

ADILSON DOS ANJOS

ESTUDO DO CALCARIO DA FORMAÇÃO IRATI -
SAO MATEUS DO SUL, PR - COMO CORRETIVO
DA ACIDEZ DO SOLO.

Orientadora Prof. Dra Beatriz Monte Serrat Prevedello

Dissertação apresentada ao Curso
de Pós-Graduação em Agronomia,
Área de Concentração Ciência do
Solo do Setor de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Paraná
como requisito parcial à obtenção
do grau de Mestre.

CURITIBA
1991

ADILSON DOS ANJOS

ESTUDO DO CALCÁRIO DA FORMAÇÃO IRATI -
SÃO MATEUS DO SUL, PR - COMO CORRETIVO
DA ACIDEZ DO SOLO.

Dissertação apresentada ao Curso
de Pós-Graduação em Agronomia,
Área de Concentração Ciência do
Solo do Setor de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Paraná
como requisito parcial à obtenção
do grau de Mestre.


CURITIBA
1991

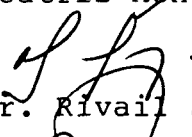



P A R E C E R

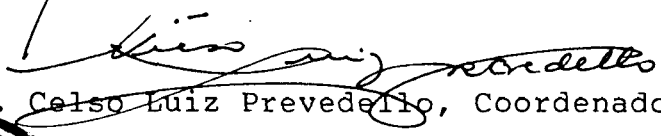
Os Membros da Comissão Examinadora, designada pelo Colegia do do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **ADILSON DOS ANJOS**, com o título: "ESTUDO DO CALCÁRIO DA FORMAÇÃO IRATI-SÃO MATEUS DO SUL, PR-COMO CORRETIVO DA ACIDEZ DO SOLO", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela **APROVAÇÃO** da Dissertação, com o conceito "A", completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba, 05 de março de 1991.


Prof^ª Dr^ª Beatriz Monte Serrat Prevedello, Presidente.


Eng^º Agr^º Dr. Rivaíl Salvador Lourenço, 1^º Examinador.


Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, 2^º Examinador.


Prof. Dr. Celso Luiz Prevedello, Coordenador do Curso.



'A minha querida esposa
Marilda Andreazza dos Anjos
e, ao meu filho(a)

dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Ciência do Solo, da Universidade Federal do Paraná, pela acolhida e contribuição à formação científica.

A Professora Dra Beatriz Monte Serrat Prevedello, orientadora, pela confiança, amizade e direcionamento.

Aos Professores Antônio Carlos Vargas Mota e Henrique Soares Kohler pela amizade e co-orientação.

A todos os Professores do Curso de Pós-Graduação pelos ensinamentos ministrados, pelo convívio e pela amizade.

Aos colegas, funcionários do departamento de Solos e da biblioteca do Setor de Ciências Agrárias pela amizade e colaboração.

A Petrobrás - SIX, pelo financiamento do trabalho.

Aos meus pais, irmãos e amigos pelo apoio e incentivo.

A Marilda Andrezza dos Anjos, minha esposa, pelo seu amor, apoio e incentivo, principalmente nos momentos mais difíceis.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa.

Deus disse: "Que as águas que estão embaixo dos céus se ajuntem num mesmo lugar, e apareça o elemento árido." E assim se fez. Deus chamou ao elemento árido TERRA, e ao ajuntamento das águas, mar. E DEUS viu que tudo isto era bom.

Gênesis 1, 9-10

BIOGRAFIA

Adilson dos Anjos, filho de Amaury Caron dos Anjos e Neusa Licheski dos Anjos, nasceu em Curitiba - Pr em 16 de agosto de 1961.

Em agosto de 1983 colou grau, como Engenheiro Agrônomo, na Universidade Federal do Paraná.

Entre julho de 1984 e abril de 1987 atuou como Engenheiro Agrônomo responsável pelo Escritório Micro-Regional da Surehma, em Francisco Beltrão - Pr.

Em março de 1987 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo, pela Universidade Federal do Paraná.

Professor da Fundação Universidade Estadual de Maringá entre outubro de 1989 a abril de 1990.

Atualmente exerce o cargo de Pesquisador Pleno na Empresa Nutrimental S/A em São José dos Pinhais - Pr.

SUMARIO

	LISTA DE FIGURAS	ix
	LISTA DE QUADROS	xii
	RESUMO	xv
	ABSTRACT	xvi
1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1	MATERIAIS CORRETIVOS	5
2.2	ROCHAS CALCARIAS DA FORMAÇÃO IRATI	9
2.2.1	Reservas de Calcário no Paraná	9
2.2.2	Formação Irati	11
2.2.2.1	Formação Irati no Paraná	13
2.2.2.2	Rochas Calcárias da Formação Irati	17
2.2.3	Utilização do Calcário Irati	19
2.3	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS CORRETIVOS	20
2.4	METODO DE CALAGEM BASEADO NA ELEVAÇÃO DA SATURAÇÃO EM BASES	25
2.5	INCUBAÇÃO DE SOLO	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	SOLOS	32
3.1.1	Descrição dos solos	32
3.1.2	Preparo das Amostras	32
3.1.2.1	Análises Químicas	32
3.1.2.2	Análises Físicas	35
3.2	MATERIAIS TESTADOS	36

3.3	INCUBAÇÃO	37
3.4	ANALISE ESTATÍSTICA	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS MATERIAIS TESTADOS	41
4.2	EFEITO DOS MATERIAIS CORRETIVOS E DOS TEMPOS DE INCUBAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS	56
4.2.1	Solo 1	56
4.2.1.1	Alumínio Trocável	56
4.2.1.2	Cálcio + Magnésio	65
4.2.1.3	Magnésio	66
4.2.1.4	Fósforo	66
4.2.1.5	Potássio	67
4.2.2	Solo 2	69
4.2.2.1	Acidez Potencial	69
4.2.2.2	Cálcio + Magnésio	76
4.2.2.3	Cálcio	76
4.2.2.4	Magnésio	78
4.2.2.5	Fósforo	78
4.2.2.6	Saturação em Bases (Valor V)	80
4.2.3	Solo 3	81
4.2.3.1	Alumínio	81
4.2.3.2	Cálcio + Magnésio	89
4.2.3.3	Cálcio	90
4.2.3.4	Magnésio	90
4.2.3.5	Fósforo	91
4.2.3.6	Potássio	93

4.2.4	CONSIDERAÇÕES GERAIS	93
5	CONCLUSOES	95
6	SUGESTOES	96
7	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	97
	ANEXOS	105

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	OCORRENCIA DA FORMAÇÃO IRATI NO ESTADO DO PARANA	14
2	CARACTERIZAÇÃO DO PACOTE SEDIMENTAR QUE CONSTITUI A CAMADA INTERMEDIARIA DA FORMAÇÃO IRATI NA REGIÃO DE SÃO MATEUS DO SUL	16
3	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA VARIACÃO DO pH DO SOLO 1 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	57
4	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA ACIDEZ POTENCIAL DO SOLO 1 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	58
5	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NOS TEORES DE CALCIO TROCAVEL DO SOLO 1 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	59
6	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA DO SOLO 1 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	60
7	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA SOMA DE BASES DO SOLO 1 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	61
8	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA SATURACÃO	

	EM BASES DO SOLO 1 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	62
9	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA SATURAÇÃO EM ALUMÍNIO DO SOLO 1 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	63
10	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA VARIACÃO DO pH DO SOLO 2 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	70
11	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NO ALUMÍNIO TROCAVEL DO SOLO 2 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	71
12	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NOS TEORES DE POTASSIO TROCAVEL DO SOLO 2 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	72
13	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NOS VALORES DA CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA DO SOLO 2 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO.....	73
14	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA SATURAÇÃO EM BASES DO SOLO 2 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	74
15	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA SATURAÇÃO EM ALUMÍNIO DO SOLO 2 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBAÇÃO	75

16	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA VARIACAO DO PH DO SOLO 3 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBACAO	82
17	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA ACIDEZ TITULAVEL DO SOLO 3 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBACAO.....	83
18	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA DO SOLO 3 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBACAO.....	84
19	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA SOMA DE BASES DO SOLO 3 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBACAO	85
20	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA SATURACAO EM BASES DO SOLO 3 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBACAO	86
21	EFEITO DE TRES MATERIAIS CORRETIVOS NA SATURACAO EM ALUMINIO DO SOLO 1 AOS 15, 30, 60, 90 E 120 DIAS DE INCUBACAO	87

LISTA DE QUADROS

QUADRO		PAGINA
1	CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS CALCARIAS DE ACORDO COM OS VALORES DE MgO EQUIVALENTE E RELAÇÃO MAGNESIANA, SEGUNDO BIGARELLA (1956) MODIFICADO DE PETTIJOHN (1949)	7
2	COLUNA LITOESTRATIGRAFICA DO GRUPO PASSA DOIS NOS ESTADOS DO PARANÁ SANTA CATARINA E SÃO PAULO, SEGUNDO SAD E SARAIVA (1981) E FRANÇA E POTTER (1988).....	11
3	COLUNA ESTRATIGRAFICA PARA A FORMAÇÃO IRATI EM SÃO MATEUS DO SUL, DE ACORDO COM SAD E SARAIVA (1981)	15
4	CARACTERISTICAS QUIMICAS DOS SOLOS UTILIZADOS ..	33
5	CARACTERISTICAS FISICAS DOS SOLOS ESTUDADOS	33
6	QUANTIDADES DE CORRETIVOS UTILIZADOS PARA 500 G DE SOLO E A CORRESPONDENTE EM 1 HECTARE PARA ELEVAR A SATURAÇÃO EM BASES A 70 %	38
7	VALORES DO PODER DE NEUTRALIZAÇÃO (PN), DA EFICIENCIA RELATIVA (E.R.) E DO PODER RELATIVO DE NEUTRALIZAÇÃO TOTAL (PRNT) DOS 3 MATERIAIS CORRETIVOS	41
8	VARIAÇÃO E VALORES MEDIOS DE 11 PARAMETROS QUI-	

	MICOS ENCONTRADOS NOS 3 CORRETIVOS ESTUDADOS.	
	RESULTADOS EXPRESSOS EM PORCENTAGEM DE MASSA ..	43
9	VARIAÇÃO E VALORES MEDIOS DE 12 ELEMENTOS QUI- MICOS (ELEMENTOS TRAÇOS) ENCONTRADOS NOS 3 MATE- RIAS CORRETIVOS ESTUDADOS. VALORES EM ppm.....	46
10	QUANTIDADES DE MACRO E MICRO ELEMENTOS ADICIONA- DOS AOS SOLOS ESTUDADOS, EM FUNÇÃO DA NECESSIDADE DE CALAGEM (TON/HA). VALORES EM KG/HA.....	54
11	QUANTIDADES DE Cu, Zn, Co, Mo E B ADICIONADOS AOS SOLOS ESTUDADOS EM FUNÇÃO DA NECESSIDADE DE CALA- GEM (TON/HA). VALORES EM G/HA	55
12	QUANTIDADES DE V, Sr, Ni, Cr, Cd e Pb ADICIONADOS AOS SOLOS ESTUDADOS EM FUNÇÃO DA NECESSIDADE DE CALAGEM (TON/HA). VALORES EM ppm	55
13.	EFEITO DOS MATERIAIS CORRETIVOS E DOS PERIODOS DE INCUBAÇÃO NAS VARIÁVEIS Al; Ca + Mg e Mg DO SOLO 1	64
14.	EFEITO DOS MATERIAIS CORRETIVOS E DOS PERIODOS DE INCUBAÇÃO NAS VARIÁVEIS P DISPONÍVEL E K TROCAVEL DO SOLO 1	68
15.	EFEITO DOS MATERIAIS CORRETIVOS E DOS PERIODOS DE INCUBAÇÃO NAS VARIÁVEIS: ACIDEZ TITULÁVEL: Ca + Mg E Ca TROCAVEIS DO SOLO 2	77
16.	EFEITO DOS MATERIAIS CORRETIVOS E DOS PERIODOS DE	

	INCUBAÇÃO NAS VARIÁVEIS Mg TROCAVEL; P DISPONÍVEL E SATURAÇÃO EM BASES DO SOLO 2	79
17.	EFEITO DOS MATERIAIS CORRETIVOS E DOS PERÍODOS DE INCUBAÇÃO NAS VARIÁVEIS Al; Ca + Mg TROCAVEIS DO SOLO 3	88
18.	EFEITO DOS MATERIAIS CORRETIVOS E DOS PERÍODOS DE INCUBAÇÃO NAS VARIÁVEIS Mg e K TROCAVEIS E P DISPONÍVEL DO SOLO 3	92

RESUMO

O calcário da formação Irati, na região de São Mateus do Sul - PR, encontra-se entre as duas camadas do folhelho pirobotuminoso (Xisto). O material vem sendo considerado, em parte, como rejeito da atividade de mineração pela Petrobrás - SIX. O presente trabalho teve por objetivo estudar este material como corretivo da acidez do solo, bem como, caracterizar e quantificar alguns elementos químicos constituintes, comparando-o a um calcário comercial e ao carbonato de cálcio. Foram determinados os valores do Poder de Neutralização, da Eficiência Relativa, do PRNT, da perda ao rubro e os teores totais de vinte e dois elementos químicos nos três corretivos. Três diferentes solos: Latossolo Vermelho Escuro Alíco A moderado textura muito argilosa, Cambissolo Alíco Tb A proeminente textura muito argilosa e Cambissolo Alíco Tb A proeminente textura arenosa, foram incubados em embalagens plásticas, dispostas em uma casa de vegetação no campus do SCA da Universidade Federal do Paraná, entre os meses de dezembro/88 e maio/89. Os tratamentos constituíram-se de três materiais, cinco tempos de incubação e dois níveis de correção (ausência e presença de material), com quatro repetições. Os dados foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos analisados fatorialmente. Os resultados obtidos permitem concluir que: corrigindo-se o PRNT, os dois calcários comportaram-se de maneira semelhante na correção da acidez e no fornecimento de Ca e Mg aos solos estudados. O calcário Irati não atende as especificações da atual legislação brasileira sobre corretivos, quanto a soma de $\text{CaO} + \text{MgO}$ e no Poder de Neutralização. Isto se deve a grande quantidade de impurezas do material que apresentou teores mais elevados em SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , K_2O , Na_2O , P_2O_5 , S, Cu, Zn, Co, Mo, Cr e V em relação aos outros materiais. Os valores em Mo e Cd nos três materiais corretivos e Pb no calcário Irati e no CaCO_3 estão bem acima dos valores citados como normais pela literatura.

ABSTRACT

The limestone of Irati formation, in the São Mateus do Sul region, is found between two layers of piro-bituminous shales. This material is, in part, rejected by the mining activity of the Petrobrás - SIX. The present work aimed to study this material as a soil acidity corrector, as well as quantify and characterize some of its chemical components. It was compared to the commercial limestone and calcium carbonate. The values of Neutralization Power, Relative Efficacy, PRNT, ruddy lost and total purports of the 22 chemical elements were determined in the three soil correctors. Three different soils: Dark Red Latossolo texture very argillaceous, Cambissolo texture very argillaceous and Cambissolo texture sandy. Were incubated into plastic bags that were disposed in a green house at the SCA campus of the UFPR, from december/88 to may/89. The treatment procedures were: three materials, five incubations periods, two correction levels (with and without material), with four repetitions. The data were analysed following a factorial statistical design entirely randomized. Results suggest that: After the correction of the PRNT, the two limestone types presented similar results in the acidity correction and the supplies of Ca and Mg for the studied soils. The Irati limestone do not follow the Brazilian legislations for correctors considering the amount of CaO + MgO and Neutralization Power. The low Neutralization Power is due to the high quantity of material impurity which presented high levels of SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, K₂O, Na₂O, P₂O₅, S, Cu, Zn, Co, Mo, Cr and V compared to other materials. The values of Mo, and Cd in the three correctors materials and Pb in the Irati limestone, and CaCO₃ are above the normal values described in the literature.

1 INTRODUÇÃO

A adição de materiais corretivos no solo pelo Homem é uma prática realizada há muitos anos. TISDALE e NELSON (1975) relatam que esta prática era conhecida bem antes da era cristã, quando os romanos aprenderam dos gregos e gauleses o valor do emprego das margas no aumento da produtividade das culturas. Apesar de não conhecerem as causas determinantes da acidez, muitos agricultores sabiam que o emprego de tais materiais proporcionava, muitas vezes, aumento nas colheitas.

Aos poucos, com o desenvolvimento da ciência, as causas da acidez dos solos foram sendo entendidas. O conhecimento científico a seu respeito tem evoluído muito nos últimos anos, determinando a sua melhor compreensão e uma reformulação completa de muitos conceitos. Atualmente a calagem é uma prática difundida e relativamente rotineira nas regiões de solos ácidos, pois o aumento da produção agrícola se faz cada vez mais necessário para o atendimento a uma população crescente. No Brasil a estratégia tem sido no sentido de estimular o aumento da produção mediante a incorporação de novas fronteiras agrícolas e através do aumento de produtividade (REGITANO, 1987). A prática da calagem tem contribuído nestes dois aspectos. A melhoria das características químicas dos solos tem proporcionado significativos aumentos de produtividade de várias espécies que se desenvolvem em solos ácidos. Por outro lado, tem contribuído para a expansão da fronteira agrícola, principalmente em áreas de vegetação de cerrado (QUAGGIO, 1983).

No Estado do Paraná a presença da acidez, em grande

parte dos solos, constitui séria limitação à produtividade agrícola de inúmeras regiões (MUZILLI e OLIVEIRA, 1982). Dados revelam que cerca de 60% dos solos paranaenses necessitam de corretivos para acidez. Isto equivaleria a um consumo de cerca de 27,5 milhões de toneladas de calcário, no primeiro ano, a fim de manter ou corrigir a fertilidade dos mesmos. Se fossem considerados apenas aqueles solos mais exigentes, esta quantidade ficaria em cerca de 6,8 milhões de toneladas (PARANA, 1987).

Não obstante ter o Paraná a segunda maior reserva de calcário do País com uma capacidade de moagem instalada da ordem de 10 milhões de toneladas/ano, o consumo no Estado na safra 86/87 foi de apenas 840.000 toneladas, média que vem se mantendo desde 1980. A maior parte desse volume, que representa cerca de 12% das necessidades mais urgentes do Estado, vem sendo preferencialmente utilizada em terras cuja exploração agrícola está voltada para culturas de exportação. Em regiões de solos notadamente pobres, onde impera a produção de culturas destinadas ao mercado interno, a utilização do calcário é bastante reduzida ou nula. Isto pode ser evidenciado pela quantidade consumida deste insumo nos municípios componentes do Núcleo Regional da SEAB de União da Vitória, região Sul do Paraná: apenas 0,21% do total, a menor do Estado (PARANA, 1987).

A região apresenta como características mais marcantes uma distribuição fundiária que preserva a pequena e a média propriedade e uma economia fortemente calcada na agricultura, na industrialização da madeira e na exploração da erva-mate. A região no entanto, não consegue sobressair-se dentro do contexto estadual, vivendo praticamente a margem do processo de

desenvolvimento vivido pelo Estado (PARANA,1989). A atividade agrícola, baseada principalmente nos cultivos de feijão e milho, seguido pelo arroz, soja, fumo e a criação de pequenos animais é muito pouco tecnificada. A reduzida utilização de insumos (calcário) associada a existência de solos altamente ácidos, com elevados teores em alumínio trocável, tem condicionado rendimentos médios das principais culturas muito abaixo das verificadas em regiões agrícolas mais dinâmicas do Estado e da própria média estadual.

Há uma unanimidade de que o fortalecimento da agricultura é um dos fatores essenciais ao desenvolvimento dos municípios da região. Para tanto, a correção dos solos é condição básica para a elevação dos rendimentos das principais culturas, garantindo um maior desenvolvimento econômico e melhoria da qualidade de vida das pessoas, principalmente do meio rural.

No município de São Mateus do Sul, a PETROBRAS - SIX, Superintendência de Industrialização do Xisto, explora o folhelho pirobetuminoso da formação Irati para obtenção de óleo combustível. No processo são retiradas grandes quantidades de um material, rico em carbonato de cálcio e magnésio, denominado MARGA. Trata-se na verdade de um calcário com altos teores de Mg, considerado em boa parte como rejeito da atividade de mineração. O estudo do seu aproveitamento como corretivo de solo é justificado devido as poucas informações existentes a respeito da utilização destes depósitos no Paraná e por estar sendo gerado numa região extremamente carente em calcário o que deverá possibilitar uma redução considerável no custo do transporte para

a sua distribuição.

O presente trabalho teve por objetivo o estudo do calcário da formação Irati, proveniente de São Mateus do Sul, como corretivo da acidez do solo, bem como caracterizar e quantificar alguns elementos químicos constituintes, comparando-o a um calcário usualmente empregado na região e ao carbonato de cálcio.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MATERIAIS CORRETIVOS

É de amplo conhecimento que os materiais a serem utilizados na correção da acidez dos solos são aqueles que contém como constituintes neutralizantes óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e magnésio. O calcário é o material corretivo mais comum, existente com relativa frequência e abundância o que justifica o seu maior uso tanto a nível mundial como no Brasil (ALCARDE, 1985).

No entanto, diversos outros materiais podem ser utilizados como corretivos de acidez. Dentre aqueles citados por BARBER (1967) e ALCARDE (1985), pode-se destacar o emprego de margas e de escórias de siderurgia além de outros sub-produtos industriais ricos em cálcio e que apresentam reação alcalina, o que os qualifica como possíveis substitutos do calcário na agricultura (RIBEIRO et al, 1986).

O emprego de Margas, cujo consumo nos EUA foi crescente até a metade da década de 40 (BARBER, 1967), atualmente é muito reduzido, sendo de importância somente para determinadas áreas (BARBER, 1984). O autor caracteriza marga de uso agrícola como sendo um material amorfo, maleável, rico em CaCO_3 , usualmente encontrado em áreas mal drenadas. Normalmente contém pequenas quantidades de MgCO_3 e o seu equivalente em CaCO_3 varia, dependendo da quantidade de impurezas que contém.

GUIMARAES (1952), define o material com sendo friável, incoerente e impuro, depositado em lagos por ações químicas, físicas e biológicas. BRADY (1979, p. 635) caracteriza as margas

como sendo carbonato de cálcio macio e não consolidado, via de regra, misturado com quantidades de argila e de outras impurezas. Sob o ponto de vista geológico, as margas são entendidas como rochas mais ou menos duras e compostas por uma mistura de silicatos aluminosos (argilas) e calcário, sendo por isso definida como um calcário argiloso ou uma argila com teor calcário. (GUERRA, 1989, p. 278).

O calcário, principal corretivo utilizado para a neutralização da acidez do solo, tem como constituintes essenciais a calcita ou aragonita (CaCO_3), a dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] ou a mistura destes dois minerais (BARBER, 1984).

BIGARELLA (1956) define como rocha calcária aquela que possui mais de 50% em carbonatos e as divide em 3 grupos:

- a) Puras - até 5% de não carbonatos,
- b) Semi-puras - de 5 a 10% de não carbonatos,
- c) Impuras - contém de 10 a 50% de não carbonatos.

A classificação proposta pelo autor para as rochas calcárias, modificada em relação àquela sugerida por Pettijohn (1949), é de natureza química e está baseada nos teores de MgO e na relação magnésiana, MgO/CaO . (Quadro 1)

Ainda segundo o autor, as diferentes classificações existentes na literatura concernentes a terminologia dos diversos tipos de rochas calcárias, baseadas apenas nas percentagens de MgO , prestam-se apenas para aquelas que apresentam um baixo teor de não carbonatos. Quando este teor é mais elevado, torna-se conveniente o emprego da relação magnésiana, a qual aponta o grau de dolomitização da rocha, independente da percentagem de não carbonatos. Desta maneira, o

autor apresenta diversas categorias de rochas calcárias baseando-se na pureza da rocha e na relação magnésiana.

QUADRO 1: Classificação das rochas calcárias de acordo com os valores de MgO equivalente e relação magnésiana, segundo BIGARELLA (1956), modificada de Pettijohn (1949).

DENOMINAÇÃO	MgO equiv. aprox.	MgO/CaO
Calcário Calcítico	0,0 - 1,1	0,00 - 0,02
Calcário Magnesiano	1,1 - 4,3	0,02 - 0,08
Calcário Dolomítico	4,3 - 10,5	0,08 - 0,25
Dolomítico Calcítico	10,5 - 19,1	0,25 - 0,56
Dolomito	19,1 - 22,0	0,56 - 0,72

A atual legislação brasileira sobre corretivos agrícolas, BRASIL (1986), classifica os calcários agrícolas apenas quanto a presença de MgO, em 3 categorias:

- a) Calcítico - menos de 5%
- b) Magnesiano - de 5 a 12 %
- c) Dolomítico - acima de 12% de MgO

Dentre as diversas características de qualidade dos corretivos, duas se mostram mais importantes, sendo as mais empregadas na avaliação da qualidade de um corretivo: o teor de neutralizantes e a granulometria (ALCARDE, 1985; ROJAS e ADAMS 1980; BELLINGIERI et al 1988).

A avaliação do teor de neutralizantes nos corretivos é feita através das determinações do poder de neutralização (PN) e dos teores de cálcio e magnésio. Apesar do PN ser expresso em % equivalente em CaCO₃, essa determinação indica apenas o conteúdo de neutralizantes no material e não a natureza deles. Nos

corretivos da acidez do solo, os neutralizantes devem estar associados ao cálcio e ou ao magnésio, razão pela qual esses dois elementos também precisam ser determinados, sendo expressos na forma de óxidos: CaO e MgO (ALCARDE, 1985).

Em relação ao tamanho das partículas, ALCARDE (1985) considerando a baixa solubilidade dos corretivos, afirma que a ação dos mesmos dependerá fundamentalmente do contato com o solo. Desta maneira, quanto menor o tamanho das partículas do corretivo, maior será sua superfície total e exposição e mais rápida será sua reação com o solo. Ainda segundo o autor, apesar de ser relativamente vasta a literatura estrangeira a respeito do assunto, o que se conhece de mais concreto do ponto de vista prático, são as taxas de eficiência das diferentes frações granulométricas. A legislação brasileira em vigor, BRASIL (1986), atribui um valor para a reatividade das diferentes frações do calcário que passam e que são retidas pelas peneiras ABNT números 10, 20 e 50. As partículas cujos diâmetros são inferiores a 0,3 mm, ou seja, passam pela peneira ABNT n. 50, tem eficiência relativa (E.R) de 100%.

Essas duas variáveis, facilmente determináveis, quando separadas, não permitem avaliar quantitativamente e de maneira adequada a qualidade dos calcários agrícolas. Tal dificuldade conduziu à concepção de um índice que representasse a eficiência de um calcário, contemplando estas duas características conjuntamente: o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), obtido pela expressão (BELLINGIERI et al, 1988):

$$\text{PRNT} = \frac{\% \text{ Eq. CaCO}_3 \times \% \text{ E.R gr}}{100}$$

Sendo: % Eq.CaCO₃ = teor percentual de carbonato de cálcio equivalente, obtido pela determinação do Poder de Neutralização (PN).

% E.R. gr = eficiência agrícola relativa percentual, em função da granulometria.

Os corretivos de acidez, para serem comercializados, deverão apresentar valores mínimos de PN (% em CaCO₃) e soma da % CaO + MgO os quais variam em função do tipo de material. Para calcários estes valores são de 67% e 38% respectivamente. Quanto ao PRNT fica estabelecido o valor mínimo de 45%.

2.2 ROCHAS CALCARIAS DA FORMAÇÃO IRATI

2.2.1 Reservas de Calcário do Paraná

Dentre os recursos minerais brasileiros, o calcário situa-se no grupo daqueles para os quais não existe nenhum motivo para supor qualquer tipo de carência, mesmo a longo prazo. Além das reservas já conhecidas tem havido considerável e constante aumento das mesmas na medida em que o território Nacional é melhor conhecido (ABRAHÃO, 1983). Neste trabalho, uma coletânea de informações sobre depósitos de rochas calcárias em todo o país, são descritas as reservas do Paraná de acordo com grupos e formações geológicas.

As reservas do Estado são muito grandes e bastante conhecidas devido ao grande número de trabalhos desenvolvidos. BIGARELLA (1956) menciona ser o Paraná um estado relativamente rico em rochas calcárias cujas jazidas, importantes sob o ponto de vista econômico, possuem elevado valor comercial. Atualmente, de acordo com o Anuário Estatístico do Brasil (1985), citado em

PARANÁ (1987), as reservas medidas de rochas calcárias somam cerca de 3 bilhões de toneladas situando-se apenas atrás de Minas Gerais com reservas em torno dos 6 bilhões de toneladas.

Os depósitos, contudo, não se encontram uniformemente distribuídos pelo Estado. A maior parte das reservas, constituindo-se nas ocorrências mais importantes do ponto de vista econômico, encontram-se nos terrenos pré-cambrianos fortemente dobrados e metamorfoseados agrupados no Grupo Acungui. É desta formação, que ocupa grande parte do primeiro planalto paranaense, cujas rochas atingem muitas vezes espessuras superiores a 1.000 metros, que provém toda a produção de cal e cimento do Estado (BIGARELLA, 1956; FALCAO, 1967; MURATORI, 1971; ABRAHÃO, 1983). Foram delimitadas três áreas distintas de distribuição destas rochas: Noroeste, Central e Sudoeste. Na faixa central predominam os calcários calcíticos e dolomíticos, ao passo que nas duas outras, predominam os dolomitos.

Entre as demais reservas que ocorrem no Estado, comentadas por vários autores, destacam-se os depósitos Permianos da Formação Irati. Reunidos sob a denominação de Grupo Passa Dois, os sedimentos permianos estão distribuídos na Bacia do Paraná ocupando uma área de cerca de 1.600.000 Km² na região sudeste da América do Sul, compreendendo partes do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai (FRANÇA e POTTER, 1988). Na porção Brasileira distribuem-se numa área aproximada de 1.000.000 Km² aflorando em faixas estreitas e descontínuas nas bordas desta bacia (ABRAHÃO, 1983).

