POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA PRODUÇÃO DE SÍLICA AMORFA COMO CORRETIVO DE SOLO AGRÍCOLA

POR

ELOIZA LUTERO ALVES RODRIGUES

Orientador:

Prof. Dr. DURVAL RODRIGUES DE PAULA JR.

Campinas – SP

Abril / 2001

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

PARECER

Este exemplar corresponde a redação final da Dissertação de Mestrado defendida por ***ELOIZA LUTERO ALVES*** e aprovada pela Comissão Julgadora em 26 de abril de 2001.

Campinas, 18 de fevereiro de 2002.

Prof. Dr. DURVAL RODRIGUES DE PAULA JÚNIOR
Presidente da Banca

POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DA PRODUÇÃO DE SÍLICA AMORFA COMO CORRETIVO DE SOLO AGRÍCOLA

POR

ELOIZA LUTERO ALVES RODRIGUES

Orientador:

Prof. Dr. DURVAL RODRIGUES DE PAULA JR.

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, na área de Água e Solo.

Campinas - SP

Abril/2001

NIDADE BC
º CHAMADA T/UNICAMP
R618p
EX
OMBO BC/ 49112
ROC 16.837/02
D Y
REÇO R$ 11,00
DATA
Nº CPD

CM00167365-1

IB ID 240602

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

R618p

Rodrigues, Eloiza Lutero Alves
Potencialidade de utilização de resíduo da produção de sílica amorfa como corretivo de solo agrícola / Eloísa Lutero Alves Rodrigues. --Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Durval Rodrigues de Paula Jr.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Resíduos. 2. Sílica. 3. Solos - Correção. I. Paula Jr., Durval Rodrigues de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Antonio Lutero Alves e Maria Inez Masaro Alves, por terem oferecido sempre apoio e compreensão, e serem os modelos de vida que me fizeram alcançar meus objetivos.

A meu marido, Ricardo Justi Rodrigues, pela paciência, incentivo e conforto nas horas difíceis.

E a meus filhos, Pedro Masaro Lutero de Souza e Eduardo Echenique Lutero Rodrigues, por permitirem que eu tirasse um pouco do tempo com eles para me dedicar a este trabalho.

200323338

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Durval, pela orientação e por acreditar na vontade de seus orientandos.

À FEAGRI, pela acolhida como aluna e pelo aprendizado adquirido.

À CROSFIELD por conceder o resíduo e pelo respeito à natureza.

À Lucent Technologies, por estimular o trabalho acadêmico e oferecer o espaço para o experimento.

Aos Profs. Drs. Ronaldo Berton e Carlos Espíndola pelo auxílio na organização da dissertação.

Aos Prof. Drs. Denis e Bruno, pela orientação, juntamente com o Prof. Dr. Durval.

À José Hermes Santos, pelo incentivo e por criar meios para que o experimento fosse desenvolvido com sucesso, em local adequado.

À Comissão de Pós-Graduação, por entender que o ser humano é humano e, por essa razão muitas vezes o corpo falha, mas a mente merece ser acreditada.

À equipe da DAC, que me atendeu com muito carinho e atenção durante todo o tempo de minha gravidez.

Ao Técnico Químico Isael dos Santos, por auxiliar nos testes de campo.

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Amplitude de variação dos teores de nutrientes em vinhaças.....25

TABELA 02 - Doses recomendadas para aplicação de vinhaça.....25

TABELA 03 - Potencial fertilizante da torta de filtro da produção de açucar e álcool 26

TABELA 04 - Conteúdo em macronutrientes de algumas plantas de lodos de esgoto 29

TABELA 05 - Composição em macronutrientes de alguns resíduos orgânicos 32

TABELA 06 - Níveis de fertilidade e respectivos intervalos nutricionais 34

TABELA 07 - Limites de interpretação das determinações relacionadas com a acidez da camada arável do solo.....36

TABELA 08 - Limites de saturação por bases, V, para algumas culturas.....43

TABELA 09 - Recomendação de calagem em $Mg.h^{-1}$, utilizados no método da SMP 46

TABELA 10 - Materias utilizados como corretivos de acidez de solos 49

TABELA 11 - Composição média e característica do resíduo de sílica amorfa...60

TABELA 12 - Dados comparativos entre o resíduo de sílica amorfa e diversos calcários 61

