13
3	2,6	2,1	28	7,1	6,6	9,7	8,7	26	24
4	1,9	1,9	30	8,6	6,5	10,5	8,4	18	23
5	1,8	1,9	19	4,7	3,5	6,5	5,4	27	35
6	1,7	1,6	19	5,3	4,5	7,0	6,1	24	26
7	9,1	7,3	1	3,8	2,3	12,9	9,6	71	76
8	1,7	1,5	41	10,3	7,8	12,0	9,3	14	16
9	3,5	3,2	8	7,7	6,5	11,2	9,7	31	33
10	2,1	1,7	16	4,6	3,2	6,7	4,9	32	35
11	25,2	31,4	T	7,7	3,8	32,9	35,2	77	89
12	2,4	2,7	42	7,4	7,6	9,8	10,3	24	26
13	0,9	1,3	35	6,8	4,8	7,7	6,1	12	21
14	6,2	7,5	5	8,0	5,6	14,2	13,1	44	57
15	3,8	3,8	3	3,6	2,8	7,4	6,6	51	58
16	8,2	7,1	1	3,6	2,8	11,8	9,9	69	72
17	1,7	1,6	39	14,1	7,8	15,8	9,4	11	17
18	5,7	5,8	2	4,5	2,9	10,2	8,7	56	67
19	3,0	3,1	3	4,3	3,0	7,3	6,1	41	51
20	5,3	5,6	2	5,7	3,5	11,0	9,1	48	62
21	9,9	10,1	1	2,0	1,7	11,9	11,8	83	86
22	1,9	2,3	49	14,1	11,9	16,0	14,2	12	16
23	1,6	1,6	30	4,6	4,0	6,2	5,6	26	29
24	1,6	1,8	31	6,2	5,4	7,8	7,2	20	25
25	2,5	4,5	4	4,2	3,6	6,7	8,1	37	56
26	2,1	3,3	19	6,1	4,8	8,2	8,1	25	41
27	0,3	0,5	90	15,9	10,8	16,2	11,3	2	4
28	2,8	2,9	3	4,2	3,5	7,0	6,4	40	45
29	1,6	2,3	61	30,2	20,5	31,8	22,8	5	10
30	3,8	4,0	3	3,9	2,7	7,7	6,7	49	60
31	3,9	3,5	11	8,0	5,6	11,9	9,1	33	38
32	0,8	1,0	42	7,3	6,0	8,1	7,0	10	14
33	4,5	4,4	22	13,9	10,5	18,4	14,9	24	30
Média	3,8	4,1	24	8,5	6,1	12,3	10,2	32	38
Amplitude	0,3-25,2	0,4-31,4	1-92	2,0-30,2	1,7-20,5	6,2-32,9	4,9-35,2	1-83	2-89

(1) Extraídos pela metodologia atualmente empregada pela ESAL (vide material e método).

(2) Extraídos pela metodologia atualmente empregada pelo IAC (vide material e método).

T = Traços do elemento.

QUADRO 3A - Valores de pH em H₂O, KCl 1,0N, CaCl₂ 0,01M e SMP, com os respectivos valores da média e amplitude para as amostras de solos estudados.

Amostra	PH			
	KCl 1,0	pH H ₂ O	pH CaCl ₂ 0,01M	pH SMP
1	3,9	4,1	4,0	4,7
2	3,8	4,4	4,3	5,1
3	4,2	4,6	4,0	5,6
4	4,1	4,6	4,3	5,5
5	4,1	5,1	4,4	6,1
6	4,3	5,8	4,5	6,0
7	5,2	6,2	5,6	6,6
8	4,2	5,0	4,5	5,4
9	4,2	5,3	4,5	5,6
10	4,4	5,1	4,5	6,3
11	5,4	5,7	5,6	6,0
12	3,7	4,8	4,2	5,4
13	4,2	4,8	4,3	5,8
14	4,3	5,3	4,7	5,5
15	4,6	5,5	4,9	6,4
16	4,8	5,7	5,2	6,4
17	4,3	4,6	4,4	5,3
18	4,9	5,6	5,1	6,2
19	4,6	5,2	4,8	6,3
20	4,8	5,6	5,1	6,1
21	5,2	6,4	5,7	6,9
22	4,1	4,4	4,2	5,0
23	4,0	4,8	4,3	6,1
24	4,1	4,7	4,3	5,8
25	4,7	5,3	4,7	6,1
26	4,2	4,8	4,4	5,9
27	4,1	5,0	4,3	5,1
28	4,6	5,7	4,9	6,2
29	3,9	4,6	3,9	4,6
30	5,0	5,9	5,3	6,3
31	4,2	4,8	4,4	5,7
32	4,0	4,2	4,0	5,6
33	4,3	4,3	4,3	5,2
Média	4,4	5,1	4,6	5,8
Amplitude	3,7-5,4	4,1-6,4	3,9-5,6	4,6-6,9