Estratigraficamente, os sedimentos do Grupo Passa Dois estão situados sobre a formação Palermo do Grupo Guatá e sob o

Grupo São Bento. A coluna estratigráfica proposta para o grupo é apresentada por SAD e SARAIVA (1981) e FRANÇA e POTTER (1988) no Quadro 2.

QUADRO 2: Coluna litoestratigráfica do grupo Passa Dois nos Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo, segundo SAD e SARAIVA (1981) e FRANÇA e POTTER (1988).

P E R I O D O	E P I C A R O	S U P E R O	G R U P O	FORMAÇÕES E MEMBRO	
				PARANA	SÃO
				E	PAULO
				SANTA CATARINA	
			S.BENTO	fm PIRAMBOIA	fm PIRAMBOIA
P E R M I A N O	S U P E R O		PASSA	fm RIO DO IMb Morro Pelado RASTRO IMb Serrinha	
			DOIS	fm SERRINHA	fm CORUMBATAI
				fm SERRA ALTA	
				fm IRATI IMb Assistência IMb Taquaral	fm IRATI IMb Assist IMb Taquar
			GUATA	fm PALERMO	fm PALERMO

Apesar de algumas divergências entre citações bibliográficas quanto a nomenclatura estratigráfica para este grupo, há uma concordância todavia, em considerar a formação Irati como base do Grupo Passa Dois e também a de maior importância em relação aos recursos minerais (ABRAHÃO, 1983).

2.2.2 Formação Irati

De acordo com SCHOBENHAUS et al (1984 p. 345), o nome Irati foi utilizado pela primeira vez por I.C. White (1906,

1908) para expressar a espessa sequência de folhelhos pretos, largamente distribuídos na bacia do Paraná, cuja seção tipo aflora em um corte da estrada de ferro a cerca de 3 Km ao sul da estação ferroviária de Irati, Estado do Paraná, onde ocorre grande quantidade de restos do réptil fóssil *Mesosaurus brasiliensis*.

Uma revisão a respeito dos principais trabalhos realizados sobre a formação é apresentado por PAOLIELLO (1972) e AMARAL (1971).

A formação Irati encontra-se distribuída, como já mencionado, por toda a bacia do Paraná, em faixa contínua que vai desde o Rio Grande do Sul até Goiás e Mato Grosso, com espessura variável de 40 a 70 metros em subsuperfície (CRUZ, 1986). A característica mais notável, segundo AMARAL (1971), é a sua uniformidade litológica numa área tão grande. É constituída essencialmente de folhelhos pretos, por vezes pirobetuminosos e de dolomitos cinzentos, ora mais ora menos calcíticos. É comum a ocorrência de pirita e de fósseis de *Mesosaurus*. A maior variação observada na litologia do Irati reside nas proporções entre calcário e folhelho. Estas variações são também mencionadas por PADULA (1966), MENDES (1969), CRUZ (1986), PADULA e PORTO ALEGRE (1986), POPP (1987 p. 247 - 248).

Segundo PADULA e PORTO ALEGRE (1986), a formação Irati apresenta mudanças significativas em suas características ao longo da ocorrência, principalmente com relação aos teores de óleo, espessuras e proporções litológicas. De acordo com CRUZ (1986) verifica-se que de norte para sul ocorrem variações quanto ao comportamento da camada dolomítica. Esta vai

desaparecendo e dando lugar aos folhelhos pirobetuminosos. Destacando-se os extremos, em São Paulo na região de Rio Claro e Piracicaba ocorre o maior desenvolvimento da camada dolomítica e no Paraná, em São Mateus do Sul, a maior ocorrência de folhelhos pirobetuminosos de onde a PETROBRAS - SIX extrai óleo combustível (CRUZ, 1986).

2.2.2.1 Formação Irati no Paraná.

No Paraná o Irati ocorre em forma de Arco (Figura 1) com concavidade para SE em concordância com o arco de Ponta Grossa, em faixa de aproximadamente 50 Km de largura, estendendo-se desde o Estado de São Paulo até Santa Catarina (CRUZ, 1986).

De acordo com BIGARELLA (1956) ela se caracteriza como sendo uma formação oleífera de especial importância econômica. Além de folhelhos betuminosos, nela são encontrados folhelhos carbonosos e pequenas lentes ou camadas de calcário ou de sílex que ocorrem associados aos folhelhos betuminosos. Paleontologicamente, prossegue o autor, esta formação se caracteriza pela presença dos répteis *Mesosaurus brasiliensis* McGregor e *Stereosternum tumidum* Cope além de alguns crustáceos e madeiras silicificadas.

Recentemente PADULA e PORTO ALEGRE (1986) descreveram a formação em São Mateus do Sul - PR, como sendo constituída por folhelhos pirobetuminosos, margas dolomíticas e siltitos micáceos dispostos em dois ciclos deposicionais com fases clásticas e químicas, onde é possível diferenciar três fases deposicionais em cada ciclo. Os autores apresentam uma coluna estratigráfica da formação Irati na região.



ESCALA APROXIMADA 1:2.000.000


 FAIXA DE OCORRÊNCIA DA FORMAÇÃO IRATI

FIGURA 1: Ocorrência da formação Irati no Estado do Paraná. Fonte CRUZ (1986).

SAD e SARAIVA (1981) também apresentam uma coluna estratigráfica para esta formação geológica, com uma diferença básica em relação àquela apresentada por PADULA e PORTO ALEGRE (1986) no que se refere ao membro Taquaral abranger todo o 1 ciclo deposicional. (Quadro 3).

QUADRO 3: Coluna estratigráfica para a formação Irati em São Mateus do Sul, de acordo com SAD e SARAIVA (1981)

MEMBRO	CICLO	FASE	CAMADA		LITOLOGIA	OBS.
ASSISTENCIA	2	3	D	D2	Folhelho oleígeno	1 camada xisto
		2		D1	Marga Siltito micáceo	Camada Intermediária
		1	C			
TAQUARAL	1	3	B	B2	Folhelho oleígeno	2 camada xisto
		2		B1	Marga Siltito micáceo	Camada Basal
		1	A			

OBS. Nomenclatura utilizada sob o ponto de vista de mineração adotado pela SIX em São Mateus do Sul (SAD e SARAIVA, 1981; SAD et al, 1984; JÚNIOR e PORTO ALEGRE, 1984).

Na área de mineração da Petrobrás - SIX, a espessura média da 1ª. camada de xisto (D2) situa-se em torno de 6,40 metros enquanto que a inferior (B2) é de cerca de 3,20 metros. A camada intermediária apresenta uma espessura de aproximadamente 10 metros (JÚNIOR e PORTO ALEGRE, 1984). Os autores referindo-se ao pacote sedimentar que constitui a camada intermediária nesta região, consideram três unidades distintas, descritas do topo para a base (Figura 2).

1- interestratificações grosseiras de lentes de margas e folhelhos pirobetuminosos em proporções equivalentes;

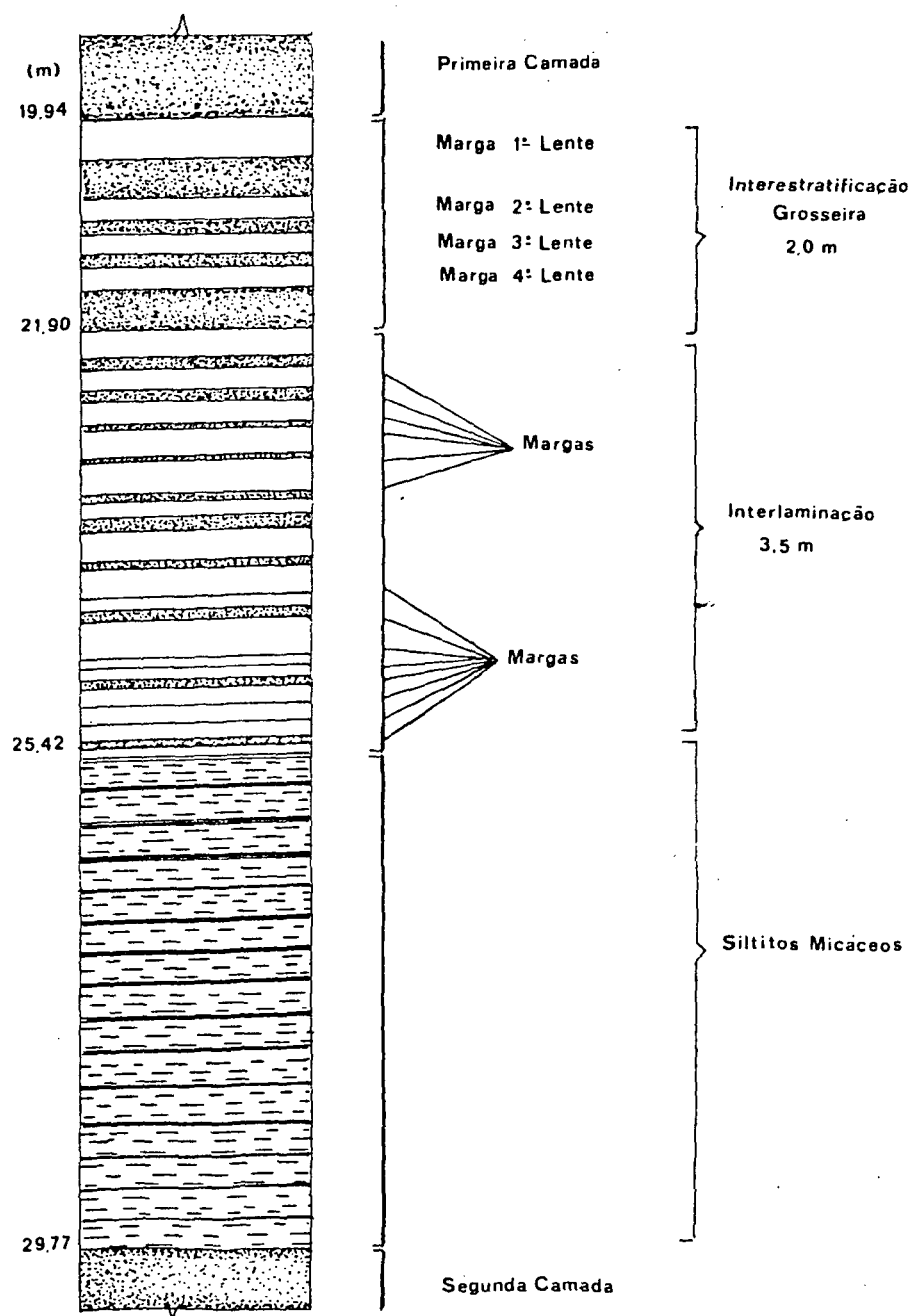


FIGURA 2: Caracterização do pacote sedimentar que constitui a camada intermediária da formação Irati na região de São Mateus do Sul (JÚNIOR e PORTO ALEGRE, 1984).

2- interlaminções de margas e folhelhos pirobetuminosos com predomínio de margas;

3- Siltito micáceo.

Ainda de acordo com os autores estas rochas, em conjunto com o capeamento, constituem o rejeito da atividade de lavra.

2.2.2.2 Rochas Calcárias da Formação Irati

AMARAL (1971) descreve com riqueza de detalhes as rochas calcárias da formação no Estado de São Paulo, mencionando a grande variação quanto aos teores de magnésio das mesmas. Não obstante a grande predominância ser dos tipos mais magnesianos, ocorrem desde dolomitos quase puros até calcários quase puros, estes mais raros, com todos os tipos intermediários. São em geral impuros, com teores variáveis entre 2% até 30% de resíduo insolúvel, constituído principalmente de calcedônia finamente sub-dividida e uma porcentagem variável de grãos clásticos sitosos de quartzo (dominante), feldspatos, muscovita, zirção, turmalina, granada e ocasionalmente apatita e rutilo. A coloração varia de um creme claro até o cinza escuro. O autor complementa dizendo que pelo menos naquele Estado, não são observadas margas em função da quase ausência de argilas nos calcários o mesmo ocorrendo com os calcários em relação aos folhelhos.

Para o Estado de São Paulo também, MENDES (1969) descreve as rochas calcárias do banco como sendo dolomitos magnesianos em função dos teores de MgO oscilarem entre 18,6 a 20,4%. De coloração cinza claro a creme, quando partidos despreendem um odor fétido em virtude da presença do betume. O

banco apresenta-se laminado, alternando-se lâminas claras com lâminas escuras. A cor mais escura deve-se, as vezes, à concentração de betume, outras vezes, à intercalação de argilito-escuro.

ABRAHÃO (1983) também descreve as rochas calcárias do Irati no mesmo Estado, como sendo extremamente dolomíticas a dolomitos puros havendo um crescimento no teor de MgO do norte para o sul. A coloração varia do creme ao cinza claro.

No Estado do Paraná, BIGARELLA (1956) considera as rochas calcárias como sendo dolomitos fétidos incluídos em folhelhos pirobetuminosos que se encontram em parte ou totalmente silicificados. Na região de Sapopema, CRUZ (1986) descreve a rocha como sendo um calcário argiloso, dolomítico de coloração cinza claro a bege, com laminações plano paralelas e com uma espessura variável entre 1 e 5 metros. Esse pacote se caracteriza pela alternância de calcário bege, que predomina, com lâminas milimétricas de siltito cinza escuro.

Na região Sul do Estado a descrição e a composição química e mineralógica das margas, das camadas intermediária e basal, são apresentadas nos trabalhos realizados por SAD e SARAIVA (1981); SAD e SARAIVA (1983); SAD et al (1984). JUNIOR e PORTO ALEGRE (1984) as descrevem como sendo acastanhadas, de dureza elevada, oleígenas de fraco teor. Quando fraturadas estas são preenchidas por calcita e/ou betume. Microscopicamente, as margas tem a dolomita como principal componente, totalizando mais de 50% em volume de rocha. Também ocorrem lâminas e lentículas de material síltico que incluem quartzo (dominante), plagioclásio, feldspato alcalino, clorita, sericita, muscovita e

matéria orgânica. A pirita, universal na rocha, concentra-se preferencialmente nos corpos sílticos.

2.2.3 Utilização do Calcário Irati.

A utilização das rochas calcárias da formação Irati como corretivo da acidez dos solos é bastante conhecida nos Estados de Goiás, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CRUZ, 1986). De acordo com o autor, no entanto, afora os estudos realizados pela Petrobrás, poucas são as pesquisas de interesse técnico/econômico existentes sobre esta formação geológica. No Estado de São Paulo destacam-se os estudos de AMARAL (1971), PAOLIELLO (1972) e AMARAL (1975).

GUIMARÃES (1952) e FALCÃO (1967) mencionam a importância econômica restrita destes calcários em São Paulo pela dificuldade de lavra. Destacam as pedreiras dos municípios de Rio Claro, Piracicaba, Tietê e Limeira, cujas rochas são utilizadas na indústria de cal.

Atualmente o emprego destas reservas naquele Estado é muito expressivo. Ocorrendo numa extensão de aproximadamente 300 Km, a principal área de produção ocorre na região canavieira de Piracicaba envolvendo vários municípios, utilizados como corretivos de solos e como pedra de ornamentação (ABRAHÃO, 1983).

SCHOBENHAUS et al (1984) apresentando uma listagem dos principais depósitos minerais do Brasil, citam a extração de dolomitos da formação em alguns municípios dos Estados de São Paulo e Goiás (Jataí).

No Paraná BIGARELLA (1956), FALCÃO (1969) consideram que as ocorrências de rochas nesta formação são pouco numerosas e

de importância restrita e local. MURATORI (1971) também considera esta situação, no entanto contempla a possibilidade de um melhor dimensionamento destas ocorrências através de levantamentos geológicos pormenorizados na faixa de ocorrência. O autor, da mesma forma que CRUZ (1986), considera a pesquisa dessas reservas devido a proximidade das ocorrências com as principais regiões consumidoras de corretivos do Estado.

Trabalho pioneiro na exploração do calcário desta formação no Paraná foi realizado por CRUZ (1986) na região de Sapopema. Foram determinadas as reservas total e medida, bem como as características de qualidade da rocha sendo comparáveis aos valores encontrados em Rio Claro e Conchas, Estado de São Paulo, e Jataí em Goiás. O autor destaca a economicidade da reserva em função da qualidade do corretivo e pela proximidade das jazidas com os centros consumidores reduzindo o preço do transporte.

2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS CORRETIVOS

Na maioria das análises em corretivos de acidez, procura-se apenas determinar os teores em CaO e MgO, bem como, o seu equivalente em carbonato de cálcio. Esta característica foi utilizada por muitos autores para estimar a qualidade do material (MELLO e PORTA, 1974; ARZOLA et al, 1974; FERRAZ et al, 1974; PORTA et al, 1975).

CUNHA et al (1949), GUIMARAES (1952) e RAIJ et al (1968) apresentam além dos valores em CaO, MgO e o equivalente em carbonato de cálcio, outros parâmetros químicos dos corretivos, como seus teores em SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃ e Perda ao Fogo.

No entanto, a avaliação da presença dos chamados

elementos traços nestes materiais é relativamente reduzida. De acordo com GUIMARAES (1969) durante a deposição dos sedimentos carbonatados pode ter ocorrido, simultânea ou posteriormente, a introdução de elementos químicos estranhos aos minerais principais. Normalmente tal fato se processou em escala bastante reduzida, daí a denominação de elementos traços para estes constituintes

OSTROM (1957) detectou a presença de 15 elementos traços em 92 amostras de calcário do estado de Illinois nos EUA, cujos valores variaram grandemente. O autor verificou que as amostras de calcário que continham argila ou xistos como impurezas apresentaram os maiores teores em elementos traços, comparados aos calcários puros. CHATER e WILLIAMS (1974) citando Mitchell (1956) relatam igualmente, que de modo geral, o conteúdo de elementos traços em calcários é baixo e que os maiores valores ocorrem naqueles corretivos com características argilosas e grandes quantidades de resíduos insolúveis. Isto sugere que a maioria dos elementos são encontrados em minerais de argila associados ao calcário

Alguns trabalhos procuram averiguar a possibilidade do suprimento de macro e micro nutrientes para o solo e plantas pela prática da calagem. CHICHILO e WHITTAKER (1958) consideram a grande diversidade de opiniões a este respeito, mas entendem, no entanto, que em virtude das altas taxas de aplicação de calcário por unidade de área, mesmo em pequenas concentrações, alguns elementos podem ser adicionados em grandes quantidades ao solo. Neste sentido, baseados nas quantidades de elementos removidos do solo pelas culturas ou na quantidade adicionada ao mesmo para

corrigir deficiências e nos teores totais médios de 16 elementos em 60 amostras de calcários agrícolas, verificaram que em taxas normais de aplicação muitos calcários poderão fornecer importantes quantidades de Mg, Fe, Mn, Mo, S e Zn além de Ca ao solo. Por outro lado, as contribuições em K, P, B e Cu serão de menor importância.

Os mesmos autores em 1961 reforçam a idéia de que a prática da calagem auxilia na manutenção do suprimento de vários elementos ao solo e que alguns calcários contêm quantidades suficientes para corrigir deficiências, considerando que todos os elementos encontram-se disponíveis às plantas. Os autores verificaram que os equipamentos de moagem enriquecem os corretivos em elementos traços e que o teor de sílica teve alta correlação com impurezas. Também constataram que os elementos Al, K, Co, Fe, Na, B, Va, Mn, F e S correlacionaram-se significativamente com o total de impurezas e sílica dos materiais, o mesmo não ocorrendo com Cu, P, Mo e Zn.

Baseados no pouco conhecimento existente a respeito do valor dos corretivos como possível fonte de macro e micro nutrientes, que se tornem prontamente disponíveis às plantas quando adicionados ao solo, CHATER e WILLIAMS (1974) determinaram a presença de vários elementos nas frações solúvel e insolúvel em HCl 5N, de 94 materiais corretivos, sendo 90 amostras de calcário. Com base nos resultados obtidos, verificaram que afora os conteúdos de Fe, Mn e Mg, nos calcários dolomíticos, a maioria dos calcários não apresentaram em média, quantidades suficientes de outros nutrientes para o suprimento vegetal, quando da aplicação de taxas normais de calcário. Desta forma, segundo os

autores, a afirmativa de que alguns materiais corretivos contém expressiva quantidade de micronutrientes não é justificada e que, a mudança do pH é, provavelmente, o principal efeito da calagem na disponibilidade de nutrientes no solo.

BATEY e WILLIAMS (1966) preocupados com a redução nas aplicações de enxofre no solo motivado pela introdução de fertilizantes mais puros e mais concentrados, verificaram a variação nos teores de S total e solúvel em água além de Cu, Co, Mn, Mo e Mg totais em amostras de corretivos provenientes de várias formações geológicas da Inglaterra.

No Brasil PAOLIELLO (1972) considerando a importância da determinação de elementos traços ou micronutrientes em corretivos de acidez, constatou que o dolomito da formação Irati em São Paulo apresenta teores consideráveis em boro, molibdênio, cobre, manganês, zinco, enxofre e cobalto.

De maneira análoga, VALADARES et al (1974) determinaram Mo, Co, Cu, Zn, Mn e Fe solúveis em solução de HCl 6N a quente em 31 amostras de calcários e duas escórias de siderurgia. Verificaram que o calcário magmático foi mais rico em micronutrientes do que os sedimentares e estes mais ricos do que os de origem metamórfica. Constataram também, que as quantidades adicionadas ao solo pelos mesmos são inferiores às adicionadas pelos adubos específicos e que as quantidades de Mn e Fe adicionadas por duas toneladas são apreciavelmente superiores às retiradas pelas culturas de café, cana de açúcar e soja num hectare.

PEREIRA (1981) determinou os teores de Zn, Fe, Mn, e Cu em calcários da região cacauzeira da Bahia. Baseando-se no fato

de que em média são utilizados 1500 Kg por hectare para correção dos solos ácidos, boa parte da necessidade em micro nutrientes para as culturas implantadas poderá ser suprida pelos calcários utilizados.

Avaliando a eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez do solo e considerando que a presença de micronutrientes nos corretivos podem justificar respostas positivas de plantas e microorganismos, RIBEIRO et al (1986) determinaram os teores de P₂O₅, K₂O, Mn, Fe, Zn, Cu além de CaO e MgO em amostra do material. Constataram que embora baixos, os teores em fósforo e potássio não deveriam ser desprezados. Ainda segundo os autores os altos teores em Fe e Mn não devem causar problemas de toxidez às plantas, uma vez que devem estar em formas insolúveis, devido a alcalinidade do material.

BARBER (1984) também apresenta a composição química de diferentes formas de escórias utilizadas como corretivos agrícolas.

Procurando estudar o ambiente de sedimentação de calcários SUGUIO et al (1975) avaliaram a composição química e isotópica dos calcários da formação Bauru nas regiões de Uberaba (Minas Gerais) e Agudos (São Paulo). São apresentados e discutidos os valores de oito elementos químicos maiores e menores e dez elementos traços bem como de Perda ao Fogo das 30 amostras submetidas a análise química.

KABATA PENDIAS e PENDIAS (1985) avaliando a presença de contaminantes em diversos materiais empregados na agricultura, apresentam a variação dos vários elementos que compõem os calcários agrícolas. Os autores não se referem aos calcários como

fonte de qualquer elemento contaminante para o solo. Por outro lado, WARREN e DELAVault (1961), também citado por BARBER (1984), encontraram elevados teores de Pb em culturas que cresceram em solos corrigidos com calcários ricos neste elemento. Os valores do elemento obtidos pelos autores em amostras de calcário de Ontário, Canadá, variaram de 3 a 65 mg/Kg.

2.4 METODO DE CALAGEM BASEADO NA ELEVAÇÃO DA SATURAÇÃO EM BASES

Existem no país diferentes critérios de determinação da necessidade de calagem, os quais variam em seus objetivos e em seus princípios analíticos, conduzindo a recomendações de quantidades diferentes de calcário para um mesmo solo, não existindo consenso sobre o critério mais adequado de recomendação (PAULA et al). Além disso, a maioria dos métodos existentes não considera a variabilidade de resposta das diferentes culturas à calagem, podendo, muitas vezes, colocar em risco a economicidade desta prática (QUAGGIO, 1983; BULL, 1989).

Dentre os métodos existentes o que se baseia na elevação da saturação em bases, fundamenta-se no princípio da existência de uma estreita correlação entre este parâmetro e o pH dos solos. A divulgação deste método de recomendação de calagem no Brasil ocorreu, realmente, com o trabalho de CATANI e GALLO (1955), tendo sido modificado por QUAGGIO (1983) que propôs uma nova fórmula relacionando a necessidade de calagem com a CTC e a saturação de bases do solo, incluindo um fator de calagem para a correção da qualidade do corretivo.

$$NC = T \left(\frac{V_2 - V_1}{100} \right) \times f \quad \text{sendo,}$$

- NC = Necessidade de calagem em ton/ha de calcário para 20 cm de profundidade;
- V1 = Saturação de bases atual do solo , em % ;
- V2 = Saturação de bases que se pretende alcançar no solo, em % ;
- T = Capacidade de troca catiônica do solo, expresso em meq/100 g de terra;
- f = Fator de correção do corretivo - 100/PRNT.

Para utilização deste método, torna-se necessário a determinação de Ca , Mg , K e em alguns casos, Na (soma de bases) e de H + Al, para obtenção da CTC do solo. A acidez potencial é obtida originalmente, após extração por uma solução tampão de acetato de cálcio 1N ajustado ao pH 7.0. A dificuldade deste método baseia-se no fato de que esta determinação é trabalhosa e, portanto, não muito ajustada às condições de laboratório de rotina, onde são realizadas grande número de análises diariamente (QUAGGIO, 1983; SOUSA, 1989; PAULA et al).

Considerando este aspecto RAIJ et al (1979), CAMARGO et al (1982) e QUAGGIO (1983) observaram estreita correlação entre os valores de H + Al obtidos pelo método do acetato de cálcio (CATANI e GALLO, 1955) com os valores do pH da suspensão solo - água - tampão SMP, evidenciando a possibilidade de determinar esta variável por meio de leituras potenciométricas do pH de equilíbrio do tampão SMP com o solo. Deste modo, as determinações da acidez potencial tornam-se simples, precisas e adaptáveis às condições de rotina.

ERNANI e ALMEIDA (1986) também obtiveram boa correlação entre o valor H+Al extraído pelo acetato de cálcio com aquele obtido através do método SMP. Porém, verificaram que os solos que

mais se distanciaram da curva foram aqueles que possuíam os maiores valores de Al trocável e de matéria orgânica.

A grande vantagem 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. Além disso, o método é dotado de fundamentos teóricos adequados e é suficientemente preciso (RAIJ et al, 1983; QUAGGIO, 1983; QUAGGIO, 1985; VITTI, 1987; BULL, 1989).

PALHANO et al (1984) procurando determinar a dose de calcário que proporcionasse a máxima produtividade técnica e econômica para a cultura da soja no Estado do Paraná, concluíram que o método que permite a elevação da saturação de bases dos solos a 70% foi o que melhor se adequou às condições da cultura. Por outro lado ERNANI e ALMEIDA (1986) verificaram que o método foi ineficiente na estimativa da necessidade de calcário para os solos do Estado de Santa Catarina, recomendando quantidades bastante inferiores às fornecidas pelo método de incubação, principalmente nos solos mais tamponados, onde as doses indicadas não chegaram a metade da necessidade real. Segundo os autores, a introdução de um fator multiplicativo na fórmula utilizada certamente melhoraria a eficiência do método.

Da mesma forma, REGITANO (1987) constatou que o método subestimou, de maneira geral, as doses de calcário para solos de várzea, perdendo ainda mais a eficiência quanto maior a necessidade de corretivo. Os solos com maior poder tampão foram, igualmente, os mais afetados.

PIONKE et al (1968) também constataram baixa eficiência

do método, sugerindo que a não quantificação de algumas formas de alumínio não trocável, que assumem importância na determinação da porcentagem de saturação de bases, possam ter afetado os valores da CTC diferencialmente e, com isto, a eficiência do método.

2.5 INCUBAÇÃO DE SOLO.

O processo de incubação de solo com corretivos de acidez em laboratório, é uma prática rotineira, utilizada para diversas finalidades. Em muitos trabalhos este procedimento é empregado para verificar, após a avaliação de algumas variáveis químicas do solo, o comportamento de diferentes materiais, granulometrias e dosagens, na redução da acidez dos mesmos.

Com o objetivo de comparar os efeitos de um calcário calcítico e um dolomítico sobre algumas propriedades químicas de diferentes solos e a resposta do sorgo a estes tratamentos, ROJAS e ADAMS (1980) estabeleceram, inicialmente, um trabalho de incubação com os solos recebendo doses crescentes dos corretivos, a fim de neutralizar 1/2, 1 e 1,5 vezes o Al trocável. Foram realizadas determinações periódicas do pH e aos 75 dias de incubação, avaliou-se os teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis. Os autores constataram que em ambos os materiais houve um aumento do pH nos primeiros 8 dias de incubação, verificando-se em seguida, uma gradual redução nos seus valores. A saturação de Al decresceu sensivelmente com o aumento das dosagens. Para ambos os parâmetros, o calcário calcítico comportou-se de maneira mais eficiente do que o dolomítico. Com relação aos conteúdos em Ca e Mg, verificou-se o aumento nos teores com os tratamentos, como era esperado.

VERLENGIA e GARGANTINI (1972) através da determinação do pH e de Ca, Mg e Al trocáveis, após cada período de incubação, compararam a eficiência das diferentes frações granulométricas de um calcário calcítico e um dolomítico em casa de vegetação. O calcário dolomítico foi mais efetivo que o calcítico na elevação do pH e no fornecimento de Ca e Mg ao solo. Os autores também verificaram que as partículas menores que 0,297 mm (50 meshes) foram eficientes nos resultados desejados já aos 35 dias de incubação.

Em trabalho semelhante BELLINGIERI et al (1988) constataram que a variação nos teores de cálcio e magnésio dos calcários não influenciou na reatividade dos mesmos durante os 100 dias de incubação necessários para elevar o pH dos solos estudados à 6,5. Estas mesmas variáveis foram avaliadas por CAMARGO (1976) que comparou a eficiência de 7 diferentes granulometrias de 3 materiais corretivos na redução da acidez de um Latossolo Vermelho Escuro.