TABELA 13 - Características do resíduo de sílica amorfa utilizado.....66

TABELA 14 - Dados analíticos do latossolo roxo utilizado no experimento 68

TABELA 15 - Composição das misturas adicionadas ao solo para os diferentes tratamentos.....74

TABELA 16 - Resultado da adição das misturas sobre o pH.....82

TABELA 17 - Resultado da adição das misturas sobre a acidez potencial 84

TABELA 18 - Resultado das misturas no percentagem de saturação por bases.....87

TABELA 19 - Resultado das misturas na concentração de Ca, K e Mg Trocável ($mmol_c dm^{-3}$).....91

TABELA 20 - Efeito da adição das misturas de corretivos na capacidade de troca de cátions do solo.....92

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Relação entre pH e disponibilidade das bases: Ca, K e Mg.....40

FIGURA 02 - Fluxograma do processo de produção de sílica amorfa, com geração do resíduo estudado 63

FIGURA 03 - Aspecto de uma amostra de resíduo de sílica amorfa 65

FIGURA 04 - Esquema de montagem de cada vaso 74

FIGURA 05 - Arranjo e identificação dos tratamentos.....75

FIGURA 06 - Visualização da montagem do experimento.....76

FIGURA 07 - Influência da adição da mistura resíduo/carbonato como corretivo de pH 83

FIGURA 08 - Efeito do tratamento na acidez potencial.....85

FIGURA 09 - Efeito dos tratamentos sobre a saturação por bases.....88

FIGURA 10 - Efeito dos tratamentos sobre o cálcio.....90

FIGURA 11 - Efeito dos tratamentos sobre o potássio.....90

FIGURA 12 - Efeito dos tratamentos sobre o magnésio.....91

FIGURA 13 - Efeito dos tratamentos sobre a CTC do solo ($mmol_c dm^{-3}$) 93

LISTA DE ABREVIATURAS

CC	Capacidade de retenção de água
CTC	Capacidade de troca de cátions
DTPA	Ácido dietileno-triamino-pentacético
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
H + Al	Acidez potencial
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
ICASA	Instituto Campineiro de Análise do Solo e Aadubo S/A
M.O.	Matéria orgânica
NC	Necessidade de calagem
PN	Poder de neutralização
PRNT	Poder de neutralização relativo total
S.B.	Soma de bases
SMP	Shoemaker, Mclean e Pratt
USDA	United States Drugs Administration
USEPA	United States Enviroment Protection Agency
V	Porcentagem de saturação bases (%)
Vp	ntagem de sat. por bases: demanda planta
Vs	ntagem de sat. por bases existente no solo

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS vi

LISTA DE FIGURAS viii

ABREVIATURAS ix

RESUMO xiv

ABSTRACT xvi

1. INTRODUÇÃO 01

2. OBJETIVO 06

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 08

3.1. RESÍDUOS INDUSTRIAIS 09

3.1.1. Classificação dos resíduos 10

3.1.2. Problemas com resíduos industriais 13

3.1.3. Minimização, reutilização e reciclagem de resíduos 14

3.1.4. Alternativas de disposição 16

3.1.5. Disposição de resíduo no solo 18

3.2. USO AGRÍCOLA DE RESÍDUOS 19
3.2.1. Escória de siderurgia 21
3.2.2. Gesso agrícola 22
3.2.3. Calxisto 22
3.2.4. Vinhaça 23
3.2.5. Torta de filtro – Cana-de-açucar 26
3.2.6. Lixo urbano 27
3.2.7. Lodo de esgoto 28
3.2.8. Compostos orgânicos 30
3.3. CORREÇÃO DE SOLOS AGRÍCOLAS 33
3.3.1. Acidez do solo 35
3.3.2. Componentes da acidez do solo 37
3.4. CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS 38
3.4.1. Porcentagem de saturação por bases 39
3.4.2. Métodos de correção do solo 42
3.4.3. Corretivos agrícolas 48
3.5. RESÍDUO DE SÍLICA AMORFA 53
3.5.1. Sódio no solo 53
3.5.2. Sulfato no solo 55
3.5.3. A sílica no solo 55
3.6. AMOSTRAGEM DE SOLO 56
3.7. CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO 57