QUADRO 4A - Dados analíticos dos solos obtidos após a incubação
(bases para a construção das curvas de neutralização).

Amostra Nº	Al	Ca	Mg	K	H + Al	pH KCl	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	V%
----- meq/100 cm ³ -----									
1 - D0	2,9	0,2	0,1	0,10	26,4	4,1	4,0	4,2	2
1 - D1	1,1	3,2	1,8	0,10	21,9	4,4	4,0	4,8	19
1 - D2	0,3	5,7	3,5	0,09	17,6	4,8	5,4	5,3	34
1 - D3	0,1	7,6	5,3	0,09	14,5	5,3	5,7	5,7	47
1 - D4	0,1	8,4	5,9	0,08	12,9	5,7	6,0	6,0	53
1 - D5	0,1	9,0	6,6	0,08	11,1	5,8	6,2	6,2	59
1 - D6	0,1	11,0	7,8	0,08	6,6	6,4	6,6	6,6	74
2 - D0	1,7	1,0	0,4	0,31	15,2	4,3	4,3	4,3	10
2 - D1	0,6	2,9	1,5	0,32	12,9	4,6	4,9	4,9	27
2 - D2	0,3	4,3	2,5	0,31	10,6	5,0	5,4	5,4	40
2 - D3	0,1	5,6	3,2	0,31	8,9	5,4	5,8	5,7	51
2 - D4	0,1	6,6	4,1	0,28	7,7	5,5	5,9	5,9	59
2 - D5	0,1	7,5	4,5	0,28	6,3	5,9	6,2	6,2	66
2 - D6	0,1	8,9	5,4	0,27	4,4	6,3	6,5	6,5	77
3 - D0	1,1	2,1	0,5	0,25	7,1	3,9	4,4	4,3	28
3 - D1	0,5	2,7	0,8	0,25	5,3	4,1	4,6	4,5	42
3 - D2	0,1	3,4	1,3	0,25	4,9	4,5	5,1	4,9	50
3 - D3	0,1	3,8	1,5	0,25	3,9	4,7	5,4	5,3	59
3 - D4	0,1	4,2	1,7	0,24	3,4	5,2	5,7	5,7	65
3 - D5	0,1	4,6	2,1	0,24	2,5	5,6	6,1	6,0	73
3 - D6	0,1	5,3	2,4	0,25	1,6	6,2	6,5	6,5	84
4 - D0	0,6	1,6	0,5	0,10	7,7	4,3	4,7	4,5	22
4 - D1	0,3	2,4	1,0	0,10	7,0	4,4	4,9	4,8	33
4 - D2	0,1	3,2	1,4	0,10	6,0	4,8	5,2	5,1	44
4 - D3	0,1	3,7	1,8	0,10	5,2	5,2	5,6	5,6	52
4 - D4	0,1	4,3	2,1	0,10	4,2	5,5	5,9	5,9	61
4 - D5	0,1	4,8	2,5	0,10	3,6	5,7	6,1	6,1	67
4 - D6	0,1	5,7	3,1	0,09	1,9	6,4	6,7	6,7	83
5 - D0	0,3	1,3	0,5	0,15	4,6	4,1	4,5	4,4	30
5 - D1	0,3	1,7	0,7	0,15	4,2	4,2	4,6	4,5	38
5 - D2	0,1	2,0	0,8	0,15	3,9	4,4	4,8	4,8	43
5 - D3	0,1	2,4	1,0	1,14	3,4	4,7	5,1	5,2	51
5 - D4	0,1	2,6	1,2	0,15	2,9	5,0	5,5	5,4	58
5 - D5	0,1	3,0	1,5	0,15	2,6	5,3	5,8	5,8	64
5 - D6	0,1	3,5	1,7	0,14	1,4	6,1	6,3	6,4	80

QUADRO 4A - Continuação...