Com o objetivo de comparar a eficiência de dois calcários de origem marinha com um calcário comercial como corretivos da acidez dos solos, MIRANDA (1985), paralelamente, determinou a curva de neutralização de 2 tipos de solos, utilizando-se doses crescentes dos 3 corretivos. Os solos foram incubados em sacos plásticos durante 90 dias, com teor de umidade equivalente ao retido a 0,1 atm. Ao final do período determinou o pH das amostras.

Com o intuito de estudar a variação dos teores de Al trocável, da acidez titulável e dos valores do pH em H₂O e em solução de KCl 1N, BRAUNER e CATANI (1967) incubaram 11 amostras

de diferentes tipos de solos em laboratório, com duas dosagens de CaCO_3 finamente moído. Os resultados revelaram uma queda nos valores do Al trocável e da acidez potencial aos 10 dias de incubação os quais, de modo geral, experimentaram um aumento aos 30 e 60 dias. Situação inversa foi verificada para os valores de pH. Segundo os autores, os resultados sugerem que devido a baixa granulometria do corretivo, a sua reação com o solos foi muito intensa nos primeiros 10 dias, declinando em seguida, possibilitando os solos a voltarem às suas condições de equilíbrio e a restabelecer suas características anteriores. Por outro lado, fica evidenciado que o CaCO_3 foi consumido para neutralizar outras fontes de acidez além do Al.

BLOISE et al (1977) apresentam as variações nos valores de pH e Al trocável em amostras de um Podzólico Vermelho-Amarelo submetidos a incubação com doses crescentes de CaCO_3 p.a. Após uma brusca elevação do pH no segundo dia, os valores decresceram gradualmente até estabilizar aos 60 dias. O Al foi totalmente neutralizado com a dose equivalente a 2 x Al no segundo dia de incubação. No entanto este elemento voltou a aparecer aos 45 dias com 0,3 meq/100g, valor que se manteve constante até o final do período de incubação.

MUNHOZ (1979) determinou a curva de neutralização de 4 diferentes tipos de solos provenientes dos municípios de Piraquara e Contenda - PR. As amostras dos solos foram submetidas a incubação com quantidades variáveis de CaCO_3 durante 45 e 90 dias. O autor apresenta as variações ocorridas com algumas variáveis químicas destes solos ao longo dos referidos períodos de incubação.

ALMEIDA e BORNEMISZA (1977) constataram, em trabalho de incubação, que as doses de cal resultaram num significativo aumento do pH e decréscimo da acidez de troca, bem como, num pequeno aumento do PCZ em 3 solos da Costa Rica. Analisando novamente os solos após a retirada das plantas de sorgo, constataram uma elevação na acidez trocável com a consequente redução do pH.

FAGERIA (1984) avaliou o efeito de diferentes níveis de calagem sobre algumas variáveis químicas do solo, em três períodos de incubação. Constatou um aumento nos valores de pH com os níveis de calcário bem como com o período de incubação. Isto resultou na diminuição dos níveis de Al trocável e saturação deste elemento no solo já aos 10 dias de incubação com o segundo nível de calagem. Ca e Mg também aumentaram de maneira semelhante à verificada para o pH. Os comportamentos do P e do K no solo também são comentados pelo autor.

3 MATERIAL E METODOS

3.1 SOLOS

3.1.1 Descrição dos Solos

Para a execução do presente trabalho foram escolhidos três diferentes unidades de solos. Dois são provenientes do município de São Mateus do Sul classificados por SOUZA et al (1988) como LATOSSOLO VERMELHO ESCURO ALICO A moderado textura muito argilosa fase floresta sub-tropical perenifólia relevo suave ondulado. O outro como CAMBISSOLO ALICO Tb A proeminente textura muito argilosa fase floresta sub-tropical perenifólia relevo suave ondulado substrato folhelhos sílticos. O terceiro solo é proveniente do município de Palmeira, classificado como CAMBISSOLO ALICO Tb A proeminente textura arenosa fase campo sub-tropical relevo suave ondulado substrato folhelhos sílticos-arenosos componente da unidade de mapeamento PVa 23 (EMBRAPA, 1984).

Todos os solos escolhidos são provenientes do Estado do Paraná sendo representativos nas regiões de ocorrência.

3.1.2 Preparo das Amostras

Os solos foram coletados na camada de 00 - 20 cm de profundidade, secos em estufa 60 C, moídos, passados em peneira malha 2 mm e homogeneizados. Em seguida, amostras com 03 repetições foram encaminhadas aos laboratórios de Fertilidade e Física do Solo do SCA da UFPR a fim de serem caracterizadas. Todas as determinações foram realizadas com base na massa do solo. Os resultados constam nos quadros 04 e 05.

3.1.2.1 Análises Químicas

Foram realizadas determinações de pH; Al; H+Al; Ca+Mg; Ca; P; K e C de acordo com as metodologias utilizadas na Rotina do Laboratório, descritas a seguir

QUADRO 04: Características químicas dos solos utilizados.

Solo	pH											
	CaCl2 0,01M	Al+3	H+Al	Ca+2	Mg+2	K+	S	CTC	P	C	V	m
	----- meq/100g -----							----- ppm -----		----- % -----		
Solo1	4,4	3,6	7,0	2,3	1,6	0,49	4,35	11,35	6	2,8	38,35	45,25
Solo2	4,1	8,2	14,7	1,6	1,0	0,47	3,04	17,74	4	4,3	17,12	72,98
Solo3	4,1	1,8	6,2	1,1	0,8	0,23	2,09	8,33	7	2,9	25,15	46,67

Solo1: Latossolo Vermelho Escuro
 Solo2: Cambissolo Textura muito argilosa
 Solo3: Cambissolo Textura arenosa

QUADRO 05: Características físicas dos solos estudados.

SOLO	AREIA	SILTE	ARGILA	MASSA ESPECIFICA DO SOLO		MASSA ESPECIFIC. DAS PARTICULAS
	----- % -----			----- g/cm3 -----		
Solo1	2,9	22,5	74,6	0,94		2,75
Solo2	2,6	29,4	68,0	0,97		2,77
Solo3	74,8	10,9	14,3	1,17		2,67

Solo1: Latossolo Vermelho Escuro
 Solo2: Cambissolo textura muito argilosa
 Solo3: Cambissolo textura arenosa

a) pH em solução de CaCl_2 0,01 M

Determinado em solução de CaCl_2 0,01 M, relação 1:2,5 em potenciômetro marca Micronal B 272 ou Metrohn Herisan E 350 B. As suspensões foram agitadas após a adição da fase líquida e quando da leitura de cada amostra, 1 hora depois.

b) H + Al - Método SMP

Obtido através do emprego da solução tampão denominada SMP, introduzida originalmente por SHOEMAKER et al (1961). No presente trabalho ela foi utilizada com o dobro da concentração em relação a concentração original.

b.1) Procedimento

Após a determinação do pH, adicionou-se 5 ml da solução tampão SMP e agitou-se manualmente. Após repouso de 1 noite, as leituras potenciométricas foram efetuadas trinta minutos após uma nova agitação manual.

c) Cátions trocáveis

Cálcio, Magnésio e Alumínio foram extraídos com solução de KCl 1N, relação 1:10. Após agitação por 5 minutos em agitador de movimento horizontal e repouso por 1 noite, foram tomadas alíquotas individuais de 25 ml.

Cálcio mais Magnésio e Cálcio foram determinados por complexometria utilizando-se titulação com EDTA 0,0125 M tendo como indicadores, Negro de Eriocromo e calgon respectivamente.

O Alumínio foi obtido por titulação com NaOH 0,025 N e Azul de Bromotimol 0,1 % como indicador. Atendendo as considerações de CANTARELO et al (1981) o pH da solução de KCl 1

N foi corrigido, quando necessário, para 5,5.

A determinação do K trocável foi feita mediante extração pela solução de Mehlich 1 (HCl 0,05 N mais H₂SO₄ 0,025 N) na relação 1:10. O elemento foi determinado utilizando-se fotômetro de chama marca DIGIMED NK 2000.

d) Fósforo disponível.

Mediante extração com solução de Mehlich 1 o fósforo disponível foi determinado pelo método colorimétrico com emprego de molibdato de amônio usando como redutor o ácido ascórbico. A leitura da densidade ótica foi realizada em espectrofotômetro, utilizando-se filtro vermelho (comprimento de onda 660 um) após regulagem do aparelho pela prova em branco.

e) Carbono orgânico.

Determinado pelo método colorimétrico com oxidação pelo dicromato de sódio. A leitura foi realizada no espectrofotômetro no comprimento de onda de 650 um.

f) Cálculo da Soma de Bases, Capacidade de Troca Catiônica, Saturação de Bases no Solo, Saturação em Alumínio e Magnésio trocável foram calculados de acordo com EMBRAPA (1979).

3.1.2.2 Análises Físicas

As determinações de algumas variáveis físicas dos solos foram realizadas de acordo com as metodologias propostas pela EMBRAPA (1979).

a) Massa específica do solo: Método da Proveta;

b) Massa específica das partículas: Método do balão

volumétrico.

Foi obtida medindo-se o volume ocupado por 20 gramas de terra fina seca a 105 C, usando-se álcool etílico absoluto e balão aferido de 50 ml.

c) Unidade a 1/3 de atmosfera.

Método da panela de Richards com placas de cerâmica de 1 bar saturada. Após 48 horas, quando cessou a saída de água pelos drenos, a pressão foi suspensa. As amostras foram retiradas, rapidamente pesadas, encaminhadas à estufa 105 C e 24 horas depois pesadas novamente.

d) Composição Granulométrica

Determinada por tamisação e sedimentação, empregando-se solução de pirofosfato de sódio (44g/litro de água) como agente químico dispersante a alta rotação por quinze minutos. A argila foi determinada pelo método do densímetro.

3.2 MATERIAIS TESTADOS

Foram comparados 03 materiais na correção da acidez dos solos: um carbonato de cálcio comercial, um calcário dolomítico, de natureza metamórfica, proveniente do município de Almirante Tamandaré- PR e o calcário da formação Irati proveniente do município de São Mateus do Sul - PR. De natureza sedimentar, o calcário Irati é proveniente da unidade de interlaminações de margas e folhelhos pirobetuminosos com predomínio de margas da camada intermediária, conforme diferenciação apresentada por JUNIOR e PORTO ALEGRE (1984).

Com o objetivo de melhor conhecer e comparar os 03 materiais corretivos, foram enviadas 05 amostras do calcário

Irati, 02 do calcário metamórfico e 02 do carbonato de cálcio ao Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR - para caracterização química dos mesmos. Além dos valores do poder de neutralização (PN), da eficiência relativa (ER) e do PRNT foram determinadas outras 23 variáveis: Perda ao Rubro; SiO₂; Fe₂O₃; Al₂O₃; MnO; CaO; MgO; S; K₂O; P₂O₅; Na₂O; V; Sr; Ni; Cu; Zn; Co; Mo; Cd; Li; B; Cr e Pb. As metodologias empregadas para as determinações desses elementos encontram-se no anexo 1.

3.3 INCUBAÇÃO

Quinhentos gramas de cada solo foram incubados durante 15, 30, 60, 90 e 120 dias em sacos plásticos transparentes com capacidade para dois quilos e envoltos por saco plástico preto, a fim de evitar a alta luminosidade. Cada unidade experimental recebeu água desionizada a fim de elevar a umidade do solo à condição de tensão de aproximadamente 1/3 de atm. Naquelas que receberam corretivos, houve uma prévia mistura do material com o solo seco, num misturador mecânico. A homogenização da umidade nos saquinhos, foi individual. Foram permitidas trocas gasosas com o ambiente através da fixação de canudos plásticos na parte superior dos mesmos.

Foram estabelecidos apenas dois níveis de correção com 4 repetições cada: amostras que receberam apenas água e aquelas que além de água receberam quantidades de um dos materiais a fim de elevar a saturação em bases dos solos a 70%, utilizando-se da fórmula proposta por QUAGGIO (1983) e RAIJ et al (1985). Os corretivos foram utilizados com uma granulometria menor que 0,3 mm (peneira n. 50 ABNT) fixando-se em 100 % a eficiência

relativa dos mesmos. As quantidades empregadas para 500 g de solo e a correspondente em 1 hectare constam no Quadro 6.

QUADRO 6: Quantidades de corretivos utilizados para 500 g de solo e a correspondente em 1 hectare, 20 cm de profundidade, para elevar a saturação em bases a 70%.

	CALCARIO IRATI		CALCARIO		CaCO ₃	
	Gramas	Ton/ha	Gramas	Ton/ha	Gramas	Ton/ha
SOLO 1	1,64	6,17	0,91	3,40	0,91	3,40
SOLO 2	4,16	16,14	2,31	9,00	2,31	9,00
SOLO 3	1,37	6,45	0,76	3,60	0,76	3,60

Ao todo foram 360 unidades experimentais, sendo 72 por período de incubação, dispostas sobre mesas em uma casa de vegetação no campus do SCA da UFPR. Durante o trabalho experimental, que se estendeu do final de dezembro de 1988 ao início de maio de 1989, os saquinhos eram mexidos a cada dois dias, a fim de permitir a redistribuição da água condensada nas parades internas dos mesmos.

Ao término de cada período de incubação as amostras foram secas em estufa a 60 C e submetidas a nova análise química. Quando necessário foram previamente moídas e passadas em peneira malha 2 mm. A comparação entre os materiais corretivos foi realizada pela avaliação de algumas características químicas dos solos, cujas metodologias foram apresentadas no item 3.1.2.1 excessão ao carbono orgânico que não foi determinado e a acidez potencial.

A variável $H + Al$ foi obtida após extração com Acetato de Cálcio 1N pH 7.0, relação 1:10. Após agitação mecânica por 5 minutos e repouso por uma noite, 25 ml do sobrenadante foram titulados com solução de NaOH 0.025N, utilizando-se fenolftaleína a 1% como indicador. O cálculo da acidez potencial foi feito subtraindo-se do volume gasto na titulação da amostra, o volume gasto na titulação da prova em branco, sendo a unidade expressa em meq/100 g de solo.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados segundo um delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos arranjados fatorialmente. Foram estudados os fatores: Material, com 03 tipos (Calcário Irati, Calcário Comercial, $CaCO_3$); Período de Incubação, com 05 tempos (15, 30, 60, 90 e 120 dias) e 02 níveis de correção (ausência e presença de material). Foram feitas 04 repetições.

As variâncias dos tratamentos foram submetidas ao teste de BARTLETT. Foram transformados os dados quando o teste revelou falta de homogeneidade entre as mesmas. Dois tipos de transformações foram empregadas: logarítmica ($\log x$) e raiz quadrada [\sqrt{x}] (STEEL e TORRIE, 1980; GOMEZ e GOMEZ, 1984).

As variáveis cujas variâncias revelaram-se heterogêneas, mesmo após o emprego das transformações, não foram submetidos a análise da variância. Nas situações em que o teste acusou homogeneidade, as médias foram comparadas pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade. Quando a análise da variância mostrou valores muito pequenos para o Quadrado Médio do

Erro (inferior a 0,000) os dados foram multiplicados por 1000 a fim de facilitar a aplicação do referido teste. A maioria das variáveis foram também interpretados sob o ponto de vista de níveis de fertilidade de acordo com OLEYNIK et al (1989) e COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC - CFS - (1989).

Os resultados foram obtidos com o uso do pacote S.P.S.S. (Statistical Package for the Social Sciences) em equipamento digital do Centro de Computação Eletrônica da UFPR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS MATERIAIS TESTADOS

No Quadro 7 são apresentados os valores do Poder de Neutralização (PN), da Eficiência Relativa (E.R) e do Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) dos três corretivos estudados.

QUADRO 7: Valores do Poder de Neutralização (P.N), da Eficiência Relativa (E.R) e do Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) dos 3 materiais corretivos.

VARIÁVEL	MATERIAL		
	Calcário Irati*	Calcário Comercial**	CaCO ₃ **
PN (%Eq. CaCO ₃)	58,12	104,5	104,6
E.R %	100	100	100
PRNT %	58,12	104,5	104,6

* Média de 5 repetições

** Média de 2 repetições

O calcário comercial e o CaCO₃ apresentam os maiores valores de P.N. e PRNT, evidenciando a maior quantidade de carbonatos nestes corretivos em relação ao calcário Irati. Isto implica na necessidade de se utilizar maior quantidade deste corretivo para correção de um mesmo solo. O valor médio do P.N. do calcário Irati, além de ser inferior àqueles apresentados por CRUZ (1986) para as regiões de Sapopema - PR, Conchas e Rio Claro

- SP, está abaixo do limite estabelecido pela atual legislação sobre corretivos, BRASIL (1986), que estabelece para fins de comercialização um mínimo de 67%.

Com base nos resultados apresentados no Quadro 8, percebe-se que, em relação ao calcário comercial, o Irati apresenta valores bem inferiores em CaO, MgO e Perda ao Rubro, sendo, por outro lado, mais rico nos demais elementos.

De acordo com a relação magnésiana (MgO/CaO) proposta por BIGARELLA (1956), a qual aponta o grau de dolomitização da rocha independente da porcentagem de não carbonatos, o calcário Irati pode ser classificado como um dolomito impuro, ou seja, a presença de não carbonatos está compreendida entre 10 e 50%. Nas amostras realizadas deste corretivo, a soma das porcentagens de CaO + MgO foi, em média, 31,24%, muito inferior aos valores apresentados por GUIMARAES (1952, p. 50) e inferiores aos valores médios obtidos por PAOLIELLO (1972) e CRUZ (1986). O valor é ainda, inferior ao limite estabelecido pela legislação brasileira em vigor, que determina um mínimo de 38% para soma de CaO + MgO para fins de comercialização (BRASIL, 1986).

O teor mais elevado em SiO₂ explica a menor quantidade em óxidos de cálcio e magnésio, evidenciando uma maior concentração de impurezas no material. Esse valor foi semelhante àqueles obtidos por CRUZ (1986) e um pouco superiores aos determinados, em média, por PAOLIELLO (1972) em amostras provenientes de cinco regiões de estudo do Irati em São Paulo. Os conteúdos apresentados por GUIMARAES (1952, p.50) em amostras provenientes de Piracicaba e Rio Claro, são bem inferiores aos encontrados nesse trabalho para o calcário Irati. O teor de SiO₂

QUADRO 8: Variação e valores médios de 11 variáveis químicas encontrados nos 3 corretivos estudados. Resultados expressos em porcentagem de massa.

VARIAVEIS	Calcário Irati		Calcário Comercial		CaCO ₃	
	Variação	Média*	Variação	Média**	Variação	Média**
Perda ao Rubro	33,4 - 33,9	33,66	----	45,8	43,4 - 43,7	43,55
SiO ₂	24,1 - 26,0	25,24	2,31 - 2,85	2,58	0,18 - 0,20	0,19
Fe ₂ O ₃	3,05 - 3,25	3,16	0,07 - 0,08	0,08	-----	0,02
Al ₂ O ₃	3,60 - 4,16	3,82	-----	0,01	0,03 - 0,04	0,04
MnO	0,13 - 0,14	0,14	-----	0,01	0,05 - 0,06	0,06
CaO	17,6 - 18,0	17,76	-----	29,5	54,2 - 54,7	54,45
MgO	13,3 - 13,8	13,48	21,4 - 22,0	21,7	-----	0,16
K ₂ O	0,67 - 0,74	0,70	-----	----	-----	0,002
Na ₂ O	0,31 - 0,37	0,34	-----	----	-----	----
P ₂ O ₅	0,09 - 0,14	0,12	-----	----	-----	----
S	1,39 - 1,65	1,51	-----	----	-----	----

* Média de 5 repetições

** Média de 2 repetições

deve-se, principalmente, a presença de quartzo e, em menor escala, de filosilicatos, em especial minerais de argila, no material (SUGUIO et al, 1975). Baseado nestes autores, os teores de SiO₂ do calcário Irati são bem superiores à média dos calcários.

O calcário Irati também apresentou teores mais elevados em Fe₂O₃ e Al₂O₃ em relação aos outros dois corretivos. De acordo com as considerações de SUGUIO et al (1975), que obtiveram teores inferiores e semelhantes respectivamente, os valores encontrados para esse corretivo são superiores à média dos calcários. Para eles, a presença do Al₂O₃ deve estar ligada a presença de minerais de argila no material. SAD et al (1984), JUNIOR e PORTO ALEGRE(1984) citam a presença de feldspato alcalino, clorita, seriscita e moscovita além do quartzo (dominante), nas margas das camadas intermediária e basal na região Sul do Paraná. Os valores aqui obtidos foram bastante superiores aos apresentados por GUIMARAES (1952, p. 50), PAOLIELLO (1972) e CRUZ (1986) que apenas determinou o óxido de alumínio.

Em relação ao enxofre, tanto o calcário comercial quanto o carbonato de cálcio não o apresentam em sua composição. Por outro lado, o teor médio encontrado no calcário Irati é significativo, podendo se constituir numa importante fonte de elemento para o solo. O valor é equivalente àqueles obtidos por CRUZ (1986) com base em alguns furos de sondagem, porém bem superior aos valores médios obtidos por CHICHILLO e WHITTAKER (1958; 1961) e PAOLIELLO (1972). Na hipótese de que o elemento esteja facilmente disponível às plantas, a quantidade em 1 tonelada do calcário Irati equivale a aproximadamente 94 Kg de

gesso agrícola. Baseando-se na necessidade de calagem, as quantidades de S adicionadas aos solos 1, 2 e 3, equivaleriam aproximadamente, a 571, 1523 e 609 Kg de gesso por ha, respectivamente, considerando um teor médio de 16% de S no material, segundo VITTI (1987).

Os valores de MnO encontrados no calcário comercial e no CaCO₃, foram semelhantes aos obtidos por SUGUIO et al (1975) em calcários da formação Bauru. Tais teores, no entanto, foram muito inferiores aos registrados para o calcário Irati que, por sua vez, foram menores que aqueles obtidos por PAOLIELLO (1972).

O teor médio de K₂O encontrado no calcário Irati, embora superior àqueles obtidos por SUGUIO et al (1975) pode ser considerado como baixo. Segundo os autores a sua presença deve estar ligada aos insolúveis argilosos no material. Isto está de acordo com as observações feitas por CHATER e WILLIAMS (1974) que verificaram maior concentração de K na fração insolúvel em HCl 5N dos calcários, não estando portanto, prontamente disponível às plantas. As quantidades médias de potássio e fósforo encontradas neste corretivo, 0,58% e 524 ppm respectivamente, são superiores aos teores médios obtidos por CHICHILO e WHITTAKER (1958; 1961). Os teores de sódio encontrados no material foram também superiores aos determinados por aqueles autores.

No Quadro 9 são apresentadas as variações e os teores médios de outros 12 elementos químicos detectados nos três materiais estudados. Com base nestes dados, percebe-se ausência do lítio, uma elevada concentração de estrôncio no carbonato de cálcio e a presença de vanádio apenas no calcário Irati. Este material, em relação aos demais, apresentou concentrações mais

QUADRO 9: Variação e valores médios de 12 elementos químicos (elementos traços) encontrados nos 3 materiais corretivos estudados. Resultados em ppm.

ELEMENTOS	Calcário Irati		Calcário Comercial		CaCO ₃	
	Variação	Média*	Variação	Média**	Variação	Média**
Vanádio	70 - 90	78	-----	----	----	----
Estrôncio	570 - 610	596	----	70	4500 - 4700	4600
Níquel	28 - 30	29	10 - 15	12,5	----	30
Cobre	30 - 34	31	1,5 - 2,0	1,8	6 - 7	6,5
Zinco	50 - 60	56	5 - 9	7	----	20
Cobalto	30 - 40	35	----	30	20 - 30	25
Molibdênio	70 - 80	78	----	20	10 - 20	15
Cromo	20 - 35	29	----	3	-----	8
Cádmio	3 - 5	4	5 - 7	6	3 - 4	3,5
Lítio	----	----	-----	----	-----	----
Boro	60 - 80	68	-----	100	-----	60
Chumbo	----	70	25 - 29	27	-----	100

* Média de 5 repetições

** Média de 2 repetições

elevadas em cobre, zinco, cobalto, molibdênio e cromo. O calcário comercial apresentou teores mais elevados em cádmio e boro, ao passo que o carbonato de cálcio, em chumbo, níquel além de estrôncio.

A) ESTRÔNCIO

O conteúdo médio de estrôncio no calcário Irati foi mais elevado do que aquele obtido por SAD et al (1984) em amostras provenientes da camada D1 em São Mateus do Sul. Porém está de acordo com os valores médios citados pela literatura para as rochas calcárias em geral, 600 ppm (AUBERT e PINTA, 1977; KABATA PENDIAS e PENDIAS, 1985). Os teores encontrados para o calcário comercial estão bem abaixo do apresentado por estes autores e dos obtidos por SUGUIO et al (1975).

O elevado valor de Sr encontrado para o CaCO_3 pode ser justificado em virtude de suas características geoquímicas e bioquímicas serem similares às do Cálcio, estando, frequentemente, estes elementos associados em ambientes terrestres (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1985).

B) VANADIO

Os valores de Vanádio obtidos para o calcário Irati estão de acordo com a variação apresentada por CHICHILO e WHITTAKER (1961), não obstante o valor médio encontrado neste trabalho ser superior ao conteúdo médio obtido por aqueles autores, que registraram correlação positiva e altamente significativa entre a quantidade do elemento e o conteúdo de sílica e impurezas dos calcários.

KABATA-PENDIAS e PENDIAS (1985) apresentam valores

inferiores do elemento para rochas calcárias. De acordo com estes autores, o vanádio tende a estar associado com a matéria orgânica, sendo comum a sua elevada concentração em xistos orgânicos e biolitos. Os autores comentam as grandes variações que são observadas no conteúdo do elemento em carvões, óleo bruto e sedimentos orgânicos. Esta afinidade do elemento pela matéria orgânica deve justificar a sua presença no calcário Irati e a ausência nos dois outros corretivos estudados, em função da presença de interlaminações de folhelhos pirobetuminosos com o dolomito, conforme descrição apresentada por JÚNIOR e PORTO ALEGRE (1986). Os conteúdos médios do elemento registrados por SAD e SARAIVA (1981) e SAD et al (1984) foram, respectivamente, inferior e superior ao teor médio determinado neste trabalho.

C) COBRE

Os conteúdos encontrados neste trabalho estão de acordo com os valores apresentados por KABATA-PENDIAS e PENDIAS (1985), que ao considerarem a presença de elementos traços em calcários, citam a variação de 2 a 125 ppm para o cobre.

O calcário Irati foi o material que apresentou os teores mais altos do elemento, os quais foram semelhantes ao conteúdo médio encontrado por SUGUIO et al (1975) em amostras superficiais de calcários da formação Bauru em Uberaba - MG, e um pouco superiores àqueles obtidos em média por SAD e SARAIVA (1981) e SAD et al (1984). Os valores encontrados neste corretivo foram, no entanto, inferiores aos registrados por PAOLIELLO (1972).

Nas amostras do calcário comercial, registraram-se

conteúdos análogos aos valores médios obtidos por CHICHILO e WHITTAKER (1958; 1961).

D) ZINCO

Os maiores teores de zinco foram registrados nas amostras do calcário Irati, cujos valores estão de acordo com as variações encontradas por CHICHILO e WHITTAKER (1958 ; 1961) e SUGUIO et al (1975). Estes autores, no entanto, obtiveram valores médios inferiores em relação a este corretivo e superiores aos determinados para o calcário comercial e carbonato de cálcio.

WARREN e DELAVault (1961) também verificaram ampla variação, 11 a 520 ppm, do elemento em calcários de Ontário - Canadá. KABATA PENDIAS e PENDIAS (1985) considerando a presença de elementos traços em calcários empregados na agricultura, citam a variação de 10 - 450 ppm para o zinco, não obstante considerarem em outra tabela, valores de 10 a 25 ppm para calcários e dolomitos.

Segundo SUGUIO et al (1975) citando Krauskopf (1955), o intervalo de variação do Zn em calcários normais é de 4 a 20 ppm. Trabalhando com o calcário Irati em São Paulo, PAOLIELLO (1972) obteve valores de 200 ppm do elemento, muito superiores aos registrados para o corretivo neste trabalho.

E) COBALTO E MOLIBDÊNIO

Os teores de Cobalto encontrados nos 3 materiais corretivos foram muito superiores aos obtidos por CHICHILO e WHITTAKER (1958; 1961); SAD e SARAIVA (1981), SAD et al (1984). O teor médio no calcário Irati, embora superior aos demais materiais, foi muito inferior aos valores encontrados por

PAOLIELLO (1972).

AUBERT e PINTA (1977), MENDEL e KIRKBY (1987) registram a baixa concentração deste elemento em rochas calcárias, conteúdo abaixo de 5 ppm. Valores semelhantes do elemento em rochas calcárias são citados por KABATA-PENDIAS e PENDIAS (1985). Segundo estes autores, o cobalto em rochas sedimentares, parece estar associado com minerais de argila ou matéria orgânica, elementos existentes principalmente no calcário Irati.

Situação semelhante verificou-se em relação ao molibdênio. Os valores do elemento nos três corretivos foram superiores àqueles apresentados por CHICHILO e WHITTAKER (1958;1961). Os maiores teores foram encontrados no calcário Irati, os quais foram, igualmente, bem inferiores àqueles apresentados por PAOLIELLO (1972) e superiores aos apresentados por SAD e SARAIVA (1981) e SAD et al (1984). O conteúdo de molibdênio nos dois calcários deste trabalho estão acima dos valores apresentados por KABATA-PENDIAS e PENDIAS (1985).

F) CROMO

Os valores de cromo encontrados nas amostras do calcário Irati foram mais elevados do que aqueles registrados para os outros corretivos, cujos teores encontram-se dentro da variação apresentada por KABATA-PENDIAS e PENDIAS (1985) para calcários e dolomitos. O teor médio do elemento neste corretivo foi, no entanto, inferior aos valores obtidos por SUGUIO et al (1975) em amostras de calcário, superfície e sub-superfície, da formação Bauru em Uberaba - MG. Runnels e Schleicher (1956) e

Ostrom (1956) citados pelos autores, consideram 13 e 11 ppm, respectivamente, como sendo teores médios de cromo em calcários.