4. MATERIAIS E MÉTODOS 58

4.1. O RESÍDUO DE SILICA AMORFA 59

4.1.1. Estudos preliminares e origem do resíduo 59

4.1.2. Amostragem do resíduo na geração 64

4.1.3. Caracterização do resíduo 64

4.2. O SOLO 67

4.2.1. Amostragem e análise do solo 67

4.3. MÉTODOS 69

4.3.1. Quantidade corretivo – método de saturação por base 69

4.3.2. Adição de água – capacidade de retenção de água 71

4.4. LOCAL E MONTAGEM DO EXPERIMENTO 71

4.4.1. Materiais utilizados 72

4.4.2. Descrição do experimento 73

4.4.3. Amostragem da mistura solo e corretivo 77

4.5. PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO 77

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 79

5.1. EFEITO SOBRE O pH 80

5.2. EFEITO SOBRE A ACIDEZ POTENCIAL 83

5.3. EFEITO NA PERCENTAGEM DE SATURAÇÃO POR BASES 86

5.4. EFEITO SOBRE O CÁLCIO, POTÁSSIO E MAGNÉSIO 88

5.5. EFEITO SOBRE A CTC 90

6. CONCLUSÕES 94

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 97

8. ANEXOS 107

RESUMO

As empresas geradoras de resíduos sólidos têm sido pressionadas a desenvolver novas formas de utilização dos resíduos, pois os tratamentos e disposições convencionais, como aterros e incineradores, têm se mostrado onerosos e problemáticos, considerando as restrições impostas aos aterros e considerando o complexo processo de licenciamento dessas destinações.

O estudo da utilização do resíduo de produção de sílica amorfa como corretivo de solo agrícola está inserido no esforço da sociedade em buscar caminhos viáveis para os resíduos, sendo a opção, neste caso, o uso agrícola do resíduo.

Nesse sentido, neste trabalho realizaram-se análises físico químicas tanto no resíduo de sílica amorfa, como na mistura do resíduo, solo e carbonato de cálcio, em diferentes proporções misturados ao solo, que foi corrigido para indicação da potencialidade do resíduo como corretivo, possibilitando a comparação com o poder de correção do carbonato de cálcio.

Os resultados obtidos mostram que o resíduo de sílica amorfa quando adicionado ao latossolo utilizado foi capaz de melhorar os parâmetros de acidez (pH, H+Al, V%) em 48% da capacidade do carbonato de cálcio de correção. Na mistura com 62,5% de resíduo e 50% de carbonato de cálcio, a eficiência média do corretivo resultante foi de 95% do carbonato de cálcio puro.

Palavras-Chaves: resíduo, sílica, condicionador de solo, corretivo.

ABSTRACT

The industries that generate solid waste have been pressed to develop new ways of treating and disposing their waste. This is happening due to the fact that the existing traditional treatment and dispositions, like landfill and incineration, have become high cost and scarce, as the environmental permit process becomes more demanding and more complex.

The amorphous silicon solid waste utilization as an agricultural soil corrective is part of the society effort on seeking new ways to dispose and treat wastes. Thus, this paper presents the results and analysis of the potentiality for using the amorphous silicon waste by itself and as a mixture with the standard acidity corrective: calcium carbonate. Five different mixtures were added to the soil to verify what would be the benefits impact on agriculture soil acidity.

As the result, this experiment showed that the amorphous silicon waste could be used as an alternative to improve soil acidity. The waste used alone as acidity corrective (pH, H+Al, V%) presented about 62,5% efficiency when compared to calcium carbonate. A corrective mixture with 50% of calcium carbonate and 50% amorphous silicon waste increased the efficiency to 95%.

Key words: waste, silicon, soil conditioners.

1 - INTRODUÇÃO

A sociedade de consumo se sustenta na aquisição e consequente descarte de bens de consumo, tornando os produtos cada vez menos duráveis, para que haja maior consumo. Esse descarte não só incrementa os resíduos do produto em si, como também aumenta a geração dos demais resíduos presentes no processo produtivo desse produto. Estudos do resíduo gerado nas cadeias produtivas estão sendo realizados e contemplados na análise de ciclo de vida do produto. Vários autores já abordam a questão dos resíduos sólidos e a complexidade para equacionamento e solução de sua geração e descarte (FIGUEIREDO, 1995). O equacionamento dos resíduos resume-se na trilogia: reduzir o consumo de materiais; reutilizar o que já está produzido; e reciclar o que não pode ser reutilizado.