Amostra Nº	Al	Ca	Mg	K	H + Al	pH KCl	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	VZ
----- meq/100 cm ³ -----									
6 - D ₀	0,2	1,1	0,6	0,08	4,5	4,5	6,0	4,9	29
6 - D ₁	0,2	1,6	0,9	0,08	4,0	4,9	6,2	5,3	39
6 - D ₂	0,1	2,0	1,1	0,07	3,2	5,2	6,4	5,7	49
6 - D ₃	0,1	2,3	1,3	0,07	2,8	5,6	6,6	6,0	56
6 - D ₄	0,1	2,6	1,5	0,08	2,3	5,8	6,8	6,2	64
6 - D ₅	0,1	3,0	1,7	0,08	1,9	6,1	7,0	6,5	72
6 - D ₆	0,1	3,7	2,0	0,08	1,1	6,5	7,3	7,0	85
7 - D ₀	0,1	7,0	1,3	0,27	3,1	5,3	5,6	5,7	73
7 - D ₁	0,1	6,9	1,5	0,27	2,9	5,5	6,1	5,9	75
7 - D ₂	0,1	7,2	1,6	0,28	2,4	5,7	6,3	6,1	79
7 - D ₃	0,1	7,6	1,8	0,29	1,9	5,8	6,5	6,3	83
7 - D ₄	0,1	7,6	1,9	0,29	1,7	6,0	6,6	6,4	85
7 - D ₅	0,1	7,3	1,9	0,29	1,6	6,1	6,8	6,6	86
7 - D ₆	0,1	7,9	2,1	0,28	1,0	6,5	7,0	6,9	91
8 - D ₀	1,4	1,6	0,1	0,13	10,9	4,3	4,5	4,5	14
8 - D ₁	0,7	2,5	0,7	0,12	9,4	4,5	5,1	5,0	26
8 - D ₂	0,2	3,6	1,3	0,11	8,0	4,7	5,4	5,3	38
8 - D ₃	0,1	4,1	1,7	0,11	7,2	5,1	5,7	5,7	45
8 - D ₄	0,1	4,6	2,2	0,10	5,7	5,3	6,0	5,9	55
8 - D ₅	0,1	5,1	2,6	0,10	5,1	5,6	6,1	6,1	61
8 - D ₆	0,1	6,2	3,4	0,09	3,5	6,0	6,5	6,5	73
9 - D ₀	0,5	2,5	0,9	0,10	7,9	4,2	4,7	4,5	31
9 - D ₁	0,2	3,2	1,4	0,10	7,1	4,5	4,8	4,7	40
9 - D ₂	0,1	3,7	1,7	0,10	6,1	4,9	5,2	5,1	47
9 - D ₃	0,1	4,2	2,1	0,10	5,3	5,1	5,5	5,4	54
9 - D ₄	0,1	4,5	2,4	0,11	4,4	5,5	5,9	5,7	61
9 - D ₅	0,1	4,9	2,8	0,10	3,9	5,8	6,1	6,1	67
9 - D ₆	0,1	5,5	3,0	0,10	2,4	6,4	6,5	6,5	78
10 - D ₀	0,3	1,2	0,7	0,23	4,2	4,4	4,9	4,6	34
10 - D ₁	0,1	1,6	1,0	0,22	3,5	4,6	5,1	4,8	44
10 - D ₂	0,1	2,0	1,1	0,22	3,3	5,0	5,2	5,1	50
10 - D ₃	0,1	2,2	1,3	0,23	2,8	5,2	5,6	5,4	57
10 - D ₄	0,1	2,5	1,5	0,22	2,3	5,5	5,9	5,8	64
10 - D ₅	0,1	2,7	1,6	0,21	2,1	5,7	6,1	6,1	68
10 - D ₆	0,1	3,2	1,9	0,21	1,5	6,2	6,5	6,5	78

QUADRO 4A - Continuação...