G) NÍQUEL

Os valores de níquel do calcário Irati foram semelhantes àqueles encontrados nas duas amostras do carbonato de cálcio, cujos teores foram superiores a média de 15 ppm admitido para os calcários segundo Ostrom (1957) citado por SUGUIO et al (1975). Estes autores encontraram valores de até 190 ppm em amostra de calcário da formação Bauru na região de Uberaba - MG.

Os teores encontrados nestes dois corretivos foram superiores à variação apresentada por AUBERT e PINTA (1977), e KABATA-PENDIAS e PENDIAS (1985) para rochas calcárias bem como daqueles obtidos por SAD e SARAIVA (1981) e SAD et al (1984). O conteúdo do elemento no calcário comercial está de acordo com os valores médios apresentados pela literatura.

H) BORO

Os conteúdos mais elevados do elemento foram registrados nas amostras do calcário comercial, 100 ppm. No entanto, os teores obtidos nos três corretivos foram superiores aos encontrados por CHICHILO e WHITTAKER (1958; 1961), SAD e SARAIVA (1981), SAD et al (1984) e daqueles apresentados por KABATA-PENDIAS E PENDIAS (1985).

PAOLIELLO (1972) obteve valor médio de 0,17% de B₂O₃ em amostras de calcário Irati de São Paulo. Considerando apenas o teor em boro, isso equivale a 521 ppm do elemento, valor muito superior aos obtidos neste trabalho.

I) CADMIO

Os três materiais corretivos apresentaram teores em cádmio muito superiores aos apresentados por KABATA-PENDIAS e PENDIAS (1985) para calcários e dolomitos. CHATER E WILLIAMS (1974) obtiveram valor de até 5.1 ppm do elemento na fração solúvel em HCl 5N em calcários da Inglaterra, não obstante o valor médio ter sido de apenas 0.3 ppm. Os autores também determinaram o elemento em alguns calcários que apresentaram mais de 4% de material insolúvel ao HCl 5N. Apesar da grande variabilidade nos valores o teor médio ficou em 2.5 ppm.

Os elevados teores de cádmio obtidos neste trabalho podem ter como possível explicação a grande similaridade química existente entre o elemento e o zinco (MALAVOLTA, 1976; LAGERWERFF, 1983, MENGEL e KIRKBY, 1987).

J) CHUMBO

Os resultados analíticos revelaram concentrações de Pb nas amostras de Carbonato de Cálcio e do Calcário Irati de 100 e 70 ppm respectivamente. Estes valores são superiores aos conteúdos obtidos por WARREN e DELAVAUT (1961), SAD e SARAIVA (1981) e SAD et al (1984) e daqueles encontrados por SUGIO et al (1975). De acordo com estes autores, citando Runnels e Schleicher (1956) e Ostrom (1957), o teor médio de Pb nas rochas calcárias é de 16 e 26 ppm respectivamente. Desta maneira, a quantidade do elemento encontrado no calcário comercial não está muito afastado da média geral dos calcários.

AUBERT e PINTA (1977) e KABATA-PENDIAS e PENDIAS (1985) igualmente apresentam teores baixos do elemento em rochas

calcárias, 10 ppm. No entanto, estes últimos autores apresentam, em outra tabela (p.10), uma ampla variação na presença do Pb em calcários agrícolas, com conteúdos variando de 20 a 1250 ppm.

Os teores de alguns elementos encontrados neste trabalho foram superiores aos conteúdos médios, citados pela literatura, para calcários e dolomitos. Três, no entanto, se destacam devendo merecer atenção. Os valores de Mo e Cd encontrados nos três materiais corretivos e Pb no calcário Irati e no CaCO₃ foram superiores, inclusive, aos teores apresentados pela literatura para outros tipos de rochas, não obstante o emprego, na agricultura, de alguns materiais com teores bem mais elevados do que os aqui registrados. KABATTA-PENDIAS e PENDIAS (1985) acusam, por exemplo, os elevados teores de Cd e Pb que podem ser encontrados em fertilizantes fosfatados, com variações de 0,1 a 170 ppm e 7 a 225 ppm respectivamente.

Nos quadros 10, 11 e 12 são apresentadas quantidades de macro, micro e elementos traços que seriam adicionados aos solos em função da necessidade de calagem, estimada para elevar a saturação em bases dos mesmos a 70% e dos teores existentes em cada material corretivo. Com base nos teores de Cu, Zn, Mo e B e considerando a hipótese da pronta disponibilidade dos mesmos para o solo, as quantidades adicionadas pelo calcário Irati em 1 ha do solo 2, equivaleriam a uma adubação de cerca de 2.00 Kg de sulfato cúprico penta hidratado; 3.23 Kg de sulfato de zinco hepta hidratado; 2.33 Kg de molibdato de amônio e 10 Kg de bórax, baseando-se nos teores de cada elemento existentes nos adubos segundo LOPES (1987).

QUADRO 10 - Quantidades de SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, CaO, MgO, K₂O, Na₂O, P₂O₅ e S adicionados aos solos estudados, em função da necessidade de de calagem (ton/ha). Valores em Kg/ha.

Elemento	SOLO 1			SOLO 2			SOLO 3		
	Calcár. Irati	Calcár. Comerc.	CaCO ₃	Calcár. Irati	Calcár. Comerc.	CaCO ₃	Calcár. Irati	Calcár. Comerc.	CaCO ₃
SiO ₂	1527,02	87,20	6,42	4073,74	232,20	17,1	1627,98	92,88	6,84
Fe ₂ O ₃	191,18	2,70	0,68	510,02	7,20	1,8	203,82	2,88	0,72
Al ₂ O ₃	231,11	0,34	1,35	616,55	0,9	3,6	246,39	0,36	1,44
MnO	8,47	0,34	2,03	22,60	0,9	5,4	9,03	0,36	2,16
CaO	1074,48	997,10	1840,41	2866,46	2655,00	4900,5	1445,52	1062,00	1960,2
MgO	815,54	733,46	5,41	2175,67	1953,00	14,4	869,46	781,20	5,76
K ₂ O	42,35	-	0,068	112,98	-	0,18	45,15	-	0,072
Na ₂ O	20,57	-	-	54,88	-	-	21,93	-	-
P ₂ O ₅	7,26	-	-	19,37	-	-	7,74	-	-
S	91,36	-	-	243,71	-	-	97,40	-	-

QUADRO 11 - Quantidades de Cu, Zn, Co, Mo e B adicionados aos solos estudados em função da necessidade de calagem (ton/ha). Valores em g/ha.

Elemento	SOLO 1			SOLO 2			SOLO 3		
	Calcár. Irati	Calcár. Comerc.	CaCO ₃	Calcár. Irati	Calcár. Comerc.	CaCO ₃	Calcár. Irati	Calcár. Comerc.	CaCO ₃
COBRE	187,55	6,08	21,97	500,34	16,20	58,50	199,95	6,48	23,4
ZINCO	338,80	23,66	27,60	903,84	63,00	180,00	361,20	25,20	72,00
COBALTO	211,75	101,40	84,50	564,90	270,00	225,00	225,75	108,00	90,00
MOLIBD.	471,90	67,60	50,70	1258,92	180,00	135,00	503,10	72,00	54,00
BORO	411,40	338,00	202,80	1097,52	900,00	540,00	438,60	360,00	216,00

QUADRO 12 - Quantidades de V, Sr, Ni, Cr, Cd e Pb adicionados aos solos estudados em função da necessidade de calagem (ton/ha). Valores em ppm

Elemento	SOLO 1			SOLO 2			SOLO 3		
	Calcár. Irati	Calcár. Comerc.	CaCO ₃	Calcár. Irati	Calcár. Comerc.	CaCO ₃	Calcár. Irati	Calcár. Comerc.	CaCO ₃
VANADIO	0,24	-	-	0,63	-	-	0,25	-	-
ESTRON.	1,80	0,12	7,77	4,81	0,32	20,7	1,92	0,13	8,28
NIQUEL	0,09	0,021	0,051	0,23	0,056	0,135	0,09	0,023	0,054
CROMO	0,088	0,005	0,014	0,234	0,014	0,036	0,09	0,005	0,014
CADMIO	0,012	0,010	0,006	0,032	0,027	0,016	0,013	0,011	0,006
CHUMBO	0,21	0,046	0,17	0,565	0,122	0,45	0,23	0,049	0,18

4.2 EFEITO DOS MATERIAIS CORRETIVOS E DOS TEMPOS DE INCUBAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS.

4.2.1 SOLO 1

Os resultados do teste de Bartlett e do coeficiente de variação dos tratamentos são apresentados no Anexo 2.1.

As variáveis pH, Saturação de Bases, Acidez Potencial, Cálcio, Capacidade de Troca Catiônica, Soma de Bases e Saturação de Alumínio não foram submetidos a análise de variância em função da não homogeneidade das variâncias demonstrada pelo teste de Bartlett (STEEL e TORRIE, 1980; GOMEZ e GOMEZ, 1984). No entanto, as tendências verificadas dentro e ao longo dos períodos de incubação são mostradas pelas Figuras de 3 a 9. A análise de variância e os valores obtidos no nível zero (testemunhas) das demais variáveis constam no Anexo 3.

4.2.1.1 ALUMÍNIO TROCÁVEL

Embora não se tenha conseguido a completa neutralização do elemento, o emprego dos três materiais corretivos proporcionou uma redução estatisticamente significativa nos valores de Al trocável no solo (Anexo 3.1).

Exceção feita aos 60 dias de incubação, as unidades experimentais que receberam os calcários Irati e Comercial não diferiram estatisticamente entre si, apresentando sempre os menores valores quando comparadas àquelas que receberam CaCO_3 (Quadro 13). Baseando-se nos padrões de fertilidade, os teores de Al trocável passaram do nível originalmente ALTO (Quadro 4) para um nível considerado MEDIO nas unidades experimentais submetidas

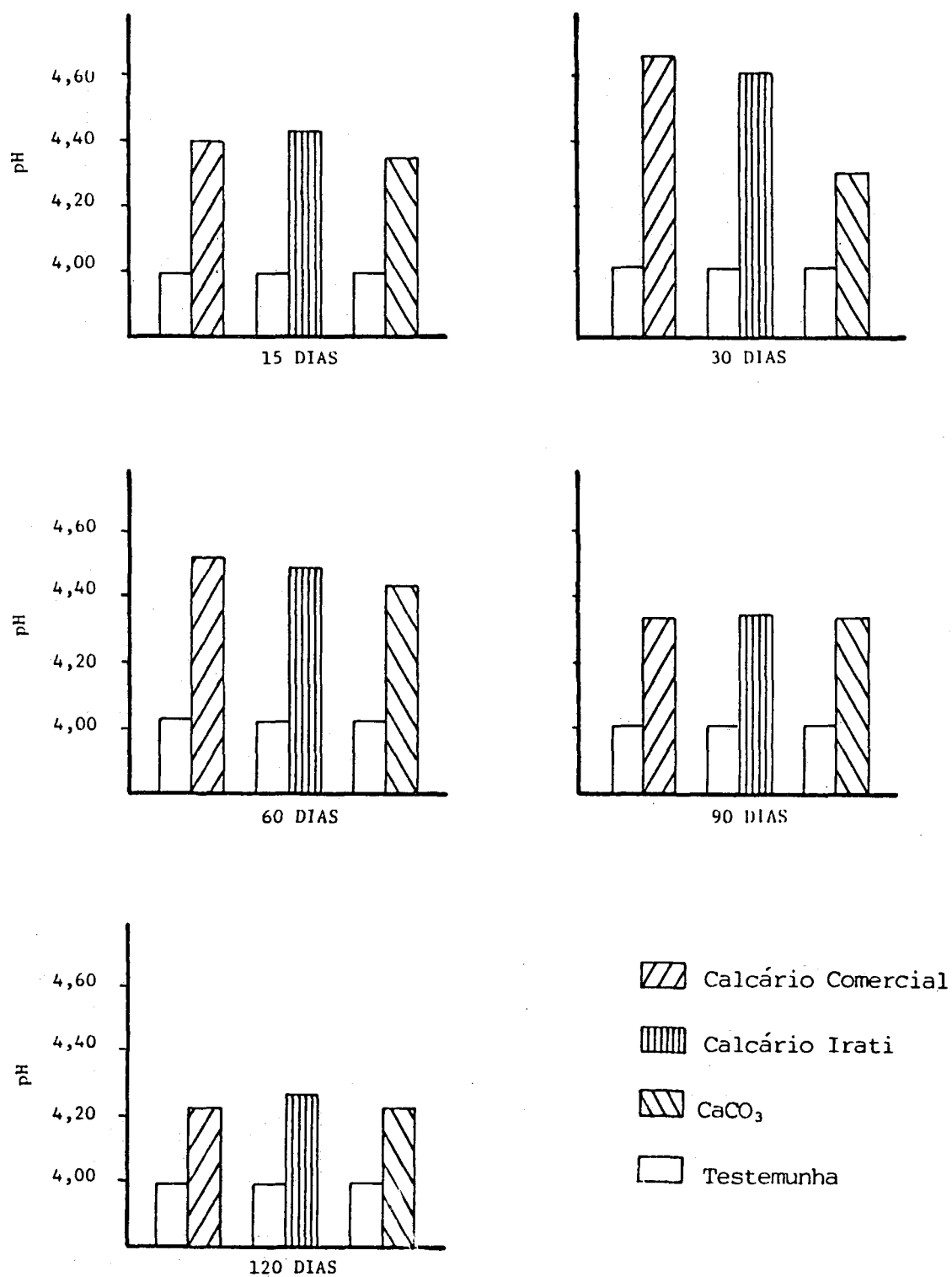


FIGURA 3: Efeito de três materiais corretivos na variação do pH do solo 1 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

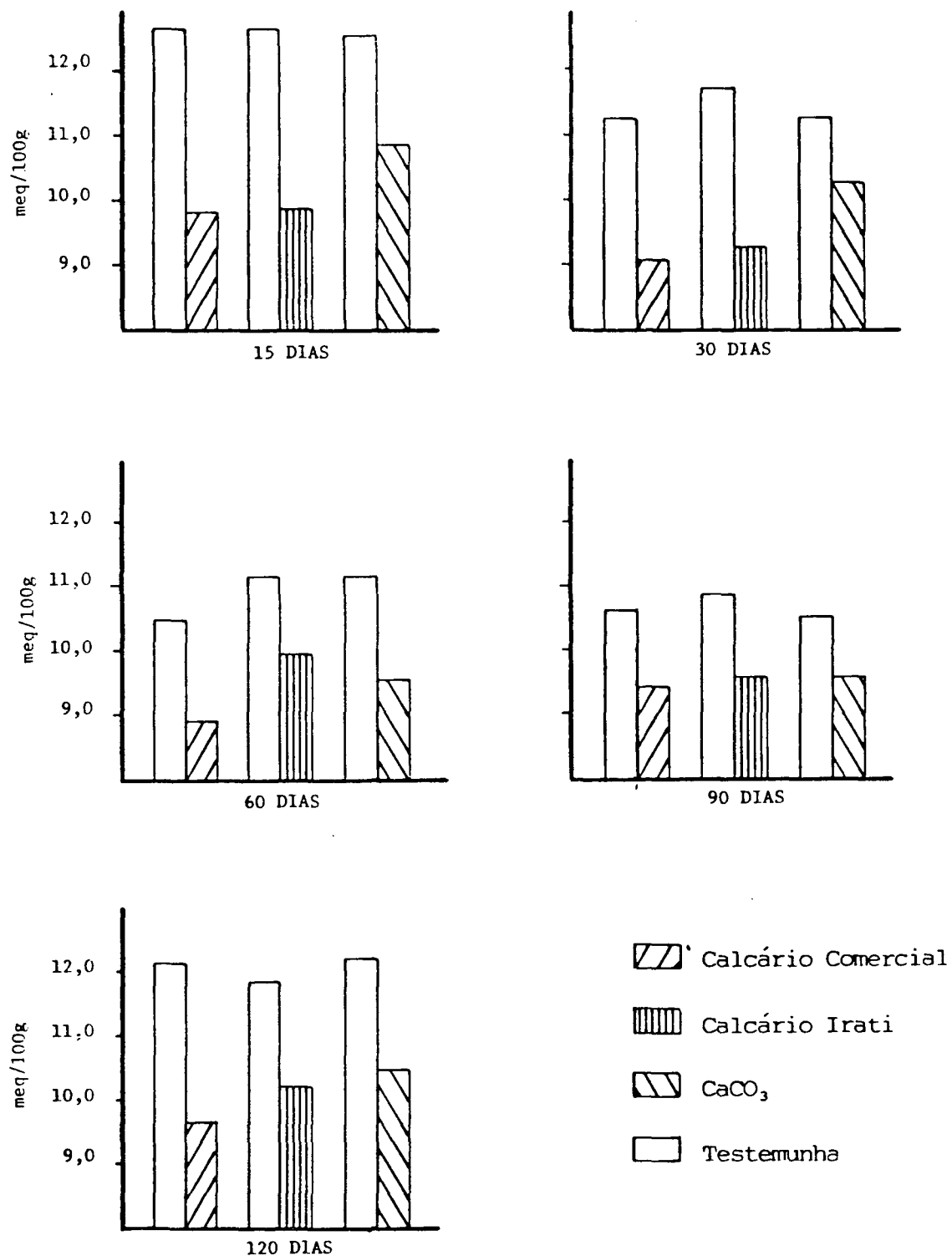


FIGURA 4: Efeito de três materiais corretivos na **Acidez Potencial (H+A1)** do solo 1 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

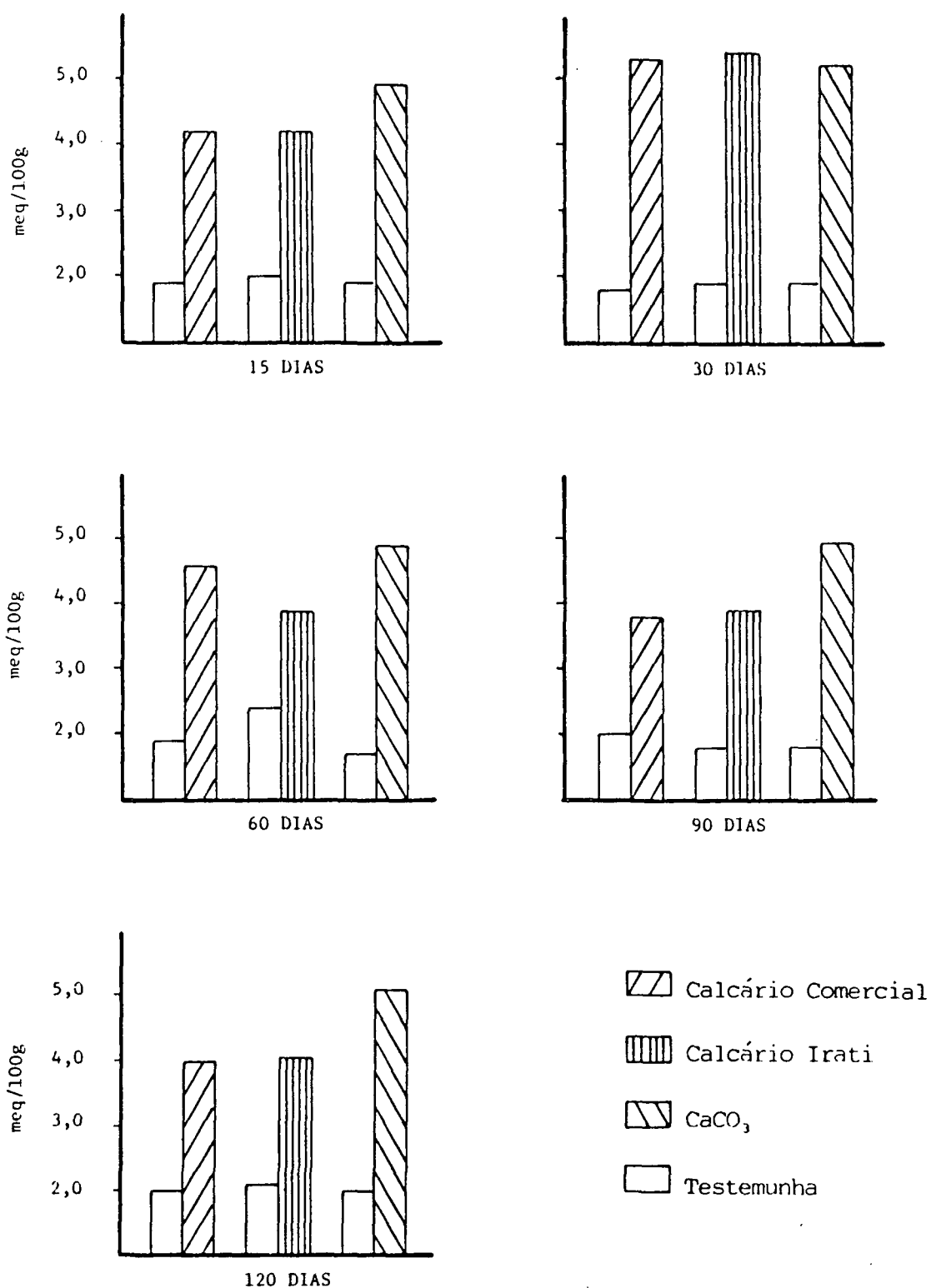


FIGURA 5: Efeito de três materiais corretivos nos teores de Cálcio trocável do solo 1 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

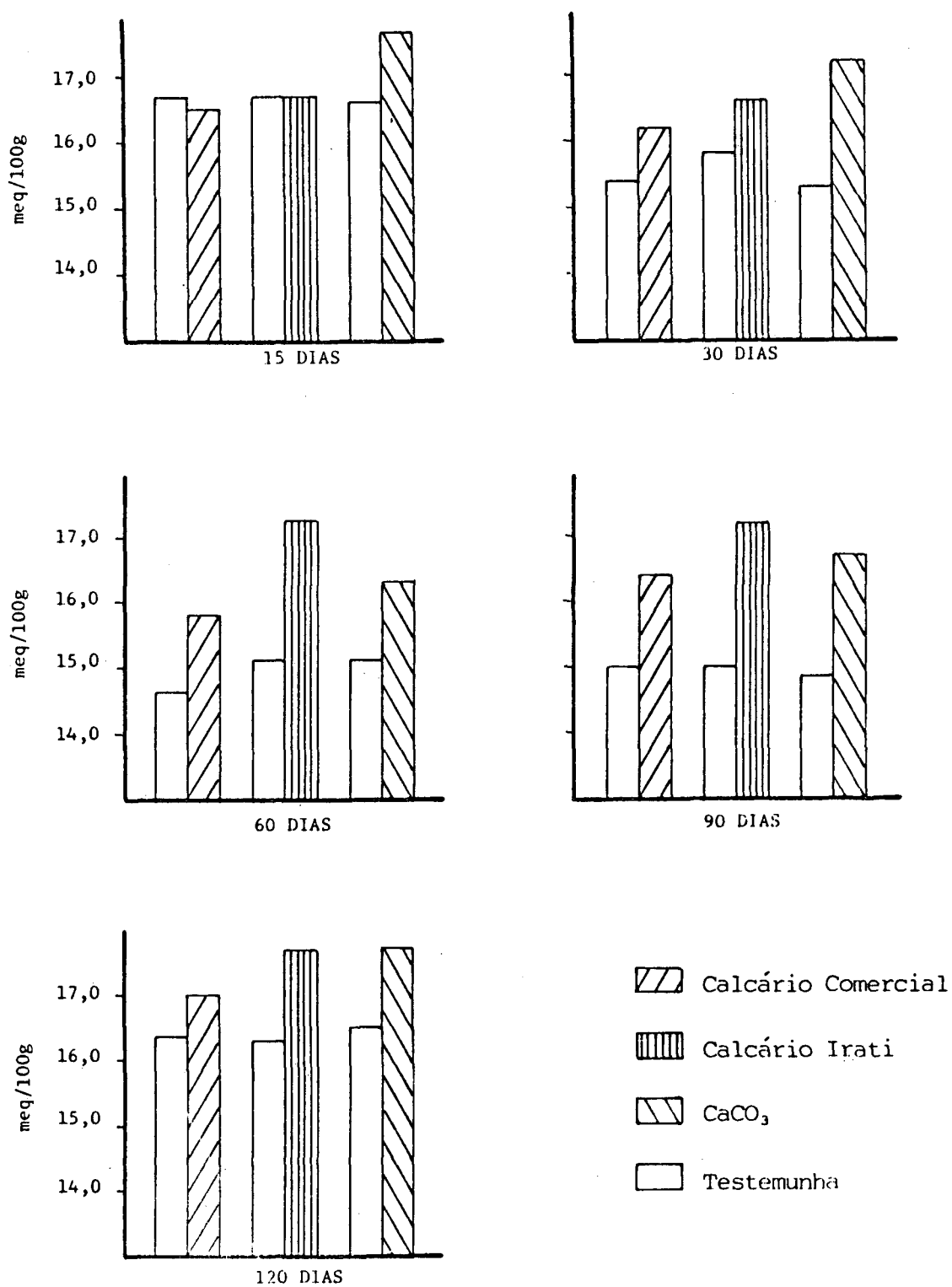


FIGURA 6: Efeito de três materiais corretivos na **Capacidade de Troca Catiônica** do solo 1 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

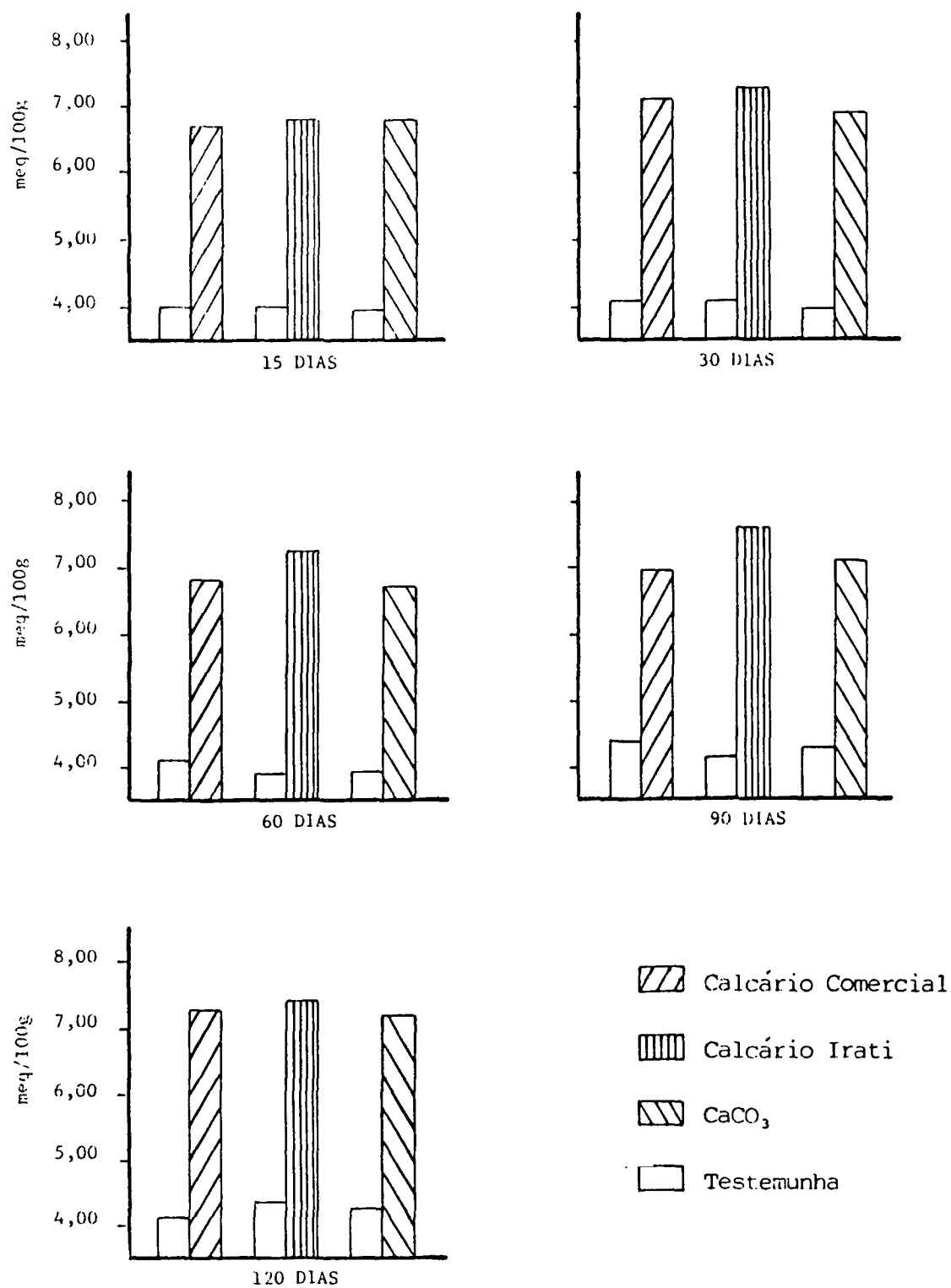


FIGURA 7: Efeito de três materiais corretivos na **Soma de Bases** do solo 1 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