Com o estudo realizado neste trabalho busca-se reciclar o material que seria descartado para destinação final em aterros industriais. O resíduo em questão é gerado no ciclo de produção da sílica amorfa, que, por sua vez, compõe um série de produtos oferecidos no varejo, como: pasta de dentes, vernizes, borrachas, alimentos, dentre outros. A reutilização estudada é a de se incorporá-lo em corretivo agrícola para substituir parte do material virgem que compõem os corretivos convencionais como: calcários, carbonatos de cálcio e cal hidratada.

Por todo o mundo, os estudos de aplicação de resíduos no solo têm se inciado e se intensificado devido à potencialidade para tal aplicação, considerando que a maioria dos constituintes dos resíduos estão presentes nos

diferentes tipos de solo. Diferentes regiões possuem distintas composições do solo; alguns são mais ricos em alumínio, outros em ferro, ou em manganês, ou em chumbo e, quando a concentração é suficientemente alta, a área passa a ser considerada uma fonte de tal elemento.

Os processos produtivos no Brasil tendem a utilizar matérias-primas extraídas do próprio País, ou, mais especificamente, da região onde a indústria encontra-se instalada. Dessa forma, ao processar essa matéria-prima, os resíduos gerados em cada região tendem a ter diferentes composições, mesmo para indústrias com processos similares. (ALVES, 1998).

No Brasil, poucos e esparsos estudos de aplicação de resíduos industriais no solo têm sido feitos, e a geração desse tipo de material continua crescente. As alternativas de destinação apresentadas têm provocado certa controvésia nos setores da sociedade. O princípio da "Prevenção da Poluição" (SMA - AGENDA 21, 2000), que busca minimizar os riscos ao meio ambiente, tem provocado certo receio em empresas de grande porte, em investir no pioneirismo de alternativas, pois as incertezas sobre as respostas da natureza ao resíduo podem tanto solucionar o problema, quanto levar a remediações em áreas muito extensas, especialmente quando se trata de utilização de resíduo na agricultura como corretivo, que normalmente acarreta em aplicação em pequenas concentrações, porém em grandes áreas. Um exemplo de resíduo industrial que foi estudado e aceito como corretivo de solo agrícola é o gesso, gerado como resíduo no processo de produção de fertilizantes de enxofre (MALAVOLTA,

1992). A vinhaça e a torta de filtro, resíduos da produção de açucar e álcool, também são amplamente utilizadas como fertilizante (ELIAS, 1994). Mesmo com a ampla divulgação dos processos de fertirrigação com vinhaça, a aplicação inadequada pode contaminar os aquíferos. Existem cuidados especiais de aplicação de vinhaça em áreas de recarga de aquíferos que se extendem por macrorregiões, como é o caso do aquífero de Botucatu, que compõem o aquífero Guarani.

O Princípio da Prevenção da Poluição tem focado quase exclusivamente os resíduos, esquecendo-se da contaminação por produtos disponibilizados para aquisição pelo cidadão comum, no varejo. Aos produtos vendidos diretamente no mercado são definidos limites de contaminação por alguns elementos: tóxicos ou não, porém não existe o mesmo rigor no controle de prevenção de poluição com produtos industrializados, como existe para o caso das atividades com resíduos. Alguns estudos desenvolvidos no Estado de São Paulo mostram que vários insumos inorgânicos agrícolas apresentam metais pesados em sua composição (MALAVOLTA, 1992). Esses insumos, como o calcário, são aplicados normalmente nos solos, e embora existam alguns limites para comercialização, esse corretivo é utilizado sem muita observação e controle de contaminantes.

Muitas empresas de grande porte preferem incinerar seus resíduos a enviá-los para aterros, pois não existem garantias de que a mantas de proteção/ impermeabilização não venham a ser rompidas por efeitos naturais adversos,

como acomodações das camadas subterrâneas. A opção pela incineração ocorre por falta de estudos que comprovem a segurança das alternativas aparentemente viáveis.

A aplicação agrícola de resíduos industriais reduzirá as áreas de sacrifício para a construção de aterros, bem como otimizar a utilização dos recursos terrestres já explotados, aumentando a vida útil das reservas minerais, de onde se obtém o mineral que o resíduo deverá substituir na agricultura: princípio ecodesenvolvimentista de responsabilidade para com as futuras gerações.