Amostra Nº	Al	Ca	Mg	K	H + Al	pH KCl	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	V%
----- meq/100 cm ³ -----									
11 - D ₀	0,1	22,6	1,3	0,51	7,6	5,4	5,6	5,6	76
11 - D ₁	0,1	24,3	1,7	0,51	6,9	5,5	5,8	5,8	79
11 - D ₂	0,1	25,5	2,0	0,50	6,2	5,7	5,9	5,9	82
11 - D ₃	0,1	23,3	2,3	0,50	5,4	5,8	6,1	6,1	83
11 - D ₄	0,1	24,4	2,6	0,51	4,8	6,0	6,3	6,3	85
11 - D ₅	0,1	24,3	3,0	0,50	4,1	6,2	6,4	6,4	87
11 - D ₆	0,1	24,1	3,4	0,50	3,4	6,4	6,6	6,7	89
12 - D ₀	1,6	1,7	0,7	0,20	7,1	3,8	4,6	4,3	26
12 - D ₁	0,9	2,3	1,0	0,20	6,1	4,0	4,9	4,6	37
12 - D ₂	0,4	3,0	1,4	0,20	5,3	4,3	5,2	5,0	46
12 - D ₃	0,1	3,5	1,9	0,19	4,6	4,6	5,5	5,3	55
12 - D ₄	0,1	3,8	2,0	0,19	3,6	4,9	5,9	5,7	63
12 - D ₅	0,1	4,4	2,3	0,19	3,1	5,5	6,1	6,0	69
12 - D ₆	0,1	5,1	3,1	0,17	2,1	5,9	6,5	6,5	80
13 - D ₀	0,7	0,8	0,4	0,13	6,5	4,2	4,3	4,3	17
13 - D ₁	0,3	1,4	0,7	0,13	5,6	4,5	4,7	4,7	28
13 - D ₂	0,1	2,0	1,1	0,13	4,5	4,8	5,2	5,2	42
13 - D ₃	0,1	2,5	1,3	0,13	3,9	5,3	5,5	5,6	50
13 - D ₄	0,1	2,9	1,6	0,12	3,3	5,5	5,8	5,8	59
13 - D ₅	0,1	3,2	1,8	0,12	2,6	5,9	6,1	6,2	67
13 - D ₆	0,1	4,0	2,2	0,13	1,9	6,4	6,7	6,6	77
14 - D ₀	0,3	5,5	0,7	0,33	7,4	4,3	5,0	4,8	47
14 - D ₁	0,1	5,9	1,1	0,32	6,6	4,6	5,2	5,0	53
14 - D ₂	0,1	6,2	1,3	0,31	5,9	4,8	5,5	5,3	57
14 - D ₃	0,1	6,6	1,7	0,31	5,0	5,1	5,7	5,6	63
14 - D ₄	0,1	6,8	1,9	0,31	4,3	5,3	6,0	5,8	68
14 - D ₅	0,1	7,0	2,1	0,30	3,8	5,5	6,2	6,0	71
14 - D ₆	0,1	7,3	2,7	0,32	2,7	6,0	6,6	6,5	80
15 - D ₀	0,2	3,0	0,6	0,20	3,6	4,5	5,1	4,9	52
15 - D ₁	0,1	3,2	0,8	0,19	3,1	4,8	5,5	5,2	57
15 - D ₂	0,1	3,5	0,9	0,18	2,7	5,0	5,7	5,5	63
15 - D ₃	0,1	3,6	1,1	0,19	2,4	5,2	5,9	5,8	67
15 - D ₄	0,1	3,9	1,2	0,19	2,2	5,5	6,2	6,0	71
15 - D ₅	0,1	4,2	1,3	0,19	1,8	5,6	6,4	6,2	76
15 - D ₆	0,1	4,6	1,5	0,19	1,3	6,1	6,7	6,6	83

QUADRO 4A - Continuação...