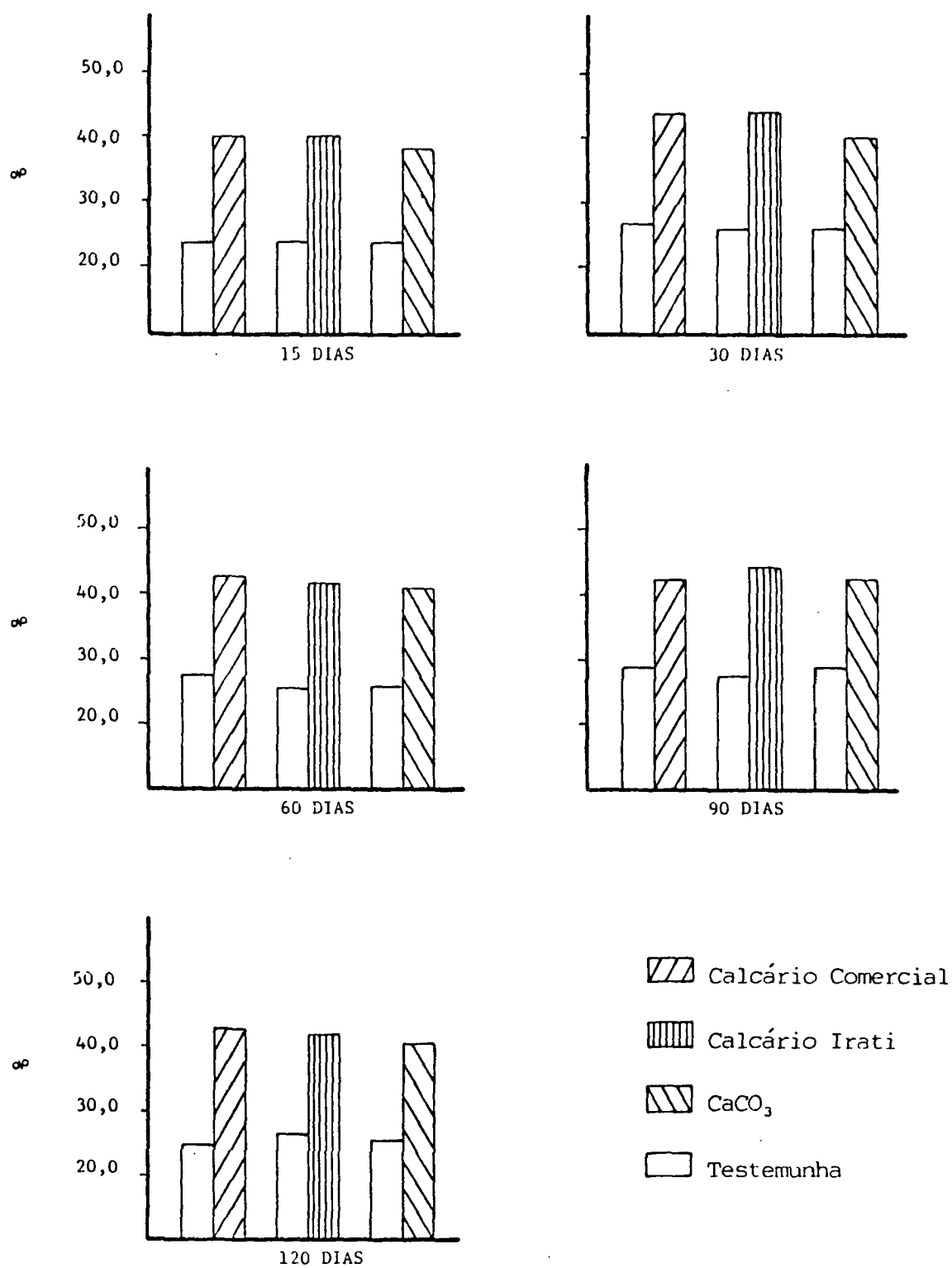


FIGURA 8: Efeito de três materiais corretivos na Saturação em Bases do solo 1 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

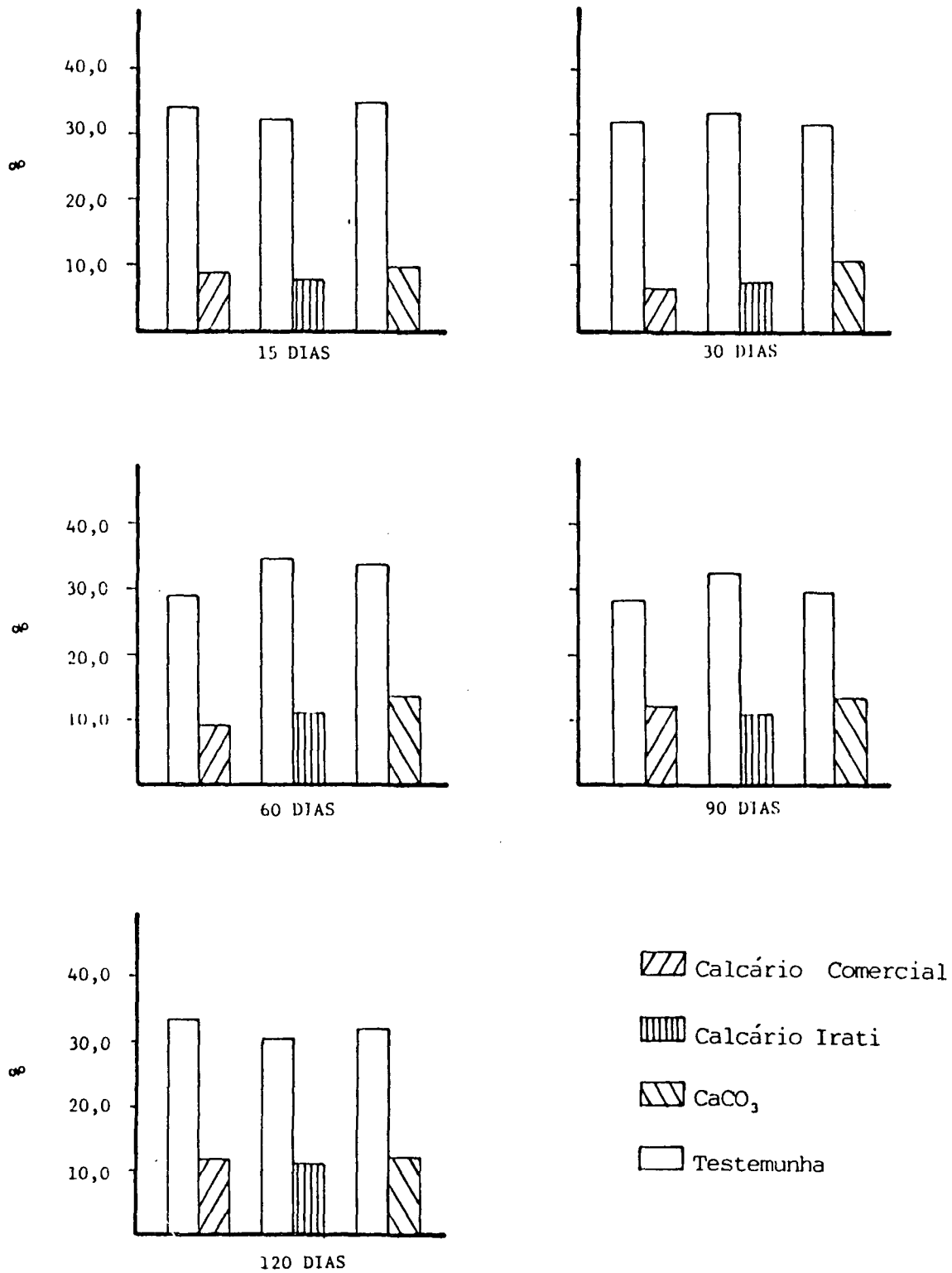


FIGURA 9: Efeito de três materiais corretivos na Saturação em Alumínio do solo 1 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

QUADRO 13: Efeito dos materiais corretivos e dos períodos de incubação nos variáveis Al; Ca + Mg e Mg do solo 1*

VARIAVEIS	TEMPOS INCUBAÇÃO	MATERIAIS			MÉDIAS
		Calcário Comercial	Calcário Irati	CaCO ₃	
Al meq/100g	1	0,68 abAB	0,60 a A	0,75 b A	0,68 A
	2	0,53 a A	0,58 a A	0,83 b A	0,65 A
	3	0,75 a B	0,95 b B	1,10 c B	0,93 B
	4	0,98 a C	0,95 a B	1,13 b B	1,02 B
	5	1,03 a C	1,00 a B	1,05 a B	1,03 B
	Média	0,79 a	0,82 a	0,97 b	
Ca + Mg meq/100g	1	6,20 a D	6,30 a C	6,30 a B	6,27 C
	2	6,60 b B	6,80 a B	6,40 c B	6,60 B
	3	6,40 b C	6,80 a B	6,30 b B	6,50 B
	4	6,50 b BC	7,15 a A	6,65 b A	6,77 A
	5	6,85 abA	6,98 a AB	6,78 b A	6,87 A
	Média	6,51 b	6,81 a	6,49 b	
Mg meq/100g	1	2,00 a B	2,10 a C	1,40 b B	1,83 C
	2	1,30 ab D	1,40 a D	1,20 b C	1,30 D
	3	1,80 b C	2,90 a B	1,40 c B	2,03 B
	4	2,70 b A	3,25 a A	1,70 c A	2,55 A
	5	2,85 a A	2,93 a B	1,65 b A	2,48 A
	Média	2,13 b	2,52 a	1,47 c	

* Os dados constituem a média de quatro repetições;

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

- Letras maiúsculas para comparação na vertical e minúsculas para comparação na horizontal

aos dois calcários. Aquelas tratadas com CaCO_3 , por sua vez, apresentaram teores considerados ALTOS nos três últimos períodos de incubação (OLEYNIK et al, 1989).

Os menores valores do elemento foram registrados nos dois primeiros tempos de incubação, constatando-se, em seguida, um aumento significativo, pelo teste TUKEY, nos demais períodos. Esse fato pode sugerir, segundo constatações feitas por BRAUNER e CATTANI (1967), a ocorrência de reações muito intensas entre os materiais corretivos e os componentes da acidez nos primeiros trinta dias de incubação. Posteriormente, as reações entrariam em declínio em função do consumo dos materiais aplicados, possibilitando ao solo uma nova condição de equilíbrio. Fica demonstrado, também, que as quantidades de material corretivo adicionadas ao solo não foram suficientes para neutralizar o alumínio trocável e para elevar a saturação de bases (Figura 8) ao nível desejado.

4.2.1.2 CALCIO + MAGNESIO

Como era esperado, a variação de nível, com e sem calagem, foi o principal fator responsável pelas alterações nos valores de $\text{Ca} + \text{Mg}$ para este solo (Anexo 3.2). Baseando-se pelos padrões de fertilidade, as quantidades adicionadas ao solo, dos três corretivos, foram suficientes para levá-lo de um nível inicialmente MEDIO (Quadro 4) para o nível considerado ALTO em todos os períodos de incubação (OLEYNIK et al, 1989; CFS, 1989).

Do ponto de vista estatístico, os maiores teores foram registrados, em geral, nos dois últimos períodos de incubação. As unidades experimentais que receberam o calcário Irati

apresentaram valores mais elevados da variável diferenciando-se significativamente daquelas que receberam o calcário comercial aos 30, 60 e 90 dias de incubação (Quadro 13). Entretanto observa-se que não há diferença entre os 2 materiais. Em virtude da grande homogeneidade dos dados, pequenas diferenças foram consideradas estatisticamente significativas pelo teste de Tukey.

4.2.1.3 MAGNESIO

Não obstante este solo conter teores originalmente ALTOS (Quadro 4) em Mg (OLEYNIK et al, 1989; CFS, 1989), os calcários Irati e comercial proporcionaram ao solo um enriquecimento neste nutriente. Tal fato, como era esperado, não foi verificado nas unidades experimentais que receberam CaCO_3 , cujos valores de Mg foram semelhantes aos registrados nas testemunhas (Anexo 3.6). A quase ausência do elemento na composição deste material (Quadro 8) justifica plenamente o observado.

Pela análise do Quadro 13, verifica-se que os maiores valores do nutriente foram obtidos nos dois últimos períodos de incubação e os menores aos 30 dias. Os dois calcários apresentaram valores estatisticamente iguais aos 15, 30 e 120 dias, sendo o Irati superior nos dois outros períodos. O resultado da análise de variância consta no Anexo 3.3.

4.2.1.4 FOSFORO

Pelo exame da análise da variância, Anexo 3.4, percebe-se que, para as condições do experimento, o tempo de incubação foi o principal fator responsável pelas variações nos valores de P extraível. Houve uma clara tendência, estatisticamente

significativa, de queda nos teores com o aumento dos tempos de incubação. Este fato também pode ser verificado no trabalho de incubação realizado por FAGERIA (1984), onde, para diferentes dosagens de calcário, os valores de P disponível obtidos no primeiro tempo de incubação foram sempre maiores em relação àqueles obtidos no último período.

Pelas médias presentes no Quadro 14, os maiores valores foram registrados aos 15 e 30 dias de incubação e os menores aos 90 e 120 dias. Excessão ao primeiro período de incubação, não foram detectadas diferenças significativas entre os materiais corretivos.

4.2.1.5 POTASSIO

Da mesma maneira que para o P, o tempo de incubação apresentou-se como o fator principal pelas variações nos valores de Potássio neste solo (Anexo 3.5).

Embora diferenças estatisticamente significativas tenham sido registradas, principalmente ao longo dos períodos de incubação, estas devem ser analisadas com cuidado. Devido a grande homogeneidade dos dados, proporcionando um reduzido valor para o erro experimental médio, pequenas variações foram consideradas estatisticamente significativas. Considerando-se o aspecto fertilidade, os valores obtidos ao longo dos cinco períodos de incubação para os dois níveis de calagem, Quadro 14 e Anexo 3.6, são considerados ALTOS (OLEYNIK et al, 1989; CFS, 1989).

De qualquer maneira pode-se afirmar que não houve diferenças entre os materiais. Embora o calcário Irati contenha

QUADRO 14: Efeito dos materiais corretivos e dos períodos de incubação no variáveis P disponível e K trocável do solo 1*.

VARIÁVEIS	TEMPOS INCUBAÇÃO	MATERIAIS			MÉDIAS
		Calcário Comercial	Calcário Irati	CaCO ₃	
P ppm	1	4,25 abA	5,00 a A	4,00 b A	4,42 A
	2	4,00 a A	4,75 a AB	4,50 a A	4,42 A
	3	3,50 a A	4,00 a B	3,75 a A	3,75 B
	4	2,50 a B	3,00 a C	2,50 a B	2,67 C
	5	2,25 a B	2,50 a C	2,50 a B	2,42 C
	Média	3,30 b	3,85 a	2,45 b	
K meq/100g	1	0,49 a A	0,49 a A	0,49 a A	0,49 A
	2	0,51 a A	0,50 a A	0,50 a A	0,50 A
	3	0,43 b C	0,45 a BC	0,43 b C	0,44 C
	4	0,46 a B	0,46 a B	0,45 a B	0,46 B
	5	0,45 a B	0,44 a C	0,44 a BC	0,44 C
	Média	0,47 a	0,47 a	0,46 b	

* - Os dados constituem a média de quatro repetições;

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

- Letras maiúsculas para comparação na vertical e minúsculas para comparação na horizontal.

quantidades superiores do elemento em relação aos dois outros materiais corretivos (Quadro 8), os 120 dias de incubação não foram suficientes para proporcionar a sua disponibilidade ao solo. Baseando-se nas considerações feitas por CHATER e WILLIAMS (1974) e SUGUIO et al (1975) isto pode ser justificado pelo fato deste elemento estar ligado preferencialmente aos insolúveis argilosos dos calcários, não estando, portanto, livre na solução do solo.

4.2.2 SOLO 2

No Anexo 2.2 são apresentados resultados do teste de Bartlett e do coeficiente de variação dos tratamentos de cada variável. Em virtude da não homogeneidade das variâncias, as variáveis pH, Al, K, CTC, Valor S e Valor m não foram submetidos a interpretação estatística. Da mesma forma que para o solo 1, as tendências observadas dentro e ao longo dos períodos de incubação são apresentadas na forma gráfica, Figuras de 10 a 15. O resultado da análise da variância e dos valores médios obtidos no nível zero (testemunhas) das demais variáveis constam no Anexo 4.

4.2.2.1 ACIDEZ POTENCIAL

Em virtude das reações de neutralização ocorridas após o emprego dos materiais corretivos, houve uma redução estatisticamente significativa nos níveis de $H^+ + Al$ (Acidez potencial) no solo (Anexo 4.1).

As unidades experimentais que receberam calcário Irati apresentaram valores significativamente inferiores ao calcário

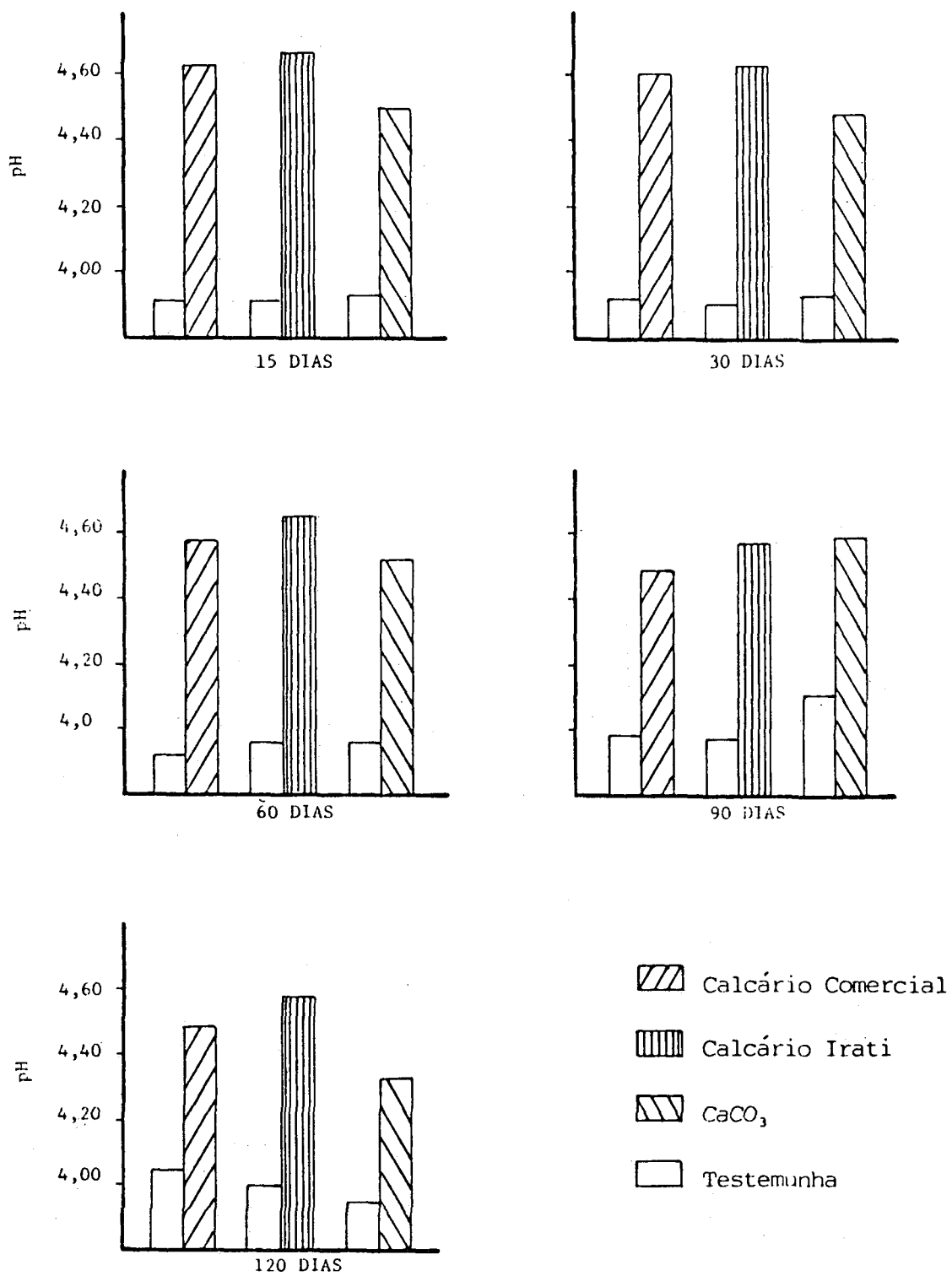


FIGURA 10: Efeito de três materiais corretivos na variação do pH do solo 2 aos 15; 30; 60; 90 e 120 dias de incubação.

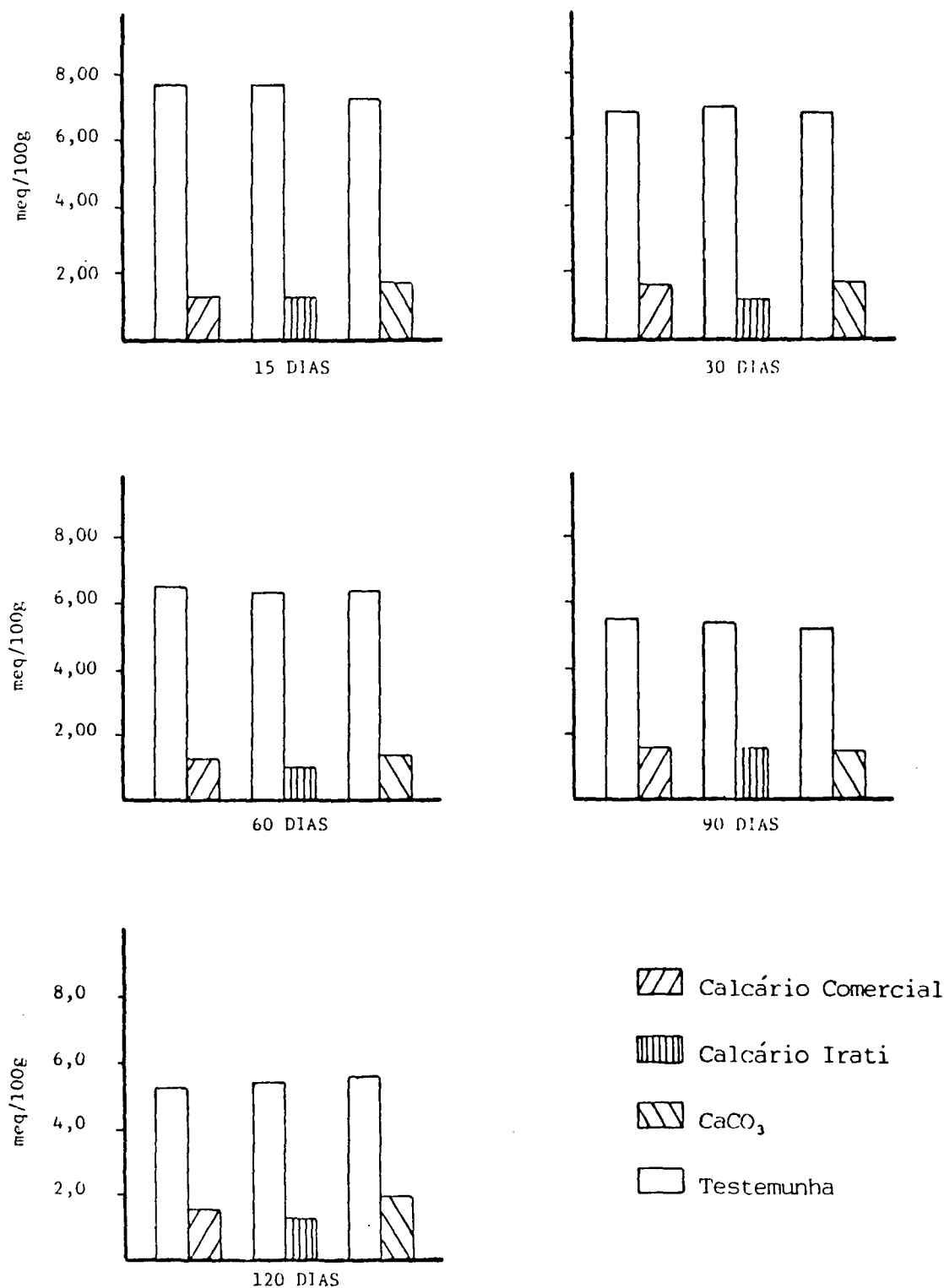


FIGURA 11: Efeito de três materiais corretivos no Alumínio trocável do solo 2 aos 15; 30; 60; 90 e 120 dias de incubação.

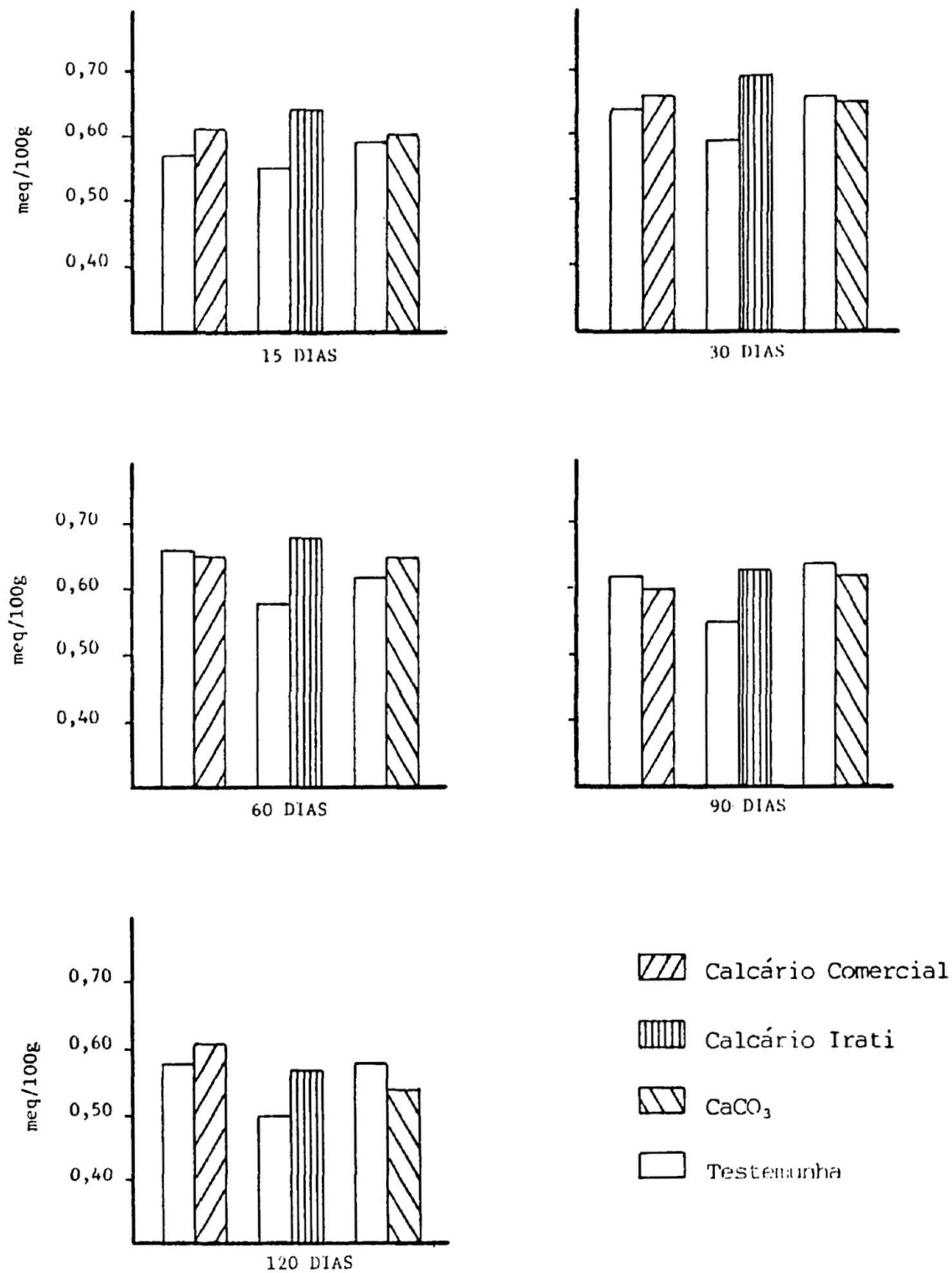


FIGURA 12: Efeito de três materiais corretivos nos teores de Potássio trocável do solo 2 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

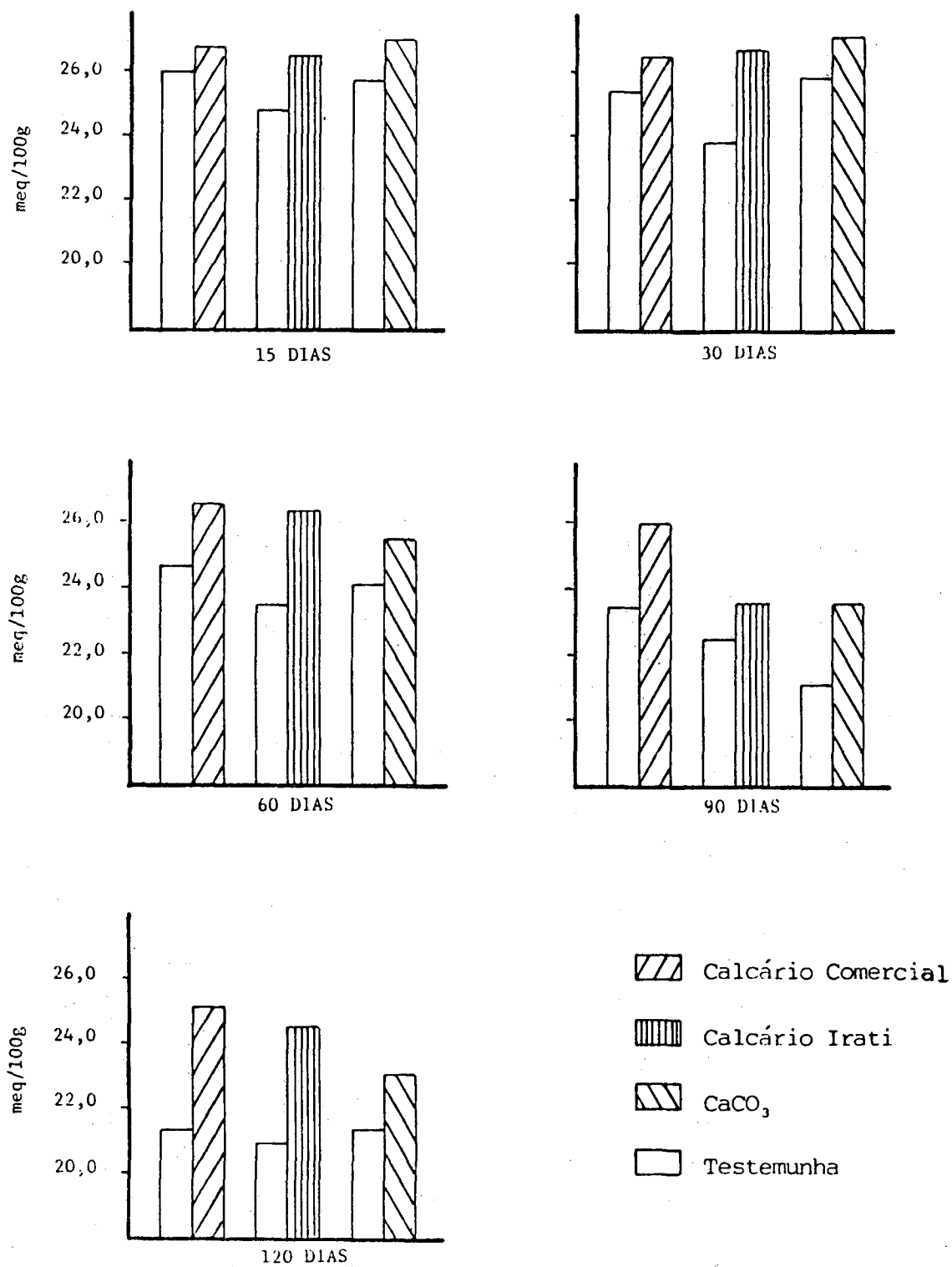


FIGURA 13: Efeito de três materiais corretivos nos valores da **Capacidade de Troca Catiônica** do solo 2 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