Amostra Nº	Al	Ca	Mg	K	H + Al	pH KCl	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	V%
----- meq/100 cm ³ -----									
16 - D0	0,1	5,3	2,4	0,41	3,9	4,9	5,6	5,3	68
16 - D1	0,1	5,5	2,5	0,40	3,2	5,1	5,7	5,5	72
16 - D2	0,1	5,6	2,6	0,39	2,8	5,2	5,9	5,7	76
16 - D3	0,1	5,8	2,8	0,39	2,5	5,4	6,1	5,9	78
16 - D4	0,1	5,9	2,9	0,40	2,2	5,6	6,3	6,1	81
16 - D5	0,1	6,2	3,1	0,40	2,0	5,8	6,5	6,3	83
16 - D6	0,1	6,2	3,3	0,40	1,9	6,2	6,8	6,7	88
17 - D0	1,0	1,3	0,1	0,25	14,4	4,4	4,4	4,5	10
17 - D1	0,3	2,8	1,1	0,27	12,0	4,7	5,0	5,0	26
17 - D2	0,1	4,0	1,9	0,26	10,2	5,1	5,3	5,4	38
17 - D3	0,1	5,3	3,1	0,26	7,8	5,5	5,8	5,9	53
17 - D4	0,1	5,7	3,4	0,26	7,2	5,7	6,1	6,1	57
17 - D5	0,1	6,7	4,2	0,25	5,9	6,0	6,2	6,3	65
17 - D6	0,1	7,6	5,1	0,24	4,0	6,4	6,6	6,7	76
18 - D0	0,1	3,4	2,0	0,20	4,1	4,9	5,5	5,2	58
18 - D1	0,1	3,6	2,2	0,19	3,6	5,1	5,7	5,5	63
18 - D2	0,1	3,8	2,4	0,19	3,2	5,4	5,9	5,7	67
18 - D3	0,1	4,0	2,6	0,19	2,6	5,5	6,0	5,8	72
18 - D4	0,1	4,2	2,7	0,19	2,3	5,8	6,2	6,1	76
18 - D5	0,1	4,3	2,7	0,19	1,8	6,1	6,4	6,3	80
18 - D6	0,1	4,8	3,0	0,19	1,3	6,3	6,7	6,6	86
19 - D0	0,2	1,8	0,7	0,39	4,2	4,5	4,8	4,8	41
19 - D1	0,1	2,1	0,9	0,39	3,6	4,7	5,1	5,1	48
19 - D2	0,1	2,5	1,1	0,39	3,0	5,1	5,5	5,4	57
19 - D3	0,1	2,8	1,3	0,39	2,6	5,3	5,6	5,6	63
19 - D4	0,1	3,0	1,4	0,40	2,3	5,6	6,0	6,0	68
19 - D5	0,1	3,2	1,5	0,39	1,9	5,8	6,2	6,2	73
19 - D6	0,1	3,6	1,7	0,39	1,4	6,2	6,6	6,6	80
20 - D0	0,1	3,8	1,2	0,14	5,0	4,8	5,5	5,2	50
20 - D1	0,1	4,1	1,4	0,14	4,1	5,1	5,7	5,5	58
20 - D2	0,1	4,3	1,6	0,14	3,7	5,3	5,9	5,8	62
20 - D3	0,1	4,6	1,8	0,14	3,0	5,6	6,2	6,0	68
20 - D4	0,1	4,8	1,9	0,14	2,6	5,8	6,4	6,2	73
20 - D5	0,1	5,1	2,1	0,14	2,2	6,0	6,5	6,4	77
20 - D6	0,1	5,4	2,4	0,14	1,6	6,4	6,9	6,7	84

QUADRO 4A - Continuação...

Amostra Nº	Al	Ca	Mg	K	H + Al	pH KCl	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	VZ
----- meq/100 cm ³ -----									
21 - D0	0,1	7,0	1,9	0,41	1,6	5,3	6,4	5,9	85
21 - D1	0,1	7,1	1,9	0,29	1,5	5,4	6,5	6,1	86
21 - D2	0,1	7,0	1,9	0,29	1,5	5,5	6,6	6,2	86
21 - D3	0,1	7,4	2,1	0,41	1,4	5,7	6,7	6,4	88
21 - D4	0,1	7,0	2,0	0,41	1,1	5,7	6,8	6,5	90
21 - D5	0,1	6,9	2,0	0,39	1,0	5,9	6,9	6,6	91
21 - D6	0,1	7,5	2,3	0,39	0,8	6,1	7,1	6,7	93
22 - D0	1,6	1,3	0,4	0,23	15,3	4,1	4,4	4,3	11
22 - D1	0,7	3,0	1,3	0,24	13,5	4,3	4,7	4,7	25
22 - D2	0,2	4,3	2,4	0,23	11,1	4,9	5,2	5,2	38
22 - D3	0,1	5,3	3,1	0,23	9,0	5,1	5,6	5,6	49
22 - D4	0,1	5,9	3,4	0,23	7,6	5,4	5,9	5,9	56
22 - D5	0,1	6,8	4,1	0,23	6,2	5,8	6,1	6,1	64
22 - D6	0,1	7,8	4,9	0,22	4,3	6,3	6,5	6,6	75
23 - D0	0,4	1,1	0,4	0,14	4,0	4,1	5,0	4,5	29
23 - D1	0,2	1,4	0,6	0,13	3,6	4,4	5,2	4,9	37
23 - D2	0,1	1,8	0,8	0,13	2,9	4,7	5,5	5,2	48
23 - D3	0,1	2,1	1,0	0,12	2,5	4,9	5,8	5,5	56
23 - D4	0,1	2,4	1,1	0,13	2,1	5,2	6,1	5,9	63
23 - D5	0,1	2,6	1,3	0,13	2,0	5,5	6,3	6,1	67
23 - D6	0,1	3,3	1,4	0,13	1,3	6,2	6,8	6,7	79
24 - D0	0,5	1,2	0,4	0,07	6,2	4,2	4,7	4,4	21
24 - D1	0,3	1,7	0,7	0,06	5,3	4,4	4,9	4,7	32
24 - D2	0,1	2,2	1,0	0,06	4,8	4,6	5,1	5,0	40
24 - D3	0,1	2,6	1,2	0,06	4,2	4,9	5,4	5,3	47
24 - D4	0,1	3,0	1,4	0,06	3,5	5,2	5,6	5,7	56
24 - D5	0,1	3,3	1,6	0,06	3,0	5,5	5,9	5,9	62
24 - D6	0,1	4,2	1,9	0,07	2,1	6,0	6,4	6,5	75
25 - D0	0,2	1,8	0,6	0,10	4,8	4,5	4,8	4,6	34
25 - D1	0,2	2,2	0,8	0,10	4,2	4,8	5,0	5,0	43
25 - D2	0,1	2,7	1,0	0,10	3,7	5,1	5,4	5,3	51
25 - D3	0,1	2,9	1,2	0,10	3,1	5,4	5,7	5,6	58
25 - D4	0,1	3,2	1,3	0,10	2,6	5,7	6,1	5,9	64
25 - D5	0,1	3,6	1,5	0,10	2,1	5,9	6,3	6,2	71
25 - D6	0,1	4,2	1,8	0,10	1,4	6,4	6,6	6,6	81

QUADRO 4A - Continuação...