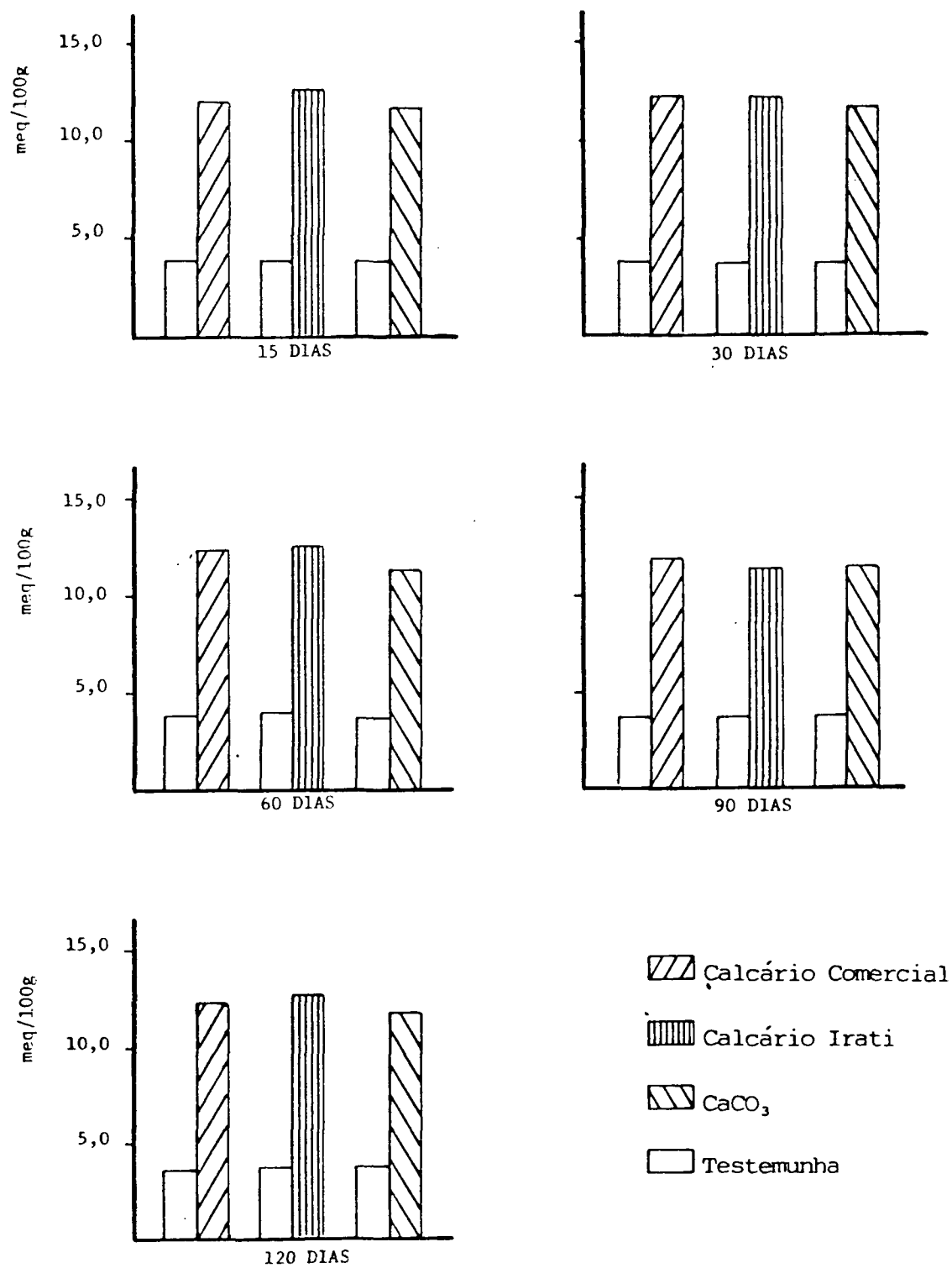


FIGURA 14: Efeito de três materiais corretivos na Soma de Bases do solo 2 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

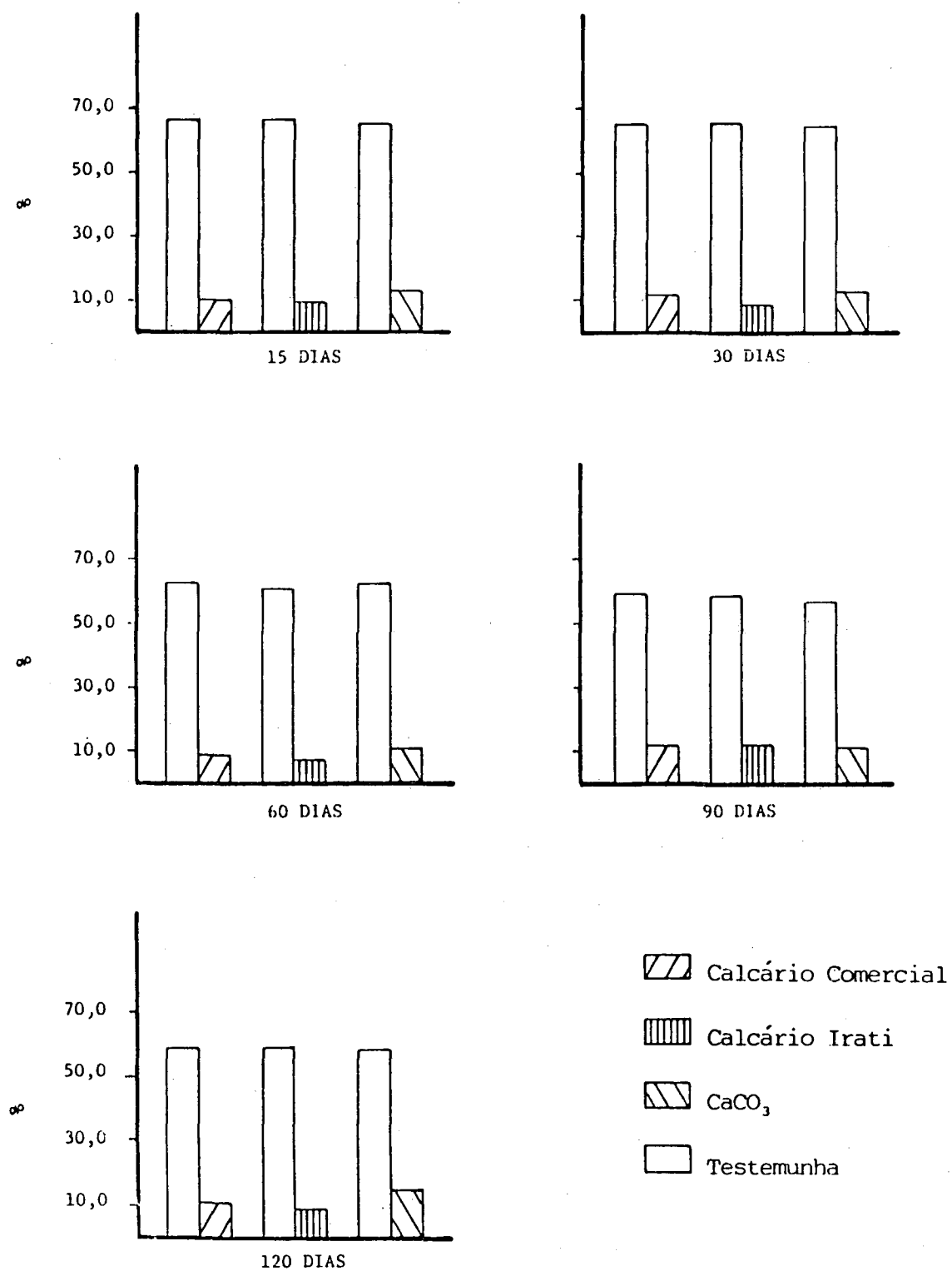


FIGURA 15: Efeito de três materiais corretivos na Saturação em Alumínio do solo 2 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

comercial aos 15, 90 e 120 dias de incubação. Apenas aos 60 dias os três corretivos demonstraram um mesmo comportamento (Quadro 15). No entanto, tais diferenças devem ser, também, observadas com cuidado. Em virtude da grande homogeneidade dos dados, o teste de significancia acusou como significativas diferenças inferiores a 1 meq/100 g de H⁺ Al.

4.2.2.2 CALCIO + MAGNESIO

Da mesma maneira que para o solo 1, a variação de nível foi o principal fator responsável pelas alterações nos valores de Ca + Mg para este solo (Anexo 4.2). As quantidades adicionadas ao solo dos três materiais corretivos, foram suficientes para elevá-lo de um nível inicialmente MÉDIO (Quadro 4) para o nível considerado ALTO em Ca + Mg, de acordo com OLEYNIK et al (1989) e CFS (1989).

Do ponto de vista estatístico, os maiores teores da variável foram registrados, em geral, aos 120 dias de incubação, sendo o calcário Irati superior ao comercial aos 15 e 120 dias e inferior aos 90 dias (Quadro 15). Conforme já observado, pode-se afirmar que não ocorrem diferenças entre os materiais e entre os períodos de incubação. Devido a grande homogeneidade dos dados, pequenas variações foram acusadas como estatisticamente significativas pelo teste de Tukey.

4.2.2.3 CALCIO

O emprego dos materiais corretivos proporcionou um aumento significativo nos teores de cálcio para este solo (Anexo 4.3), os quais passaram de um nível originalmente considerado BAIXO (Quadro 4) para o nível ALTO nas unidade experimentais

QUADRO 15: Efeito dos materiais corretivos e dos períodos de incubação nas variáveis: Acidez potencial, Ca+Mg e Ca trocáveis do solo 2*

VARIÁVEIS	TEMPOS	MATERIAIS			MÉDIAS
		Calcário Comercial	Calcário Irati	CaCO ₃	
H + Al meq/100g	1	14,75 b B	13,90 a B	15,35 b D	14,67 C
	2	14,28 a B	14,50 a B	15,38 b D	14,72 C
	3	14,13 a B	13,80 a B	14,15 a C	14,03 B
	4	14,10 b B	12,25 a A	12,05 a A	12,80 A
	5	12,90 b A	11,83 a A	13,23 b B	12,65 A
	Média	14,03 b	13,26 a	14,03 b	
Ca+Mg meq/100g	1	11,40 b BC	11,95 a A	11,10 c AB	11,48 B
	2	11,60 a ABC	11,55 a B	11,10 b AB	11,42 B
	3	11,80 a A	11,90 a A	10,73 b C	11,48 B
	4	11,30 a C	10,75 b C	10,90 b BC	10,98 C
	5	11,73 b AB	12,23 a A	11,33 c A	11,76 A
	Média	11,57 a	11,68 a	11,03 b	
Ca meq/100g	1	8,40 b B	8,40 b A	9,60 a A	8,80 A
	2	8,60 b B	6,83 c B	9,65 a A	8,36 B
	3	9,60 a A	7,00 b B	9,50 a AB	8,70 A
	4	6,90 b C	6,48 c C	9,35 a B	7,58 C
	5	6,40 c D	7,05 b B	9,60 a A	7,68 C
	Média	7,98 b	7,15 c	9,54 a	

* - Os dados constituem a média de quatro repetições;

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

- Letras maiúsculas para comparação na vertical e minúsculas para comparação na horizontal

submetidas a calagem (OLEYNIK et al, 1989; CFS, 1989).

Pela visualização dos valores contidos no Quadro 15, verifica-se que os teores mais elevados foram registrados nas unidades que receberam CaCO_3 . Este fato era esperado em função da maior quantidade existente do elemento neste material, cerca de 55% (Quadro 8). Em relação aos dois outros corretivos, de modo geral, os maiores valores de cálcio foram proporcionados pelo calcário comercial, não obstante os dados obtidos serem muito homogêneos.

4.2.2.4 MAGNESIO

Conforme observado no Anexo 4.4, houve diferença estatisticamente significativa nos valores de Mg em função das diferenças de nível (ausência e presença de calagem).

Da mesma maneira que o observado para o solo 1, o calcário Irati proporcionou teores mais elevados do elemento em comparação ao calcário comercial. Ambos foram estatisticamente iguais, neste solo, apenas nos dois últimos períodos de incubação (Quadro 16). As unidades que receberam o CaCO_3 apresentaram, igualmente, os teores mais baixos do elemento, sempre diferindo dos outros dois materiais pelo teste de TUKEY.

Este solo que originalmente continha teor considerado MEDIO (Quadro 4) de Mg, (CFS, 1989), passou a apresentar, tanto nas testemunhas (Anexo 4.7) como nas unidades submetidas à calagem, valores considerados ALTO.

4.2.2.5 FÓSFORO

Apesar da maior concentração de P no calcário Irati, (Quadro 8) não houve diferença entre os materiais corretivos

QUADRO 16: Efeito dos materiais corretivos e dos períodos de incubação nas variáveis Mg trocável; P disponível e Saturação em Bases do solo 2*

VARIÁVEIS	TEMPOS	MATERIAIS			MÉDIAS	
		Calcário Comercial	Calcário Irati	CaCO ₃		
Mg meq/100g	1	3,00 b C	3,55 a D	1,50 c B	2,68	D
	2	3,00 b C	4,73 a B	1,45 c B	3,06	C
	3	2,20 b D	4,90 a B	1,23 c C	2,78	D
	4	4,40 a B	4,28 a C	1,55 b B	3,41	B
	5	5,33 a A	5,18 a A	1,73 b A	4,08	A
	Média	3,59 b	4,53 a	1,49 c		
P ppm	1	5,00 a A	5,00 a A	5,00 a A	5,00	A
	2	5,00 b A	5,75 a A	5,25 abA	5,33	A
	3	3,00 a B	3,25 a B	2,75 a B	3,00	B
	4	2,75 a B	3,00 a B	3,00 a B	2,92	B
	5	2,25 a B	2,75 a B	2,25 a B	2,42	C
	Média	3,60 b	3,95 a	3,65 ab		
V %	1	44,88 b C	47,53 a B	43,26 c D	45,22	D
	2	46,20 a B	45,77 a C	43,32 b CD	45,10	D
	3	46,85 a B	47,69 a B	44,56 b C	46,37	C
	4	45,77 b BC	48,14 a B	48,86 a A	47,59	B
	5	48,87 b A	51,97 a A	47,30 c B	49,38	A
	Média	46,51 b	48,22 a	45,46 c		

* - Os dados constituem a média de quatro repetições;

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

- Letras maiúsculas para comparação na vertical e minúsculas para comparação na horizontal.

exceção aos 30 dias de incubação (Quadro 16). As mesmas ponderações feitas para o solo 1 em relação ao fósforo podem ser aqui consideradas. Houve um decréscimo estatisticamente significativo nos teores de P disponível com o aumento dos tempos de incubação, constituindo-se este fator como o principal responsável pelas alterações nos conteúdos do elemento no solo (Anexo 4.5). Esta tendência também foi observada nas testemunhas (Anexo 4.7).

Da mesma maneira, neste solo os teores médios de P disponível em todos os períodos de incubação são classificados como BAIXO (OLEYNIK et al, 1989). Em relação a CFS (1989) este solo passou do nível MEDIO para aquele considerado BAIXO com o aumento dos períodos de incubação.

4.2.2.6 SATURAÇÃO EM BASES (VALOR V).

Não obstante nenhum dos materiais ter atingido a saturação em bases de 70 % desejada, a diferença de nível, ausência e presença de materiais corretivos, foi o principal fator responsável pelas variações nos valores de V % para este solo (Anexo 4.8).

Sob o ponto de vista estatístico, em geral, os maiores valores de V % foram registrados no último período de incubação e os menores aos 15 dias (Quadro 16). Calcário Irati e Calcário Comercial foram estatisticamente iguais aos 30 e 60 dias, tendo sido aquele corretivo superior a este nos três outros períodos de incubação. Estas diferenças, no entanto, devem ser analisadas novamente, com cuidado. A grande homogeneidade dos valores entre as repetições, proporcionou quando da aplicação do teste de

Tukey, significância para diferenças pouco expressivas.

4.2.3 SOLO 3

Em função das considerações já apresentadas para os solos 1 e 2, as variáveis pH, Acidez Potencial, Capacidade de Troca Catiônica, Soma de Bases, Saturação em Bases e Saturação em Alumínio, não foram submetidas à interpretação estatística. As tendências observadas para estas variáveis ao longo dos períodos de incubação são mostradas nas Figuras de 16 a 21.

Os resultados do teste de Bartlett e do coeficiente de variação dos tratamentos constam no Anexo 2.3. A análise da variância e os valores médios obtidos nas testemunhas (nível zero) das variáveis cujo teste revelou homogeneidade das constam no Anexo 5.

4.2.3.1 ALUMÍNIO

Este foi o único solo onde a quantidade aplicada dos 3 corretivos foi suficiente para elevar o pH e neutralizar completamente o Al trocável já no primeiro período de incubação. No entanto, verificou-se o aparecimento do elemento com o aumento do tempo de incubação. Aos 120 dias, juntamente com a redução nos valores do pH, Figura 16, o elemento volta a aparecer no solo. Tal fato, embora estatisticamente não significativo para as unidades experimentais que receberam os dois calcários, o foi para aquelas submetidas ao CaCO_3 (Quadro 17). Fato semelhante foi também observado por BLOISE et al (1977) em trabalho de incubação. Os autores verificaram que a dosagem equivalente a Alx_2 neutralizou o elemento já no segundo dia de incubação. No

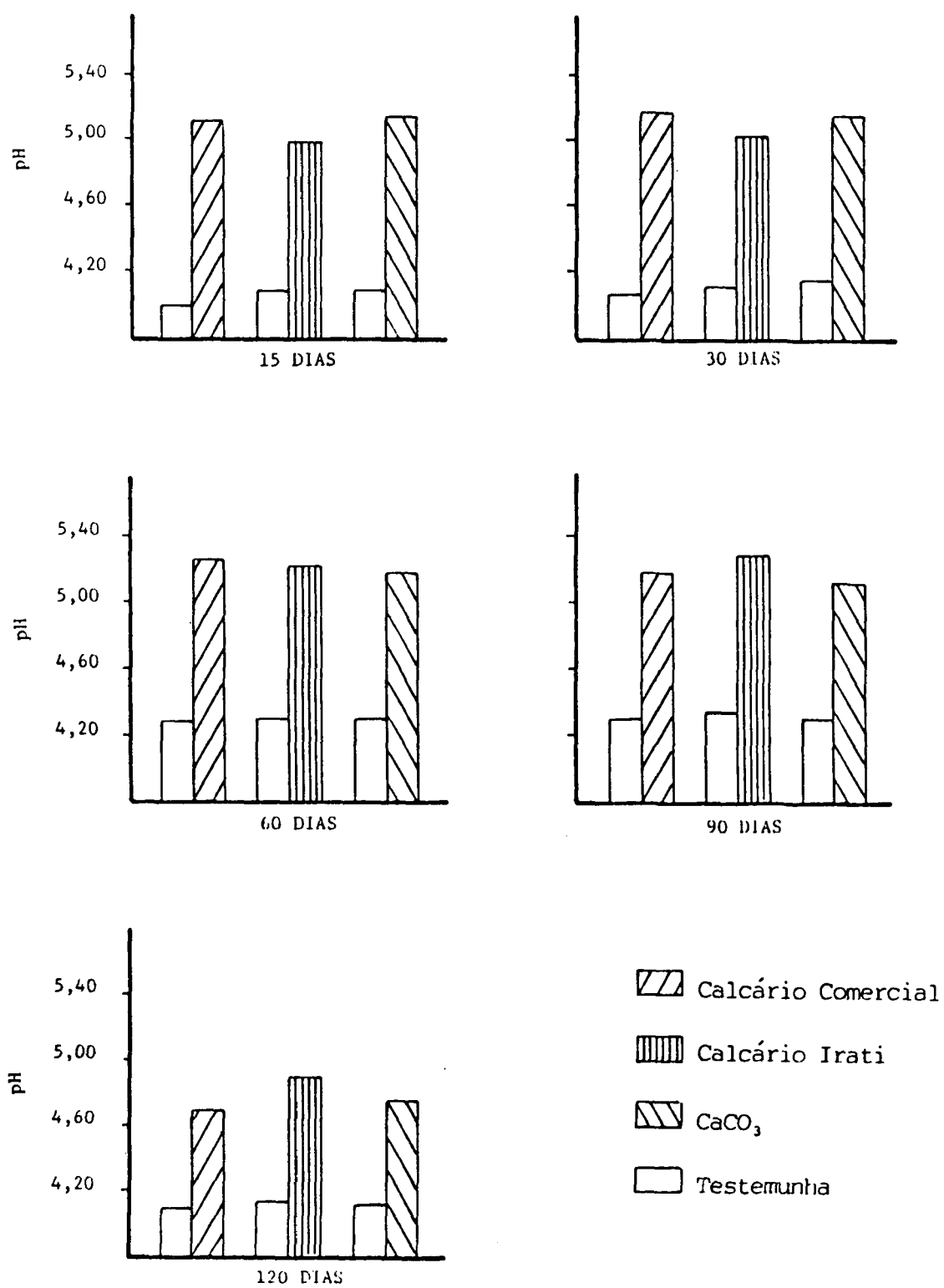


FIGURA 16: Efeito de três materiais corretivos na variação do pH do solo 3 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

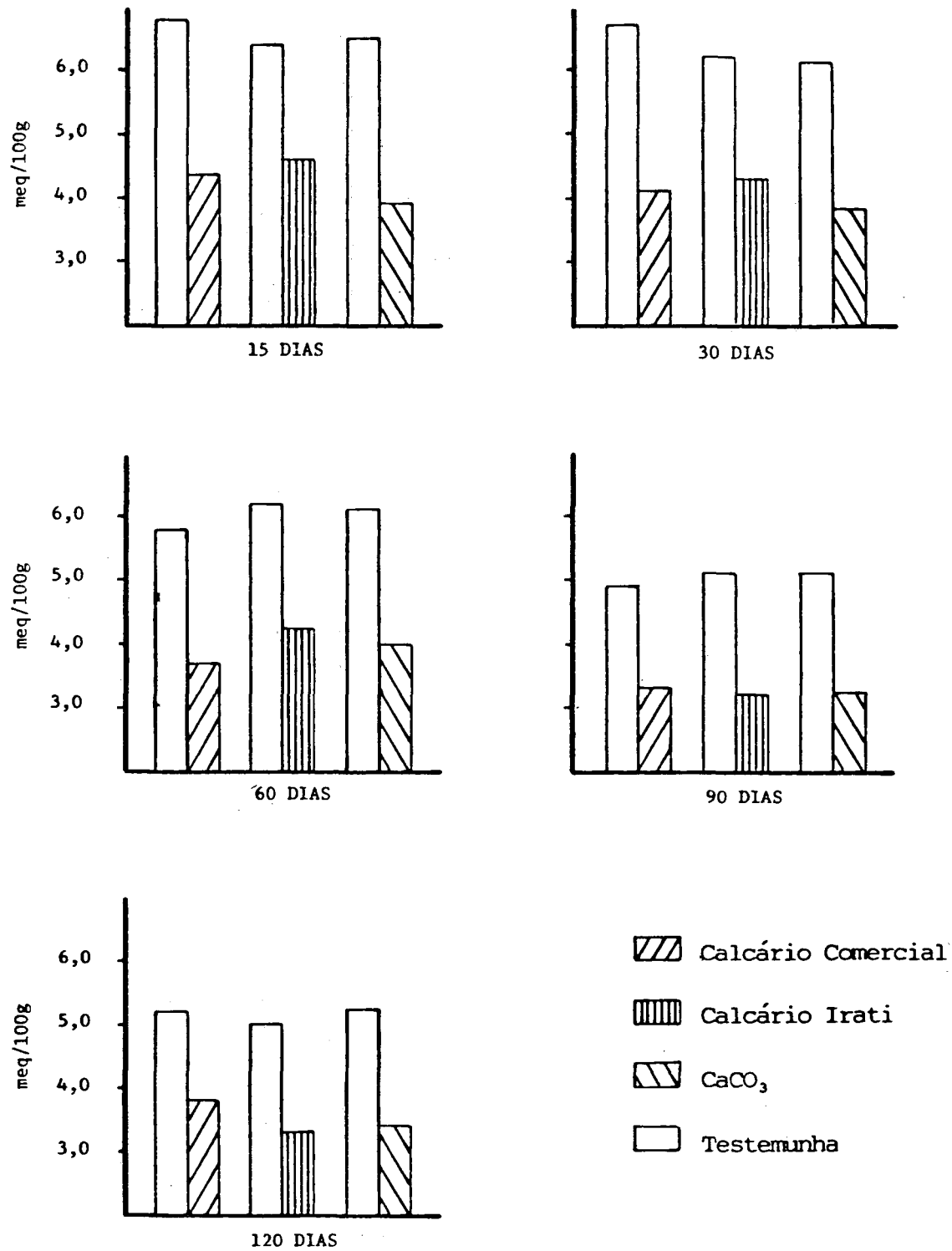


FIGURA 17: Efeito de três materiais corretivos na Acidez Potencial (H+Al) do solo 3 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

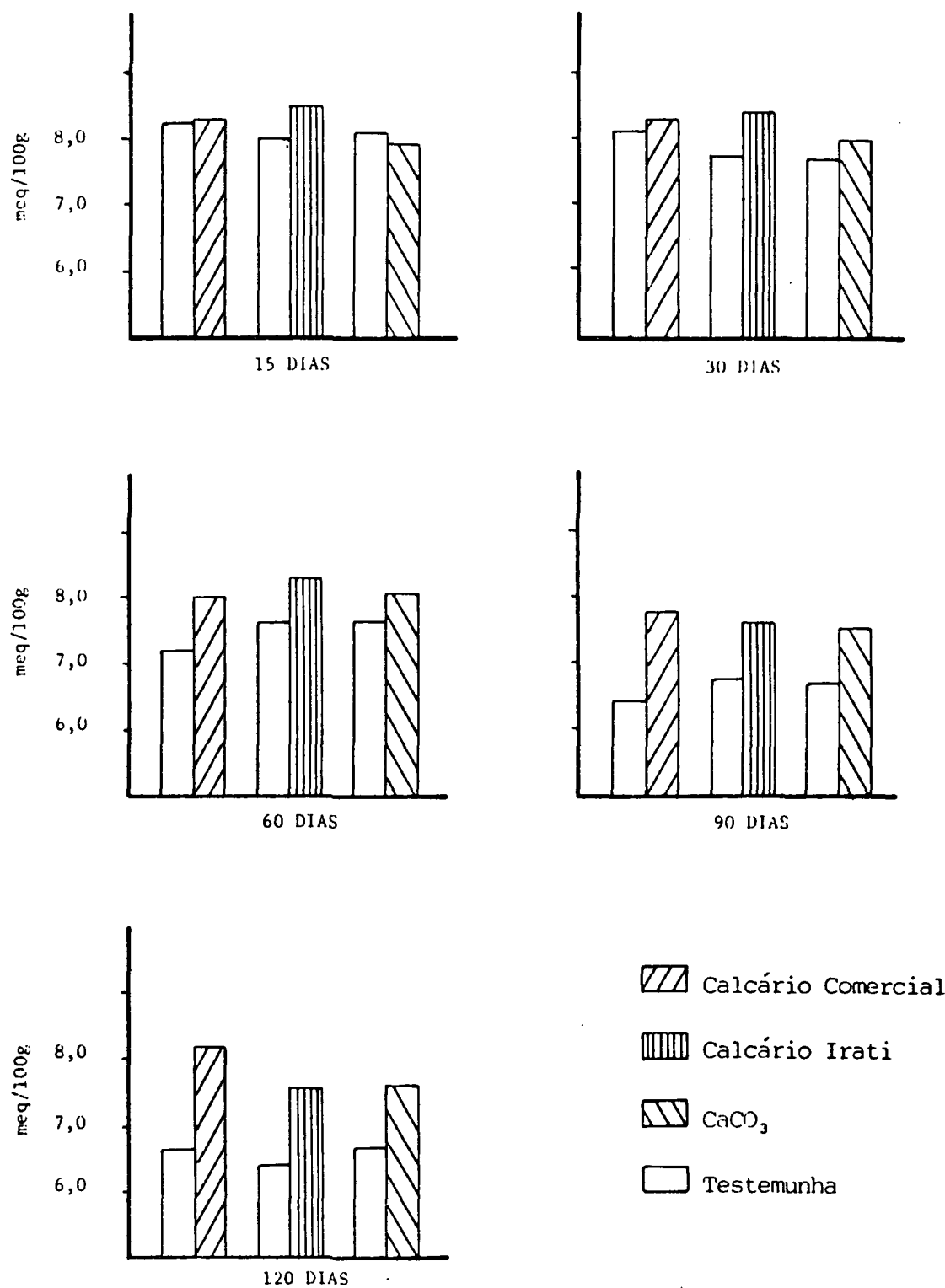


FIGURA 18: Efeito de três materiais corretivos na Capacidade de Troca Catiônica do solo 3 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