Amostra Nº	Al	Ca	Mg	K	H + Al	pH KCl	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	VZ
----- meq/100 cm ³ -----									
26 - D ₀	0,3	1,3	0,6	0,18	5,6	4,3	4,9	4,6	27
26 - D ₁	0,2	1,8	0,8	0,17	5,1	4,4	4,9	4,7	36
26 - D ₂	0,1	2,3	1,1	0,18	4,6	4,6	5,0	5,0	44
26 - D ₃	0,1	2,7	1,3	0,17	4,1	4,8	5,3	5,3	50
26 - D ₄	0,1	3,2	1,6	0,17	3,5	5,2	5,6	5,6	58
26 - D ₅	0,1	3,4	1,7	0,17	3,1	5,4	5,9	5,9	63
26 - D ₆	0,1	4,1	2,0	0,17	2,0	6,0	6,4	6,4	76
27 - D ₀	2,2	0,3	0,1	0,11	17,4	4,2	4,8	4,4	03
27 - D ₁	1,3	1,7	1,0	0,10	14,9	4,4	5,1	4,9	15
27 - D ₂	0,5	3,1	1,9	0,10	12,7	4,7	5,5	5,3	29
27 - D ₃	0,1	4,3	2,6	0,10	10,8	5,0	5,8	5,6	39
27 - D ₄	0,1	4,9	3,6	0,10	9,3	5,3	6,0	5,8	48
27 - D ₅	0,1	5,7	4,1	0,10	8,2	5,5	6,1	6,0	55
27 - D ₆	0,1	7,2	5,5	0,09	5,5	6,0	6,5	6,4	70
28 - D ₀	0,2	1,4	1,3	0,23	4,5	4,6	5,4	5,0	40
28 - D ₁	0,1	1,7	1,5	0,22	4,0	4,9	5,6	5,4	47
28 - D ₂	0,1	2,0	1,8	0,22	3,6	5,1	5,9	5,7	53
28 - D ₃	0,1	2,4	1,9	0,21	3,0	5,4	6,2	6,0	60
28 - D ₄	0,1	2,7	2,0	0,21	2,8	5,5	6,3	6,1	64
28 - D ₅	0,1	3,0	2,2	0,20	2,3	5,8	6,5	6,3	70
28 - D ₆	0,1	3,6	2,3	0,19	1,7	6,2	6,8	6,7	78
29 - D ₀	1,7	1,3	0,3	0,17	24,0	4,0	4,7	4,2	6
29 - D ₁	0,8	4,8	2,7	0,17	19,8	4,4	5,0	4,7	28
29 - D ₂	0,3	7,4	4,6	0,17	15,5	4,8	5,2	5,1	44
29 - D ₃	0,1	9,1	6,0	0,16	11,4	5,3	5,7	5,7	57
29 - D ₄	0,1	10,3	7,3	0,16	8,3	5,7	6,0	6,0	68
29 - D ₅	0,1	11,0	7,8	0,16	6,7	6,1	6,3	6,4	74
29 - D ₆	0,1	12,5	9,0	0,15	3,3	6,6	6,7	6,9	87
30 - D ₀	0,1	1,8	1,5	0,24	3,5	5,0	5,9	5,5	51
30 - D ₁	0,1	2,1	1,7	0,24	2,9	5,3	6,1	5,8	58
30 - D ₂	0,1	2,4	1,8	0,23	2,6	5,5	6,3	6,0	63
30 - D ₃	0,1	2,7	2,0	0,22	2,4	5,6	6,4	6,2	67
30 - D ₄	0,1	2,9	2,2	0,22	2,0	5,9	6,0	6,4	73
30 - D ₅	0,1	3,2	2,4	0,21	1,7	6,1	6,8	6,6	77
30 - D ₆	0,1	3,6	2,6	0,20	1,3	6,4	6,9	6,8	83

QUADRO 4A - Continuação...

Amostra Nº	Al	Ca	Mg	K	H + Al	pH KCl	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	V%
----- meq/100 cm ³ -----									
31 - D ₀	0,5	2,7	0,7	0,17	7,6	4,2	4,4	4,4	32
31 - D ₁	0,2	3,5	1,1	0,16	6,7	4,4	4,8	4,7	42
31 - D ₂	0,1	4,0	1,4	0,16	5,8	4,7	5,0	5,0	49
31 - D ₃	0,1	4,7	1,9	0,16	4,8	5,0	5,4	5,4	59
31 - D ₄	0,1	5,1	2,2	0,17	3,9	5,3	5,7	5,7	66
31 - D ₅	0,1	5,6	2,5	0,17	3,3	5,6	6,0	6,0	71
31 - D ₆	0,1	6,8	3,2	0,17	2,1	6,4	6,6	6,7	83
32 - D ₀	0,6	0,8	0,3	0,10	7,4	4,2	4,4	4,3	13
32 - D ₁	0,3	1,6	0,7	0,10	6,2	4,3	4,5	4,4	28
32 - D ₂	0,2	2,6	1,3	0,10	4,9	4,8	5,0	5,1	45
32 - D ₃	0,1	3,1	1,7	0,10	4,1	5,1	5,3	5,3	55
32 - D ₄	0,1	3,5	1,9	0,10	3,3	5,4	5,6	5,7	62
32 - D ₅	0,1	3,8	2,0	0,10	3,0	5,7	5,9	5,9	66
32 - D ₆	0,1	4,5	2,3	0,09	1,8	6,3	6,4	6,5	80
33 - D ₀	0,9	3,6	0,9	0,49	11,9	4,5	4,6	4,6	29
33 - D ₁	0,4	5,0	1,9	0,46	10,3	4,7	4,8	4,9	42
33 - D ₂	0,2	6,3	3,3	0,45	9,2	4,9	5,2	5,3	52
33 - D ₃	0,1	8,1	4,1	0,46	7,2	5,4	5,5	5,7	64
33 - D ₄	0,1	9,0	4,7	0,45	6,0	5,6	5,8	6,0	70
33 - D ₅	0,1	9,9	5,2	0,45	5,3	5,9	6,0	6,2	75
33 - D ₆	0,1	11,4	6,4	0,44	3,6	6,3	6,4	6,6	84

QUADRO 5A - Necessidades de calcário obtida com a incubação para elevar o pH a 5,0; 5,5; 6,0 e 6,5 e a saturação em bases a 40, 50, 60 e 70%, em meq/100 cm³ solo ou t/ha x 20 cm.

AMOSTRA Nº	NECESSIDADE DE CALAGEM PARA pH				NECESSIDADE DE CALAGEM PARA V%			
	5,0	5,5	6,0	6,5	40	50	60	70
1	8,4	14,7	24,0	40,8	16,0	22,6	31,5	42,0
2	4,3	8,7	15,5	30,2	7,3	11,0	16,1	22,6
3	2,5	4,5	6,8	9,1	1,4	2,8	4,5	6,7
4	2,3	5,0	7,8	11,4	2,7	4,7	7,0	9,6
5	1,9	3,3	5,0	7,5	1,2	2,4	3,7	5,1
6	0,0	0,0	0,1	2,3	1,1	2,2	3,5	5,0
7	0,0	0,0	0,5	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0
8	1,6	4,6	9,5	16,7	4,7	7,4	11,1	15,3
9	2,0	4,0	6,8	11,0	1,5	3,4	5,8	8,6
10	0,5	2,0	3,6	5,7	0,5	1,4	2,7	4,3
11	0,0	0,0	5,0	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0
12	1,9	4,2	7,0	11,3	2,2	3,7	5,8	8,4
13	2,3	4,0	5,9	8,6	2,6	4,0	5,5	7,5
14	0,0	2,7	5,8	10,1	0,0	0,8	3,4	6,8
15	0,0	0,8	2,1	4,0	0,0	0,0	0,9	2,4
16	0,0	0,0	1,5	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0
17	1,8	8,0	14,4	26,1	8,1	11,2	15,1	20,2
18	0,0	0,1	2,1	4,5	0,0	0,0	0,3	1,9
19	0,5	1,9	3,7	6,0	0,0	0,8	2,1	3,8
20	0,0	0,0	2,2	4,9	0,0	0,0	1,4	3,4
21	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
22	5,2	10,0	15,6	25,7	7,2	11,0	15,8	21,6
23	0,1	1,7	3,3	5,1	1,0	1,9	3,0	4,5
24	1,9	4,4	6,6	10,3	2,3	3,8	5,8	7,9
25	0,6	1,9	3,5	5,8	0,6	1,7	2,9	4,5
26	2,0	4,2	6,2	9,4	1,7	3,3	5,2	7,4
27	2,1	7,3	16,1	33,8	12,4	17,4	23,7	30,0
28	0,0	0,4	2,1	4,5	0,1	1,3	2,7	4,4
29	9,8	22,7	35,5	52,5	18,0	24,4	31,3	40,2
30	0,0	0,0	0,4	2,5	0,0	0,0	1,2	2,8
31	3,3	6,0	8,8	2,4	1,6	3,6	5,7	8,2
32	4,4	7,6	10,9	16,7	3,3	5,1	7,6	11,0
33	5,8	12,1	19,1	35,2	2,8	6,2	10,8	17,2