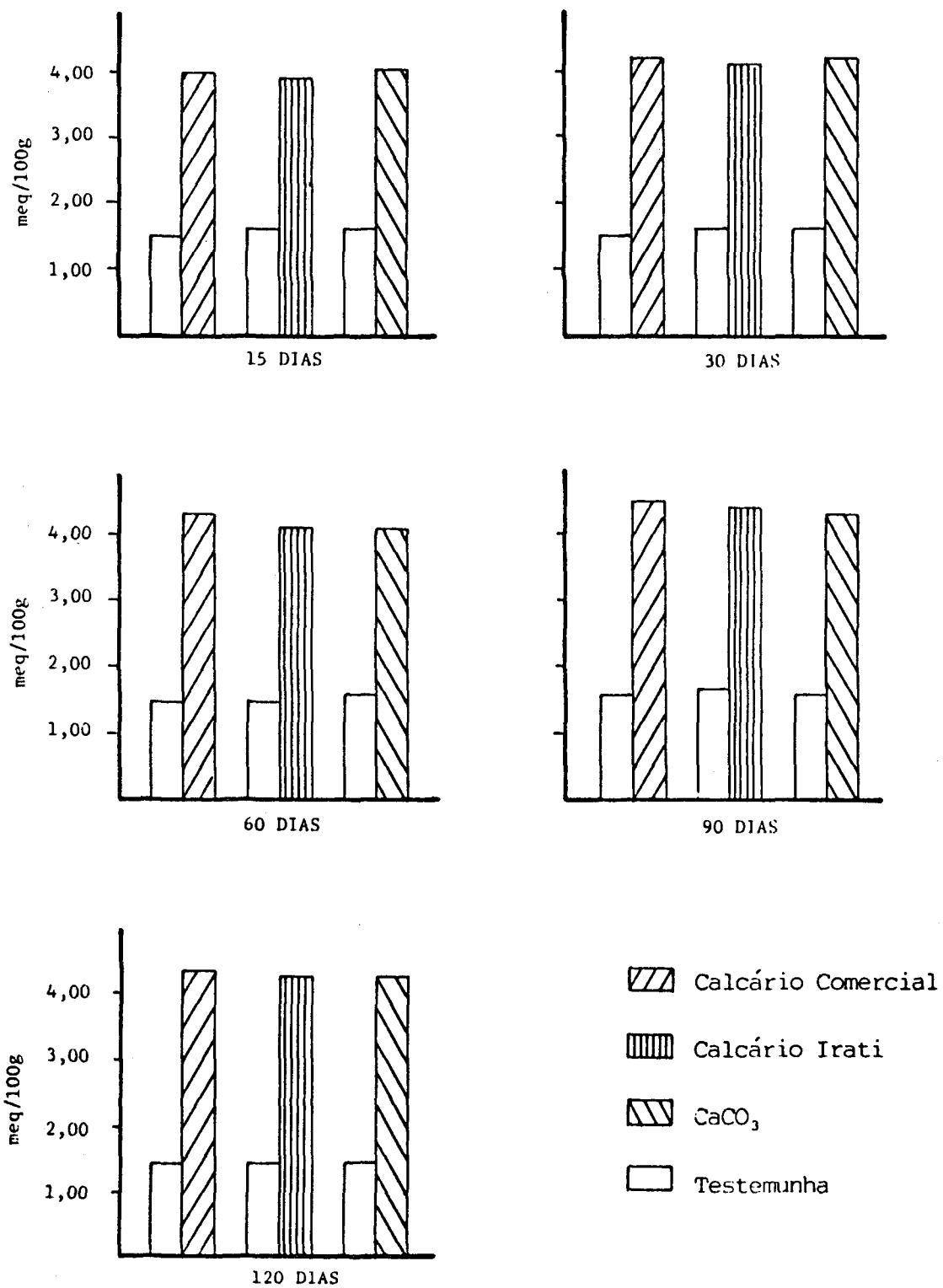


FIGURA 19: Efeito de três materiais corretivos na Soma de base do solo 3 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

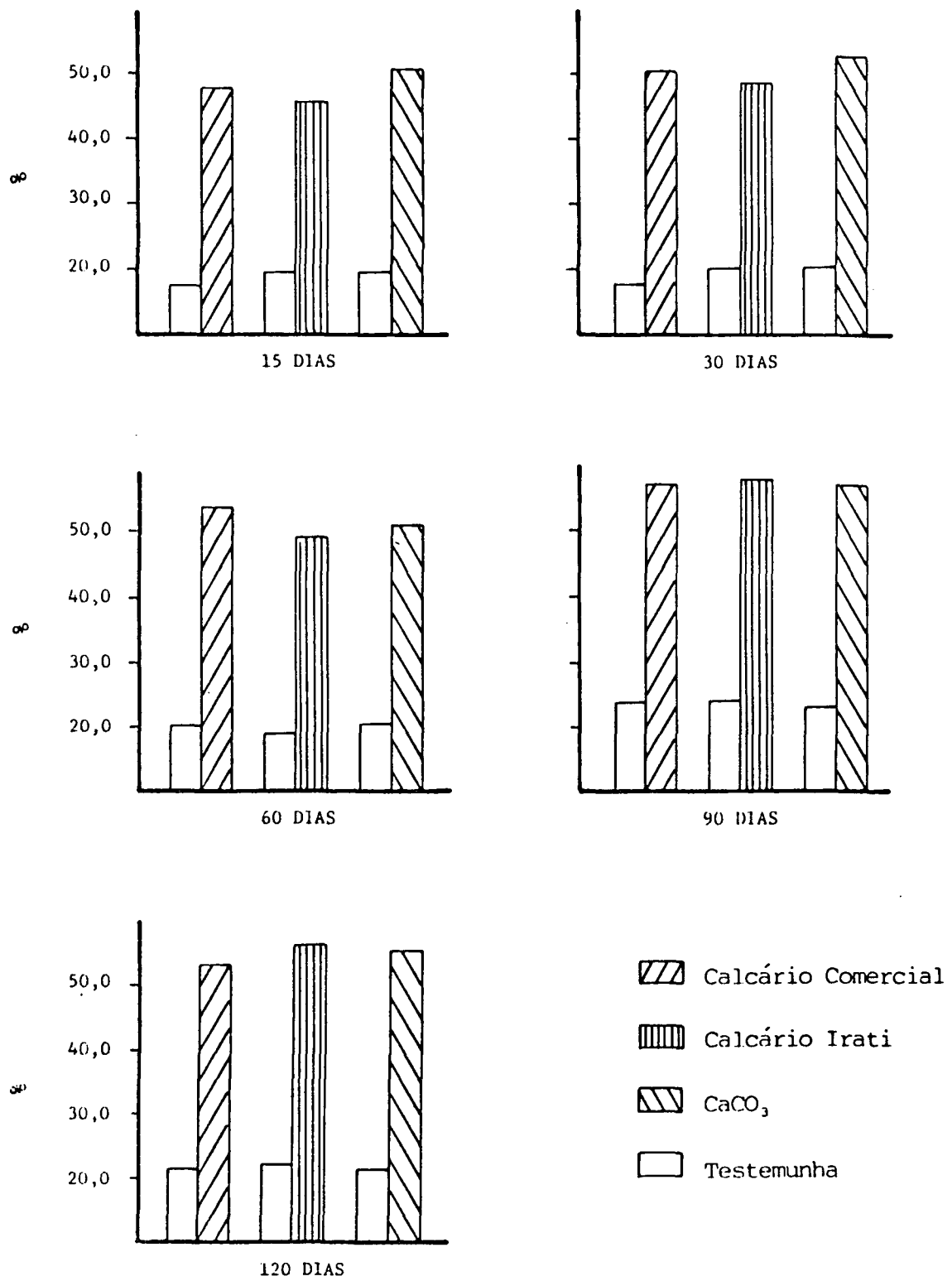


FIGURA 20: Efeito de três materiais corretivos na Saturação em Bases do solo 3 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

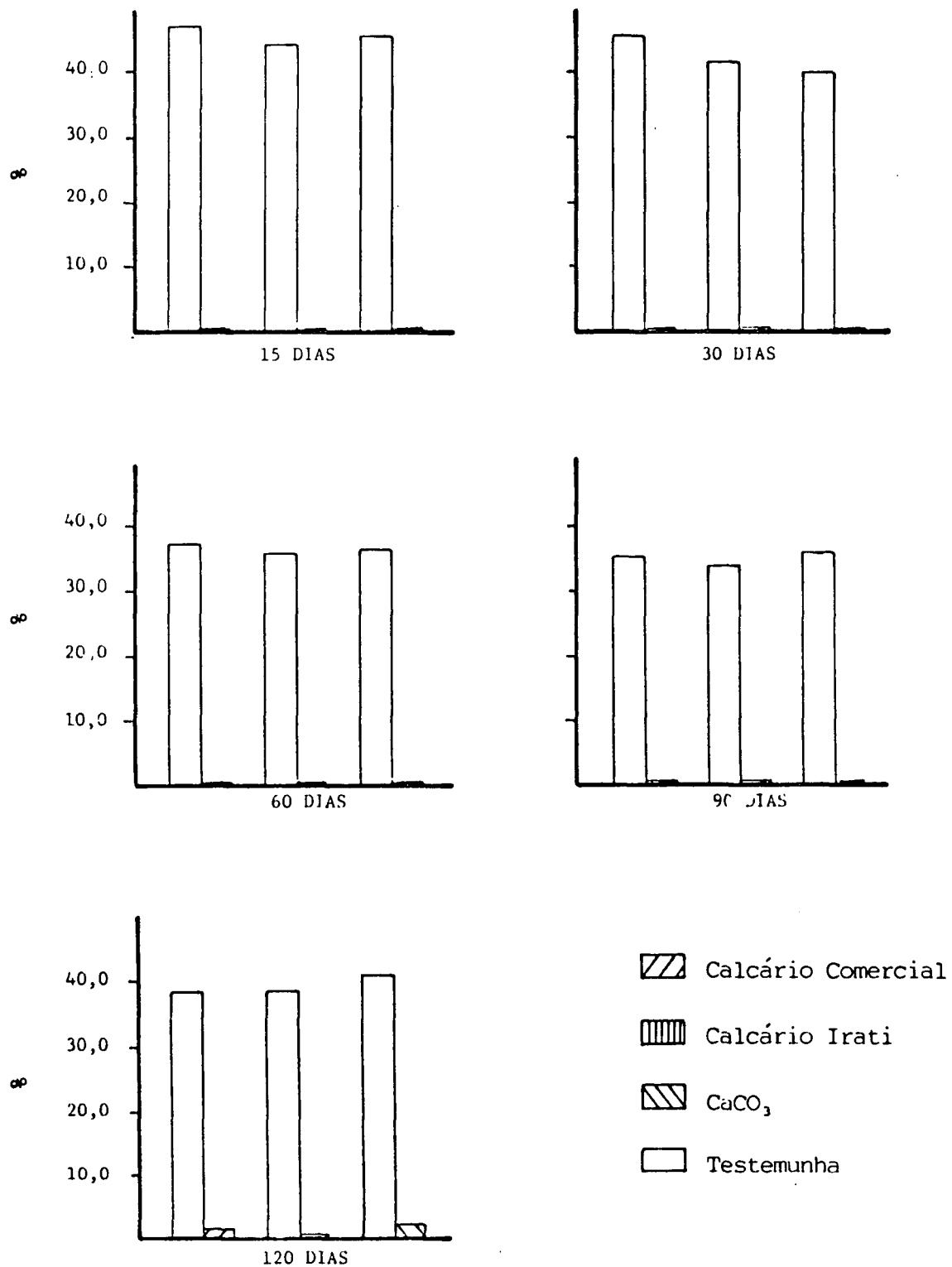


FIGURA 21: Efeito de três materiais corretivos na Saturação em Alumínio do solo 3 aos 15;30;60;90 e 120 dias de incubação.

QUADRO 17: Efeito dos materiais corretivos e dos períodos de incubação nas variáveis Al; Ca+Mg e Ca trocáveis do solo 3*

VARIÁVEIS	TEMPOS INCUBAÇÃO	MATERIAIS			MÉDIAS	
		Calcário Comercial	Calcário Irati	CaCO ₃		
Al meq/100g	1	0,00 a A	0,00 a A	0,00 a A	0,00 A	
	2	0,00 a A	0,00 a A	0,00 a A	0,00 A	
	3	0,00 a A	0,00 a A	0,00 a A	0,00 A	
	4	0,03 a A	0,00 a A	0,00 a A	0,01 A	
	5	0,08 a A	0,03 a A	0,10 a B	0,07 B	
	Média	0,02 a	0,006a	0,02 a		
Ca+Mg meq/100g	1	3,80 a E	3,70 b D	3,83 a D	3,78 D	
	2	4,00 a D	3,90 b C	4,00 a B	3,97 C	
	3	4,13 a C	3,90 b C	3,90 b C	3,98 C	
	4	4,30 a A	4,23 b A	4,13 c A	4,22 A	
	5	4,20 a B	4,10 b B	4,10 b A	4,13 B	
	Média	4,09 a	3,97 b	3,99 b		
Ca meq/100g	1	1,90 b D	1,90 b D	3,20 a D	2,33 C	
	2	2,40 c C	2,50 b B	3,20 a D	2,70 B	
	3	2,40 b C	2,40 b C	3,40 a B	2,73 B	
	4	2,50 b B	2,43 c C	3,28 a C	2,74 B	
	5	3,20 b A	3,50 a A	3,50 a A	3,40 A	
	Média	2,48 c	2,55 b	3,32 a		

* - Os dados constituem a média de quatro repetições;

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

- Letras maiúsculas para comparação na vertical e minúsculas para comparação na horizontal.

entanto, aos 45 dias observou-se presença de 0,3 meq de alumínio neste tratamento, valor que se manteve constante até o final do período de incubação, aos 80 dias.

Este comportamento pode ser explicado por uma somatória de fatores. Devido as características de textura e menor poder tampão do solo associado à granulometria e a reduzida quantidade aplicada dos corretivos, evidenciado pelos valores da saturação em bases que atingiram níveis de no máximo 57% (Figura 20). É provável, de acordo com BRAUNER e CATANI (1967), que os materiais tenham sido rapidamente consumidos na neutralização de algumas formas de acidez, não sendo suficientes, porém, para manter esta condição. O resultado da análise de variância consta no Anexo 5.1.

4.2.3.2 CALCIO + MAGNESIO

Da mesma maneira que o observado para os solos 1 e 2, o emprego dos materiais corretivos proporcionou aumento significativo nos valores de Ca + Mg deste solo (Anexo 5.2), que originalmente apresentava nível considerado BAIXO (Quadro 4), tendo esta condição elevada para o nível MEDIO (OLEYNIK et al, 1989; CFS, 1989).

Pela análise dos valores contidos no Quadro 17, percebe-se a existência de diferenças estatísticas entre os materiais e entre os períodos de incubação. Conforme considerações já realizadas a respeito, estas diferenças, principalmente entre os materiais, foram acusadas em virtude da grande homogeneidade dos dados, permitindo que variações inferiores a 0,1 meq de Ca + Mg/100 g de solo sejam tratadas como

estatisticamente significativas.

Em relação aos períodos de incubação percebe-se que a maior disponibilidade ocorreu nos dois últimos períodos, de maneira análoga ao verificado no solo 1.

4.2.3.3 CALCIO

As mesmas considerações feitas para a variável Ca + Mg podem ser ponderadas para o cálcio. Pela análise da variância, Anexo 5.3, verifica-se um aumento significativo nos teores deste elemento após a utilização dos materiais corretivos. Sob o ponto de vista de fertilidade, o solo passa de um nível considerado BAIXO (Quadro 4) para o nível MEDIO nas unidades experimentais submetidas a calagem (OLEYNIK et al, 1989 e CFS, 1989).

As diferenças detectadas pelo teste de TUKEY, principalmente entre os dois calcários, visto que em relação ao CaCO_3 estas são maiores, devido a maior riqueza deste material em cálcio, devem ser avaliadas com cuidado, uma vez que diferenças inferiores a 0,1 meq de Ca/100 g de solo foram consideradas estatisticamente significativas (Quadro 17). A grande homogeneidade dos dados que proporcionaram reduzido valor para o erro experimental médio foi, novamente, o fator responsável por estas constatações.

4.2.3.4 MAGNESIO

Da mesma forma que o verificado para os solos 1 e 2, o uso do CaCO_3 não proporcionou aumento nos teores do elemento no solo. Porém a utilização dos calcários comercial e Irati possibilitou que o solo, originalmente com um nível considerado MEDIO de Mg (Quadro 4) atingisse o nível considerado ALTO

(OLEYNIK et al, 1989; CFS, 1989). Entretanto, ao contrário dos outros solos, os maiores valores de Mg foram obtidos, de maneira geral, nas unidades experimentais que receberam o calcário comercial (Quadro 18).

O fato de pequenas variações terem sido apontadas como estatisticamente diferentes pelo teste TUKEY, reflete novamente a grande homogeneidade dos dados e o conseqüente reduzido valor do erro experimental médio. Os resultados da análise da variância e do valor médio das testemunhas constam nos Anexos 5.4 e 5.7 respectivamente.

4.2.3.5 FÓSFORO

Este solo que originalmente apresentava 7 ppm de fósforo, Quadro 4, apresentou após ser submetido a 15 dias de incubação, uma elevação considerável nos valores de P disponível, tanto nas testemunhas, Anexo 5.7, como nas unidades experimentais submetidas à calagem. A partir de então, quando os dados passaram a sofrer o exame estatístico verificou-se, da mesma maneira que para os solos anteriores, um decréscimo na disponibilidade do elemento com o tempo de incubação (Quadro 18).

Estas variações também podem ser avaliadas sob o ponto de vista de fertilidade. Os valores obtidos aos 30 dias são considerados como ALTO e aqueles referentes ao último período de incubação encontram-se no limite inferior do nível denominado MEDIO (OLEYNIK et al, 1989). Pelos padrões estabelecidos pela CFS (1989), os valores de P disponível passariam de um nível MEDIO aos 30 dias para um nível considerado BAIXO nos demais períodos de incubação.

QUADRO 18: Efeito dos materiais corretivos e dos períodos de incubação nas variáveis Mg e K trocáveis e P disponível do solo 3*.

VARIÁVEIS	TEMPOS	MATERIAIS			MÉDIAS
		Calcário Comercial	Calcário Irati	CaCO ₃	
Mg meq/100g	1	1,90 a A	1,80 b A	0,63 c B	1,44 A
	2	1,60 a D	1,40 b C	0,80 c A	1,27 B
	3	1,73 a C	1,50 b B	0,50 c C	1,24 B
	4	1,80 a B	1,80 a A	0,85 b A	1,48 A
	5	1,00 a E	0,60 b D	0,60 b B	0,73 C
	Média	1,61 a	1,42 b	0,68 c	
P ppm	1	12,00 a A	11,50 a B	11,50 a A	11,67 B
	2	12,50 b A	13,75 a A	12,25 b A	12,83 A
	3	9,75 b B	12,25 a B	9,00 b B	10,33 C
	4	8,50 a B	8,50 a C	8,75 a B	8,58 D
	5	6,75 a C	7,00 a D	6,50 a C	6,75 E
	Média	9,90 b	10,60 a	9,60 b	
K meq/100g	1	0,16 c A	0,18 a A	0,17 b A	0,17 A
	2	0,16 b A	0,17 a B	0,16 b B	0,16 B
	3	0,16 b A	0,17 a B	0,16 b B	0,16 B
	4	0,15 b B	0,16 a C	0,14 c D	0,15 C
	5	0,16 b A	0,17 a B	0,15 c C	0,16 B
	Média	0,16 b	0,17 a	0,16 b	

* - Os dados constituem a média de quatro repetições;

- Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

- Letras maiúsculas para comparação na vertical e minúsculas para comparação na horizontal.

Diferenças estatisticamente significativas foram registradas entre os materiais aos 30 e 60 dias de incubação. Aos 60 dias o valor médio do elemento é considerado ALTO para o calcário Irati e Médio para os dois outros corretivos (OLEYNIK et al, 1989). O resultado da análise de variância consta no Anexo 5.

4.2.3.6 POTASSIO

As mesmas considerações feitas a respeito do K no solo 1 devem ser aqui consideradas, observando-se que os valores encontrados para este solo, em todas as unidades experimentais, são enquadradas por OLEYNIK et al (1989) e CFS (1989) como teores MEDIOS do elemento (Quadros 4 e 18 , Anexo 5.7).

Novamente, em função da grande homogeneidade dos dados, variações de 0,01 meq de K/100 g de solo, cerca de 4 ppm de potássio, foram apontadas pelo teste de TUKEY como estatisticamente diferentes. Na realidade, apesar do resultado do teste, tais diferenças são mínimas, não permitindo avaliar, pelas condições do experimento, a superioridade de algum material ou período de incubação (Anexo 5.6).

4.2.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Observando-se as Figuras 8 e 20 referentes aos solos 1 e 3 e o Quadro 16, solo 2, verifica-se que a Saturação em Bases dos mesmos não atingiu , em nenhum momento, o nível desejado, ou seja, 70%. Fica claro, para as condições deste trabalho, que o método de calagem utilizado subestimou a quantidade de corretivos a ser empregada para a correção da acidez dos solos. Este fato pode ser justificado por pelo menos dois fatores:

a) Quando da caracterização dos solos, utilizou-se a solução

tampão SMP para a determinação da Acidez Potencial, $H + Al$. Este fato deve ter subestimado esta variável, visto que os valores encontrados, posteriormente, pelo método do Acetato de Cálcio foram maiores.

Esta constatação pode ser importante, não obstante diversos autores terem obtido boas correlações entre a variável extraída pelo Acetato de Cálcio com aquela obtido pelo pH SMP (RAIJ et al, 1979; QUAGGIO, 1983; ERNANI e ALMEIDA, 1986).

b) Problemas advindos do próprio método utilizado. De acordo com REGITANO (1987), este método foi ineficiente na estimativa da necessidade de calagem para solos de várzea de Minas Gerais. Constatações semelhantes foram feitas por ERNANI e ALMEIDA (1986) em solos do Estado de Santa Catarina, principalmente naqueles de maior poder tampão. Os autores propuseram a introdução de um fator multiplicativo na fórmula, a fim de melhorar a eficiência do método.

Segundo PIONKE et al (1968) a não quantificação de algumas formas de alumínio não trocável, podem afetar os valores da CTC e, com isto, a eficiência do método.

5 CONCLUSÕES.

Com base nas informações obtidas no presente trabalho, pode-se concluir:

1 - Para o mesmo valor de PRNT, os dois calcários comportaram-se de maneira semelhante na correção da acidez, bem como no fornecimento de Ca e Mg aos solos estudados, sendo superiores ao CaCO_3 .

2 - O calcário Irati não atende as especificações contidas na atual legislação Brasileira sobre corretivos quanto a soma dos teores de $\text{CaO} + \text{MgO}$ e no valor do Poder de Neutralização (P.N.) devido a grande quantidade de impurezas que possui.

3 - Os três materiais corretivos, e em especial o calcário Irati podem fornecer ao solo, além de cálcio e magnésio, outros elementos, nutrientes ou não, que poderão adquirir importância no desenvolvimento das plantas.

6. SUGESTOES.

Com a finalidade de esclarecer dúvidas a respeito de questões, que não se constituíram objeto deste trabalho, propomos a realização dos seguintes estudos:

a) Trabalho avaliando a disponibilidade de macro e micro nutrientes, como enxofre e molibdênio e elementos traços, como cádmio e chumbo, existentes no calcário Irati utilizando-se de diferentes dosagens e granulometrias a fim de comprovar ser este material um fornecedor ou não de nutrientes e contaminantes para o solo e plantas.

C) Comparação da eficiência dos diversos métodos de laboratório para determinação da necessidade de calagem, que inclua diferentes solos do Estado do Paraná, objetivando uma ampla discussão a respeito do melhor método para as nossas condições.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ABRAHÃO, I.O. Rochas Calcárias e sua ocorrência. In: AMARAL, C.M. Estudo nacional do calcário agrícola. Piracicaba: FEALQ, V. 2, 1983. 189p.
2. ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: características de qualidade. In: SEMINARIO SOBRE CORRETIVOS AGRICOLAS. (1985: Campinas). Anais. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 97-119.
3. ALMEIDA, A. M.; BORNEMISZA, E. Efecto del encalado sobre las cargas eléctricas y otras propiedades químicas de três Inceptisoles de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, V. 7, n. 4, p. 333 - 342, 1977.
4. AMARAL, S. E. Geologia e petrologia da formação Irati (Permiano) no Estado de São Paulo. Boletim IG, São Paulo, n. 2, p. 1 - 81, 1971.
5. AMARAL, S. E. Sobre os dolomitos e o processo da dedolomitização na formação Irati (Permiano) no Estado de São Paulo. Boletim IG, São Paulo, n. 6, p. 21 - 32, 1975.
6. ARZOLLA, S.; MELLO, F. A. F.; PORTA, A.; FERRAZ, V. Calcários analisados nos laboratórios de química agrícola da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. III. Calcários do Município de Rio Claro - SP. Revista de Agricultura, Piracicaba, V. 49, n. 2 - 3, p 93 - 100, 1974.
7. AUBERT, H.; PINTA, M. Trace elements in soils. Amsterdam: Elseiver, 1977. 395 p.
8. BARBER, S. A. Liming materials and practices. In: PEARSON, R.W. e ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 125 - 160.
9. BARBER, S. A. Liming materials and practices. In: ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 171 - 209.
10. BATEY, T.; WILLIAMS, T.R. The trace element content of some liming materials. Chemistry and Industry, London, n. 53, p. 2199 - 2200, Dec. 1966.
11. BELLINGIERI, P. A.; ALCARDE, J. C.; SOUZA, E. C. A. Avaliação da qualidade de calcários agrícolas através do PRNT. Anais ESALQ, Piracicaba, V. 45, n. 2, p. 579 - 588, 1988.
12. _____; _____; _____. Reatividade de calcários agrícolas e a relação entre os teores de cálcio e magnésio. Anais ESALQ, Piracicaba, V. 45, n. 2, p. 499 - 515, 1988.

13. BIGARELLA, J. J. Contribuição ao estudo dos calcários do Estado do Paraná. Boletim. Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, Curitiba, n. 37, p. 1- 83, 1956.
14. BLOISE, R. M.; DYNIA, J. F.; MOREIRA, G. N. Fertilidade de solos da região da rodovia Transamazônica. I. Neutralização do alumínio trocável, em um Podzólico Vermelho - Amarelo. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, V. 12, p. 71 - 74, 1977.
15. BRADY, N. C. Natureza e propriedades dos solos. 5 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979. 647 p.
16. BRASIL. Portaria n. 3 de 12 de junho de 1986. Estabelece novos critérios para fabricação e comercialização de corretivos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, V. 124, n. 111, p 8673, 16 jun. 1986.
17. BRAUNER, J. L.; CATANI, R. A. Variação no teor de alumínio trocável do solo, influenciada pela aplicação de carbonato de cálcio. Anais ESALQ, Piracicaba, V. 24, p. 57 - 69, 1967.
18. BULL, L. T. Acidez e calagem. In: BULL, L. T. e ROSOLEM, C. A. Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação. Botucatu: FEPAF, 1989 p. 206 - 226.
19. CAMARGO, A. P. Influência da granulometria de três materiais corretivos na neutralização da acidez do solo. Bragantia, Campinas, V. 35, n. 20, 1976.
20. CAMARGO, O. A.; RAIJ, B. van; VALADARES, J. M. A. S. Avaliação da capacidade de troca de cátions em solos utilizando o método do tampão SMP. Bragantia, Campinas, V. 41, p. 119 - 123, 1982.
21. CANTARELLA, H.; DECHEN, A. R.; RAIJ, B. van. Influência da origem do cloreto de potássio utilizado em extrações de amostras de solos, nos resultados de alumínio trocável. Bragantia, Campinas, V. 40, n. 3, p. 189 - 192, 1981.
22. CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases. Rev. de Agricultura, Piracicaba, V. 30, p. 49 - 60, 1955.
23. CHATER, M.; WILLIAMS, R. J. B. The chemical composition of British agricultural limings materials. Journal Agric. Science, Cambridge, V. 82, n. 2, p. 193 - 205, 1974.
24. CHICHILO, P.; WITTAKER, C. W. Trace elements in agricultural limestones of Atlantic Coast Regions. Agron. Journal, Madison, Wis., V. 50, p. 131 - 135, 1958.

25. _____; _____. Trace elements in agricultural limestones of the United States. Agron. Journal Madison, Wis., V. 53, n. 3, p. 139 - 144, 1961.
26. COMISSAO DE FERTILIDADE DO SOLO. (RS/SC). Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul: EMBRAPA - CNPT, 1989. 128 p.
27. CRUZ, A. S. Calcário de Sapopema. (Relatório final de pesquisa). Curitiba: Mineropar, 1986. 44 p.
28. CUNHA, J.; GUIMARAES, J. E. P.; FERREIRA, B. A.; ROQUETE, B. Análises de calcários e indústria de cal no Brasil. Boletim. Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasília, n. 33, p. 1 - 369, 1949.
29. EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Serviço Nac. de Lev. Conserv. de Solos, 1979.
30. EMBRAPA. Serv. Nac. Lev. Conserv. Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina: SUDESUL/ EMBRAPA/ IAPAR, 1984. 2V. 791 p. (Boletim Técnico, n. 57).
31. ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. Avaliação de métodos e recomendação quantitativa de calcário para os solos do Estado de Santa Catarina. Boletim Técnico de Solos, Lages, n. 1, p. 1 - 53, 1986.
32. FAGERIA, N. K. Resposta de cultivares de arroz à aplicação de calcário em solo de cerrado. Pesq. Agrop. Bras., Brasília, V. 19, n. 7, p. 883 - 889, 1984.
33. FALCÃO, H. Súmula de ocorrências de calcários no Brasil. Ministério de Minas e Energia. DNPM. Laboratório de Produção Mineral. Avulso 15, 1967. 89 p.
34. FERRAZ, V.; ARZOLLA, S.; PORTA, A.; MELLO, F. A. F. Calcários analisados nos laboratórios de química agrícola da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. IV. Calcários dos municípios de Limeira e Araras - SP. Revista de Agricultura, Piracicaba, V. 49, n. 4, p. 157 - 163, 1974.
35. FRANÇA, A. B.; POTTER, P. E. Estratigrafia, ambiente deposicional e análise de reservatório do grupo Itararé (Permocarbonífero), bacia do Paraná (Parte 1). Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, V. 2, n. 2 - 4, p. 147 - 191, abr/dez. 1988.
36. GOMEZ, K. A.; GOMEZ, A. A. Statistical procedues for agricultural research. 2. ed. New York: J. Wiley, 1984. p. 294 - 308, 467 - 471.
37. GUERRA, A. T. Dicionário Geológico - Geomorfológico. 7. ed.

Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 446 p.

38. GUIMARAES, J. E. P. Calcário no Estado de São Paulo. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, n. 32, p. 1 - 64, 1952.
39. GUIMARAES, J. E. P. Corretivos de acidez - desenvolvimento e tecnologia. In: SEMANA DE ESTUDOS CIMENTO E CAL (10: 1969: Ouro Preto). Ouro Preto: [Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos], 1969. p. 51 - 86. (Boletim n. 10).
40. JUNIOR, T.F.; PORTO ALEGRE, H. K. Notas preliminares sobre a composição química e mineralógica da formação Serra Alta e Irati. São Mateus do Sul, PR.: DIGEO/SE GEO, 1984. 8 p.
41. KABATA PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace element in soils and plants. 3. ed. Florida: CRC Press, 1985. 315 p.
42. LAGERWERFF, J. V. Plomo, mercúrio y cádmio como contaminantes ambientais. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. Micronutrientes en agricultura. Mexico: A.G.T, 1983. Cap. 23., p. 655 - 702.
43. LOPES, A. S. Micronutrientes: dinâmica e disponibilidade no solo. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO (1987: Ilha Solteira, SP). Trabalhos Apresentados. Ilha Solteira, SP.: Fundação Cargill, 1987. p. 209 - 246.
44. MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola - Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: Ceres, 1976. 528 p.
45. MELLO, F. A. F.; PORTA, A. Calcários analisados nos laboratórios de química agrícola da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. II. Calcários do município de Piracicaba - SP. Revista de Agricultura, Piracicaba, V. 49, n. 1, p. 19 - 28, 1974.
46. MENDES, J. C. Rochas carbonáticas do grupo Passa Dois. In: SEMANA DE ESTUDOS CIMENTO E CAL (10:1969:Ouro Preto). Ouro Preto: [Sociedade de intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos], 1969. p. 117 - 123. (Boletim n. 10).
47. MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4. ed. Bern: International Potasch Institute, 1987. 687 p.
48. MIRANDA, L. N. Utilização de calcários marinhos como corretivos de acidez do solo. Rev. Bras. Cien. Solo, Campinas, V. 9, p. 245 - 248, 1985.
49. MUNHOZ, F.G. Curvas de neutralização em alguns solos do Estado do Paraná. Revista do Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, V. 1, p. 3 - 8, 1979.

50. MURATORI, A. Ocorrência de calcário e dolomito no Paraná. In: SEMANA DE MINERAÇÃO, (1971: Curitiba) Anais... Curitiba: BADEP, 1971. p. 109 - 131.
51. MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L. Nutrição e adubação. Circular IAPAR, Londrina, n. 29, p. 85 - 104, jul. 1982.
52. OLEYNIK, J.; BRAGAGNOLO, N.; BUBLITZ, V. Análises de solo. Tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados. 2. ed. Curitiba: EMATER - PR, 1989. 27 p.
53. OSTROM, M. E. Trace elements in Illinois Pennsylvanian limestones. Circular. Illinois State Geological Survey, n. 243, p. 1 - 34, 1957.
54. PADULA, V. T. Estudos geológicos da formação Irati - Sul do Brasil. São Mateus do Sul - PR. Petrobrás, Superintendência da Industrialização do Xisto. 1966. 39 p.
55. PADULA, V. T.; PORTO ALEGRE, H. K. Xisto: reservas e recursos da formação Irati. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PETRÓLEO (3.:1986: Rio de Janeiro). Anais. RJ: 18 p, 1986.
56. PALHANO, J. B.; SPREDO, G. J.; CAMPO, R. J.; LANTMANN, A. F.; BORKERT, C. M. Calagem para soja: Recomendação para o Estado do Paraná. Comunicado Técnico CNPSO, Londrina, n. 28, p. 1 - 13, nov. 1984.
57. PAOLIELLO, P. C. O dolomito da formação Irati como corretivo da acidez dos solos do Estado de São Paulo. São Paulo, 1972. 99 p. Dissertação (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
58. PARANA. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Consumo aparente e demanda potencial de calcário no Paraná. Curitiba, 1987. 20 p.
59. PARANA. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Projeto de estímulo aos pequenos agricultores em atividades de conservação dos solos e da água nas regiões de Irati e União da Vitória. Curitiba, 1989. p. 14 - 119.
60. PAULA, M. B.; ALVAREZ, V. H.; NOGUEIRA, F. D. Determinação da necessidade de calagem dos solos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, no prelo.
61. PEREIRA, G. C. Características dos calcários agrícolas do Sul da Bahia. Boletim Técnico. CEPLAC, Itabuna, n. 81, p. 1 - 12, 1981.
62. PIONKE, H. B.; COREY, R. B.; SCHULTE, E. E. Contributions of soil factors to lime requirement and lime requirement tests. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, V. 32, p. 113 -

117, 1968.

63. POPP, J. H. Geologia geral. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1987. 299 p.
64. PORTA, A.; FERRAZ, V.; ARZOLLA, S.; MELLO, F. A. F. Calcários analisados nos laboratórios de química agrícola da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. V. Calcários dos municípios de Tietê, Laranjal Paulista, Pereiras, Conchas e Botucatu. Revista de Agricultura, Piracicaba, V. 50, n. 1 - 2, p. 49 - 52, 1975.
65. QUAGGIO, J. A. Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1983. 76 p. Dissertação, (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz.
66. QUAGGIO, J. A. Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calagem em solos. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O. C.; SILVA, N. M. Acidez e calagem no Brasil. Campinas: Soc. Bras. Ciência do Solo, 1983. p. 33 - 48.
67. QUAGGIO, J. A. Respostas das culturas à calagem. In: SEMINARIO SOBRE CORRETIVOS AGRICOLAS (1985: Campinas). Anais. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 123 - 157.
68. RAIJ, B. van.; SACCHETTO, M. T. D.; KUPPER, A. Estudo de materiais calcários usados como corretivos do solo no Estado de São Paulo. II - Composição química. Bragantia, Campinas, V. 27, n. 37, p. 493 - 500, 1968.
69. RAIJ, B. van.; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C. e outros. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Boletim Técnico. Inst. Agrônomo de Campinas, n. 100, p. 1 - 107, 1985.
70. RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; ZULLO, M. A. T. O método tampão SMP para determinação da necessidade de calagem dos solos do Estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, V. 38, n. 7, p. 57 - 69, 1979.
71. RAIJ, B. van.; CAMARGO, A. P.; CANTARELLA, H.; SILVA, N. M. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. Bragantia, Campinas, V. 42, n.13, p. 149 - 156, 1983.
72. REGITANO, J. B. Calagem em solos de várzea de Minas Gerais: Critérios de recomendação com base em características físicas e químicas. Lavras, 1987. 108 p. Dissertação, (Mestrado em Ciência do Solo) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
73. RIBEIRO, A. C.; FIRME, D. J.; MATTOS, A. C. M. Avaliação da eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez do solo. Revista Ceres, Viçosa, MG, V. 33, n. 187, p. 242 - 248, 1986.

74. ROJAS, I. L.; ADAMS, M. J. Naturaleza de la acidez de suelos representativos de Venezuela y su influencia en los requerimientos de cal. II. Comparacion de caliza calcitica y dolomita como materiales de enmienda. Agronomia Tropical, Venezuela, V. 30, n. 1 - 6, p. 241 - 268, 1980.
75. SAD, J. H. G.; SARAIVA, N. T. A. Rochas oleígenas da formação Irati, área Rio Negro - rio Iguacu - Paraná. Belo Horizonte: GEOSOL, 1981. V. 1, 187 p.
76. SAD, J. H. G.; SARAIVA, N. T. A.; PINTO, C. P. Rochas oleígenas da formação Irati, área da usina industrial, Paraná. Belo Horizonte: GEOSOL, 1981. V. 1, 187 p.
77. SAD, J.H. G.; SARAIVA, N. T. A. Rochas oleígenas da formação Irati, área Imbituva - Paraná. Belo Horizonte: GEOSOL, 1983. V. 1, 196 p.
78. SCHOBENHAUS, C. et al. Geologia do Brasil. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984. 501 p.
79. SCHOEMAKER, H. E.; MCLEAN, E. O.; PRATT, P. F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, V. 25, n. 4, p.274 - 277, 1961.
80. SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; LOBATO, E.; CASTRO, L. H. R. Método para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, V. 13, n. 2, p. 193 - 198, 1989.
81. SOUZA, M. L. P.; RACHWAL, M. F. G.; AMARAL, M. B.; CURCIO, G. R.; SOUZA, L. C. P. Levantamento de solos e aptidão das terras de áreas de mineração -Blocos I, II e III (1700 ha) da Petrobrás - São Mateus do Sul - Paraná. Curitiba: FUPEF, 1988. 137 p.
82. STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.
83. SUGIO, K.; BERENHOLC, M.; SALATI, E. Composição química e isotópica dos calcários e ambiente de sedimentação da formação Bauru. Boletim IG, São Paulo, V. 6, p. 55 - 75, 1975.
84. TISDALE, S. L.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. 3. ed. New York: Mcmillan, 1975. 694 p.
85. VALADARES, J. M. A. S.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Estudo de materiais calcários usados como corretivo do solo no Estado de São Paulo. III - Determinação de Mo, Co, Cu, Zn, Mn e Fe. Bragantia, Campinas, V. 33, n. 15, p. 147 - 152, 1974.
86. VERLENGIA, F.; GARGANTINI, H. Estudo sobre a eficiência de

diferentes frações granulométricas de calcário no solo. Bragantia, Campinas, V. 31, n.10, p. 119 - 127, 1972.

87. VITTI, G. C. Acidez do solo, calagem e gessagem. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO (1987: Ilha Solteira, SP). Trabalhos Apresentados . Ilha Solteira, SP: Fundação Cargill, 1987, p. 303 - 348.
88. WARREN, H. V.; DELAVault, R. E. The lead, copper, zinc and molybdenum content of some limestones and related rocks in Southern Ontario. Economic Geology. Lancaster, P A. V. 56, p. 1265 - 1272, 1961.

A N E X O S

A N E X O 1

PROCEDIMENTOS ANALITICOS UTILIZADOS PELO TECPAR PARA
DETERMINAÇÃO DE MACRO, MICRO E ELEMENTOS TRAÇOS EM
ROCHAS CALCARIAS.

1) Determinação de Perda ao Fogo.

Calcinação da amostra à 1000 C por duas horas.

2) Determinação de insolúveis

Através da adição de ácido clorídrico, lavagem com água quente e calcinação a 1000 C por duas horas.

3) Determinação do Anidrido Silícico

Aquecimento da amostra, fusão com Na_2CO_3 anidra, adição de ácidos (HCl , H_2SO_4 e HF) e calcinação a 1000 C.

Obs. O filtrado é reservado para outras determinações.

4) Determinação de óxido de Cálcio e de Magnésio

Através de uma alíquota da solução preparada na determinação de insolúveis em água, adição de trietanolamina, indicador específico para o elemento e titulação com EDTA 0,1 M até virada do indicador.

5) Determinação de óxido Férrico

Através de uma alíquota da solução citada anteriormente, adição de HNO_3 concentrado, aquecimento até fervura, ajuste do pH a 3, indicador e titulação com EDTA 0,1 M.

6) Determinação de óxido de Alumínio

Usando a solução da titulação do Fe_2O_3 , adicionar EDTA, aquecer, ajuste de pH a 6, indicador para Alumínio e titulação com sulfato de zinco 0,1M.

7) Determinação do óxido de Manganês

Através da atômização da solução da amostra em espectrofotometria de absorção atômica, comprimento de onda de

279,5 nanômetros.

8) Determinação do Chumbo

Em amostra do material, adição de HNO_3 , filtração e leitura em espectrofotometria de absorção atômica.

9) Determinação do V, Sr, Ni, Cu, Zn, Co, Mo, Cd e Cr.

Em amostra do material, adição de água régia, ácidos fluorídrico, perclórico e clorídrico e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica.

10) Determinação do Enxofre

Através da filtração da amostra adicionada de água régia e ácido clorídrico, precipitação do enxofre do filtrado com cloreto de bário. Aquecimento em banho maria, repouso de 1 noite. Filtrar a calcinação do precipitado à 800 C por 1 hora.

11) Determinação do Potássio e do Sódio

Através da eliminação da sílica com H_2SO_4 concentrado e HF, filtração e leitura por emissão de chama nos comprimentos de onda: K = 766,5 nm e Na = 589,0 nm.

12) Determinação do anidrido Fosfórico

Através da adição de solução nitromolibdica à solução preparada para a determinação de metais, dissolução com hidróxido de sódio, adição de fenolftaleína e titulação com ácido clorídrico.

13) Determinação de Boro em silicatos

Através da adição de Na_2CO_3 anidro à amostra, aquecimento, adição de ácido clorídrico, neutralização com

carbonato. Precipitação com hidróxido de sódio, nova adição de HCl e aquecimento, uso de manitol sólido e titulação do ácido bórico resultante com NaOH, até que o valor de pH retorne a 7.

A N E X O 2

RESULTADOS DO TESTE DE BARTLETT E DO COEFICIENTE
DE VARIAÇÃO DOS TRATAMENTOS PARA AS VARIÁVEIS
ESTUDADAS NOS TRÊS SOLOS.

ANEXO 2.1 SOLO 1.

VARIAVEIS	TESTE	DE	BARTLETT	C.V. ***
	x ²		P% **	tratamentos %
pH	1,806		0,5	0,505
Al	0,907		59,9	5,90
H + Al = log(x) *	1,576		2,8	2,29
Ca + Mg	1,540		9,7	1,75
Ca = log(x)1000 *	3,125		0,9	1,48
Mg	1,78		4,7	4,47
P	0,299		99,9	14,70
K x 1000	1,026		42,7	1,88
CTC	1,977		0,1	1,68
S	6,955		0,00	1,70
V	1,635		1,8	1,67
m = SQRT (x) *	1,922		0,2	0,53

* Parâmetros transformados

SQRT = raiz quadrada

** Valores de P% >/ 5 indicam homogeneidade entre as variâncias dos tratamentos.

*** C.V. tratamentos = $\text{SQRT} \frac{\text{QM erro} \times 100}{x}$

onde QM erro = Quadrado médio do erro

x = Média geral dos valores

ANEXO 2.2 SOLO 2

VARIAVEL	TESTE DE BARTLETT		C.V. *** tratamentos
	x ²	P% **	
pH	2,102	0,1	0,74
Al	1,716	1,0	5,25
H + Al	1,211	20,3	2,12
Ca + Mg = log(y x 1000)*	1,742	6,8	0,17
Ca	0,427	86,1	2,51
Mg = SQRT (y x 1000) *	1,293	23,0	1,61
P	0,350	99,2	10,76
K x 1000	1,586	3,5	3,23
CTC = SQRT (y x 1000) *	1,617	2,0	0,82
S = SQRT (y x 1000) *	6,580	0,0	0,97
V = log (y x 1000) *	1,432	6,4	0,14
m	2,405	0,0	3,19

* Parâmetros transformados

SQRT = raiz quadrada

** Valores de P % >/ 5 indicam homogeneidade entre as variâncias dos tratamentos

*** C.V. tratamentos = $\text{SQRT} \frac{\text{QM erro} \times 100}{x}$

onde : QM erro = Quadrado médio do erro

x = Média geral dos valores

ANEXO 2.3 SOLO 3

VARIABLE	TESTE DE BARTLETT		C.V. *** tratamentos %
	x ²	P % **	
pH	5,495	0,0	0,96
Al	0,352	98,3	8,84
H + Al	1,675	1,6	2,86
Ca + Mg	0,958	43,1	1,18
Ca	1,640	19,7	1,88
Mg	2,097	10,1	3,15
P	0,861	66,3	7,57
K x 1000	0,028	100,0	2,82
CTC	2,430	0,0	1,98
S = SQRT (x) 1000 *	5,931	0,0	0,41
V = SQRT (x) 1000 *	2,660	0,0	0,90
m	4,921	0,0	5,21

* Parâmetros transformados

SQRT = raiz quadrada

** Valor de P % >/ 5 indicam homogeneidade entre as variâncias dos tratamentos

*** C.V. tratamentos = $\frac{\text{SQRT QM erro} \times 100}{x}$

sendo: QM erro = Quadrado médio do erro

x = Média geral dos valores

A N E X O 3

RESULTADO DA ANALISE DA VARIANCIA DAS VARIAVEIS CUJO
TESTE DE BARTLETT REVELOU HOMOGENEIDADE DAS VARIANCIAS.

SOLO 1.

ANEXO 3.1 - ALUMINIO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q.	Q.M.	F
MATERIAL	2	0,242	0,121	16,193
TEMPO	4	0,720	0,180	24,100
NIVEL	1	37,520	37,520	5021,281
MAT.x TEMPO	8	0,540	0,067	9,028
MAT.x NIVEL	2	0,211	0,105	14,097
TEMPO x NIVEL	4	1,295	0,324	43,338
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	0,273	0,034	4,561
ERRO	90	0,672	0,007	
TOTAL	119	41,473	0,349	

ANEXO 3.2 - CALCIO + MAGNESIO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	0,625	0,312	36,739
TEMPO	4	3,384	0,846	99,531
NIVEL	1	262,848	262,848	*****
MAT.x TEMPO	8	0,241	0,030	3,549
MAT.x NIVEL	2	0,663	0,332	39,033
TEMPO x NIVEL	4	0,317	0,079	9,324
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	0,669	0,084	9,839
ERRO	90	0,765	0,008	
TOTAL	119	69,512	2,265	

ANEXO 3.3 - MAGNESIO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	4,203	2,102	292,112
TEMPO	4	8,996	2,249	312,597
NIVEL	1	3,367	3,367	467,966
MAT.x TEMPO	8	1,025	0,128	17,812
MAT.x NIVEL	2	7,291	3,645	506,676
TEMPO x NIVEL	4	4,703	1,176	163,419
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	4,016	0,502	69,779
ERRO	90	0,647	0,007	
TOTAL	119	34,248	0,288	

ANEXO 3.4 - FOSFORO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	5,550	2,775	11,10
TEMPO	4	51,717	12,929	51,717
NIVEL	1	2,133	2,133	8,533
MAT.x TEMPO	8	5,033	0,629	2,517
MAT.x NIVEL	2	0,217	0,108	0,433ns
TEMPO x NIVEL	4	6,283	1,571	6,263
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	5,367	0,671	2,683
ERRO	90	22,500	0,250	
TOTAL	119	98,800		

ANEXO 3.5 - POTASSIO x 1000

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	551,667	275,833	3,572
TEMPO	4	52804,999	13201,250	170,951
NIVEL	1	333,333	333,333	4,371
MAT.x TEMPO	8	915,000	114,375	1,481 ns
MAT.x NIVEL	2	151,667	75,833	0,982 ns
TEMPO x NIVEL	4	5225,000	1306,250	16,915
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	3665,000	458,125	5,933
ERRO	90	6950,001	77,222	
TOTAL	119	70596,667	593,249	

ANEXO 3.6 - VALORES MEDIOS TESTEMUNHAS

VARIÁVEL	TEMPO	MATERIAIS CORRETIVOS			
		INCUBAÇÃO	Calc. Comercial	Calc. Irati	CaCO ₃
Al meq/100g	1		2,13	1,95	2,15
	2		1,95	2,08	1,85
	3		1,73	2,10	2,03
	4		1,75	2,00	1,83
	5		2,13	1,98	2,03
Ca+Mg meq/100g	1		3,50	3,50	3,48
	2		3,60	3,60	3,50
	3		3,65	3,48	3,50
	4		3,90	3,70	3,83
	5		3,68	3,90	3,80
Mg meq/100g	1		1,60	1,50	1,58
	2		1,80	1,70	1,60
	3		1,78	1,10	1,80
	4		1,90	1,90	2,03
	5		1,68	1,80	1,80
P ppm	1		3,00	3,75	3,50
	2		3,50	5,00	3,75
	3		3,75	3,00	3,25
	4		2,75	2,50	3,00
	5		2,00	3,25	3,00
K meq/100g	1		0,49	0,49	0,48
	2		0,49	0,49	0,48
	3		0,46	0,43	0,43
	4		0,47	0,46	0,47
	5		0,46	0,48	0,47

A N E X O 4

RESULTADOS DA ANÁLISE DE VARIANÇIA DAS VARIÁVEIS CUJO
TESTE DE BARTLETT REVELOU HOMOGENEIDADE DAS VARIANÇIAS.

SOLO 2.

ANEXO 4.1 - H + Al

FATOR DE VARIACÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MAATERIAL	2	18,997	9,499	74,857
TEMPO	4	182,947	45,737	360,445
NIVEL	1	1113,861	1113,861	8778,184
MAT. x TEMPO	8	23,815	2,977	23,461
MAT. x NIVEL	2	1,792	0,896	7,062
TEMPO x NIVEL	4	16,311	4,078	32,137
MAT. x TEMPO x NIVEL	8	6,175	0,772	6,083
ERRO	90	11,420	0,127	
TOTAL	119	1375,320	11,557	

ANEXO 4.2 - Ca + Mg transformado $\log(Y \times 1000)$

FATOR DE VARIACÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	0.006	0.003	61.508
TEMPO	4	0.007	0.002	33.458
NIVEL	1	9.143	9.143	****
MAT. x TEMPO	8	0.007	0.001	18.181
MAT. x NIVEL	2	0.003	0.001	29.735
TEMPO x NIVEL	4	0.004	0.001	19.001
MAT. x TEMPO x NIVEL	8	0.004	0.0004	9.683
ERRO	90	0.004	0.00004	
TOTAL	119	9.178	0.077	

ANEXO 4.3 - CALCIO

FATOR DE VARIACAO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	31,298	15,649	1017,052
TEMPO	4	9,532	2,383	154,877
NIVEL	1	1337,337	1337,337	*****
MAT.x TEMPO	8	11,250	1,406	91,397
MAT.x NIVEL	2	27,669	13,834	899,114
TEMPO x NIVEL	4	6,843	1,711	111,182
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	9,740	1,217	79,124
ERRO	90	1,385	0,015	
TOTAL	119	1435,053	12,059	

ANEXO 4.4 - MAGNESIO transformado SQRT(Yx1000) *

FATOR DE VARIACAO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	4852,035	2426,018	4094,248
TEMPO	4	744,989	186,247	314,318
NIVEL	1	6128,043	6128,043	*****
MAT.x TEMPO	8	663,361	82,920	139,939
MAT.x NIVEL	2	3901,066	1950,533	3291,801
TEMPO x NIVEL	4	495,777	123,944	209,174
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	525,371	65,671	110,830
ERRO	90	53,329	0,593	
TOTAL	119	17363,971	145,916	

* SQRT = RAIZ QUADRADA

ANEXO 4.5 - FOSFORO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	0,617	0,308	1,657 ns
TEMPO	4	188,867	47,217	253,701
NIVEL	1	9,075	9,075	48,761
MAT. x TEMPO	8	3,633	0,454	2,440
MAT. x NIVEL	2	5,450	2,725	14,642
TEMPO x NIVEL	4	2,133	0,533	2,866
MAT. x TEMPO x NIVEL	8	4,467	0,558	3,000
ERRO	90	16,750	0,186	
TOTAL	119	230,992	1,941	

ANEXO 4.6 - VALOR V transformado log (Y x 1000)

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	0.010	0.005	100.635
TEMPO	4	0.055	0.014	288.185
NIVEL	1	6.426	6.426	****
MAT. x TEMPO	8	0.013	0.002	34.861
MAT. x NIVEL	2	0.003	0.002	32.467
TEMPO x NIVEL	4	0.006	0.001	31.093
MAT. x TEMPO x NIVEL	8	0.004	0.0004	10.165
ERRO	90	0.004	0.00004	
TOTAL	119	6.521	0.0055	

ANEXO 4.7 - VALORES MEDIOS TESTEMUNHAS

VARIAVEL	TEMPO	MATERIAIS CORRETIVOS			
		INCUBAÇÃO	Calc. Comercial	Calc. Irati	CaCO ₃
H + Al meq/100g	1		22,20	20,98	21,90
	2		21,65	20,13	22,08
	3		20,85	19,45	20,43
	4		19,80	18,73	17,28
	5		17,70	17,28	17,55
Ca + Mg meq/100g	1		3,30	3,30	3,20
	2		3,10	3,10	3,10
	3		3,20	3,53	3,13
	4		3,10	3,20	3,20
	5		3,10	3,20	3,30
Ca meq/100g	1		1,40	1,40	1,50
	2		1,50	1,50	1,70
	3		1,90	1,70	1,70
	4		1,60	1,50	1,50
	5		1,40	1,40	1,50
Mg meq/100g	1		1,90	1,90	1,70
	2		1,60	1,60	1,40
	3		1,30	1,83	1,43
	4		1,50	1,70	1,70
	5		1,70	1,80	1,80
P ppm	1		5,50	5,75	6,00
	2		6,00	5,75	6,00
	3		4,75	3,00	4,00
	4		3,25	3,00	3,25
	5		2,50	2,00	3,50
Valor V %	1		14,83	15,49	14,74
	2		14,72	15,48	14,55
	3		15,61	17,41	15,48
	4		15,80	16,67	18,17
	5		17,21	17,64	18,11

A N E X O 5

RESULTADO DA ANALISE DA VARIANCIA DAS VARIAVEIS CUJO
TESTE DE BARTLETT REVELOU HOMOGENEIDADE DAS VARIANCIAS.

SOLO 3.

ANEXO 5.1 - ALUMINIO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	0,020	0,010	5,418
TEMPO	4	0,794	0,198	106,634
NIVEL	1	28,910	28,910	*****
MAT. x TEMPO	8	0,056	0,007	3,739
MAT. x NIVEL	2	0,004	0,002	1,119 ns
TEMPO x NIVEL	4	0,928	0,232	124,634
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	0,047	0,006	3,134
ERRO	90	0,168	0,002	
TOTAL	119	30,926	0,260	

ANEXO 5.2 - CALCIO + MAGNESIO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	0,018	0,009	11,686
TEMPO	4	0,838	0,209	269,481
NIVEL	1	211,205	211,205	*****
MAT. x TEMPO	8	0,128	0,016	20,531
MAT. x NIVEL	2	0,190	0,095	122,332
TEMPO x NIVEL	4	0,674	0,168	216,730
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	0,056	0,007	8,952
ERRO	90	0,070	0,001	
TOTAL	119	231,179	1,791	

ANEXO 5.3 - CALCIO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	4,223	2,112	1407,759
TEMPO	4	5,213	1,303	868,912
NIVEL	1	144,321	144,321	*****
MAT. x TEMPO	8	1,113	0,139	92,725
MAT. x NIVEL	2	4,411	2,206	1470,429
TEMPO x NIVEL	4	2,259	0,565	376,455
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	1,011	0,126	84,280
ERRO	90	0,135	0,001	
TOTAL	119	162,687	1,367	

ANEXO 5.4 - MAGNESIO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	4,345	2,173	1862,336
TEMPO	4	4,111	1,028	881,022
NIVEL	1	6,348	6,348	5441,503
MAT. x TEMPO	8	0,960	0,120	102,846
MAT. x NIVEL	2	5,387	2,693	2308,653
TEMPO x NIVEL	4	0,851	0,213	182,405
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	1,032	0,129	110,561
ERRO	90	0,105	0,001	
TOTAL	119	23,139	0,194	

ANEXO 5.5 - FOSFORO

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	3,200	1,600	2,954 ns
TEMPO	4	497,383	124,346	229,562
NIVEL	1	11,408	11,408	21,062
MAT. x TEMPO	8	22,717	2,840	5,242
MAT. x NIVEL	2	8,267	4,133	7,631
TEMPO x NIVEL	4	8,883	2,221	4,100
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	17,317	2,165	3,996
ERRO	90	48,750	0,542	
TOTAL	119	617,925	5,193	

ANEXO 5.6 - POTASSIO x 1000

FATOR DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
MATERIAL	2	1681,667	840,833	47,297
TEMPO	4	4813,333	1203,333	67,688
NIVEL	1	15870,000	15870,000	892,688
MAT. x TEMPO	8	626,667	78,333	4,406
MAT. x NIVEL	2	1395,000	697,500	39,234
TEMPO x NIVEL	4	146,667	36,667	2,063 ns
MAT.xTEMPOxNIVEL	8	213,333	26,667	1,500 ns
ERRO	90	1599,999	17,778	
TOTAL	119	26346,666	221,401	

ANEXO 5.7 - VALORES MEDIOS TESTEMUNHAS

VARIAVEL	TEMPO	MATERIAIS CORRETIVOS			
		INCUBAÇÃO	Calc.Comercial	Calc.Irati	CaCO3
Al meq/100g	1		1,28	1,23	1,30
	2		1,20	1,10	1,03
	3		0,85	0,80	0,88
	4		0,83	0,83	0,85
	5		0,90	0,90	1,00
Ca + Mg meq/100g	1		1,30	1,40	1,40
	2		1,30	1,40	1,40
	3		1,30	1,30	1,40
	4		1,40	1,50	1,40
	5		1,30	1,30	1,30
Ca meq/100g	1		0,40	0,50	0,50
	2		0,60	0,60	0,60
	3		0,60	0,60	0,60
	4		0,60	0,60	0,50
	5		0,70	0,70	0,70
Mg meq/100g	1		0,90	0,90	0,90
	2		0,70	0,80	0,80
	3		0,70	0,70	0,80
	4		0,80	0,90	0,90
	5		0,60	0,60	0,60
P ppm	1		11,00	11,00	11,75
	2		12,50	11,00	10,75
	3		10,25	10,25	10,00
	4		8,25	6,50	7,75
	5		5,75	7,50	7,00
K meq/100g	1		0,14	0,15	0,16
	2		0,14	0,14	0,14
	3		0,14	0,14	0,14
	4		0,13	0,13	0,13
	5		0,14	0,14	0,13