Neste trabalho foi estudado um resíduo considerado não perigoso e não inerte, classe II. Essa classe de resíduo é a que apresenta o maior volume gerado no Estado de São Paulo. O estudo está inserido em um espectro mais amplo de avaliação da capacidade de alguns resíduos industriais em corrigir o pH do solo. Essa avaliação envolveu outros parâmetros que podem ser ser melhorados, como: capacidade de troca de cátions (CTC), bem como o incremento dos elementos cálcio e magnésio, quando comparados aos corretivos comumente utilizados, como o calcário.

Este trabalho de pesquisa colabora com dados científicos para a questão urgente de se buscar alternativas para utilização dos resíduos sólidos que hoje estão sendo acumulados em aterros espalhados por todas as regiões do planeta e que serão deixados como herança não completamente inventariada para as futuras gerações.

2 - OBJETIVO

Avaliar o potencial de utilização do resíduo gerado no processo de produção de sílica amorfa, como corretivo da acidez do solo agrícola, tanto puro como incorporado, comparando-o com o corretivo padrão: carbonato de cálcio, mediante da análise dos parâmetros de fertilidade utilizados comumente para avaliação da condição de acidez do solo: pH, acidez potencial e saturação por bases.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Devido a complexidade do assunto, o conceito de resíduo industrial tem sido repensado. O avanço da tecnologia de reprocessamento e a escassez recursos naturais e de áreas aprovadas para aterros, levaram a sociedade a reclassificar muitos materiais, que passaram a ser conceituados como subprodutos, e não mais como resíduos. (DAVIS, 1997).

Enquanto esse conceito é discutido e revisto, a definição aceita no Brasil para fins de fiscalização, controle e classificação de resíduos sólidos é descrita pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, que publicou a norma NBR 10.004, "Resíduos Sólidos - Classificação". A NBR 10.004 define *"Resíduos Sólidos"*, como: "Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviáveis o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível".

No âmbito Federal, o manejo dos resíduos sólidos é disciplinado pela resolução CONAMA n°.1, de Setembro de 1986. Os resíduos sólidos industriais

são muitas vezes erroneamente referidos como resíduos perigosos. Os resíduos sólidos industriais abrangem outras classes de resíduos, como o inerte, por exemplo. Para orientar o manuseio e destinação adequados dos diferentes tipos de resíduos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT – utiliza-se da Norma NBR 10.004, para também classificar esse material baseando-se em sua composição e suas propriedades. Essas definições estão apresentadas no item a seguir.

3.1.1 Classificação dos Resíduos

De acordo com a NBR 10.004, os resíduos são classificados em:

a) resíduos classe I - perigosos;

b) resíduos classe II - não-inertes;

c) resíduos classe III - inertes.

Resíduos Classe I - perigosos, são aqueles que apresentam periculosidade, conforme definido a seguir, ou uma das características seguintes: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Periculosidade: Característica apresentada por um resíduo, que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podem apresentar: risco à saúde pública e riscos ao meio ambiente.

Resíduos Classe II - não inertes, são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - perigosos ou de resíduos classe III - inertes, nos termos da NBR 10.004. Os resíduos classe II - não-inertes podem ter propriedades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

Resíduos Classe III - inertes, são definidos como quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo NBR 10.007 – "Amostragem de Resíduos", e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, segundo NBR 10.006 – "Solubilização de Resíduos", não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez, e sabor: Como exemplo destes materiais, podem-se citar: rochas, tijolos, vidros e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente.

Os resíduos industriais são mais controlados pelos órgãos de fiscalização do que os resíduos domésticos, pois muitas vezes os municípios não possuem recursos e vontade política para atuar de forma adequada com essa questão. A própria responsabilização do município e as multas a ele revertidas acabam sendo, na verdade, dívidas do cidadão e não do representante legal pelo município. Já no caso da indústria, a Lei de Crimes Ambientais 9.605/98

responsabiliza o representante legal da empresa. As indústrias multinacionais situadas no Brasil estão sob controle também da própria matriz que cria mecanismos para evitar ter seu nome diretamente veiculado na imprensa como responsáveis pela contaminação de solo, ar e rios (ALVES, 1998).

Muitas empresas preferem não arriscar com experimentações de aplicação de resíduo no solo, pois as metodologias de avaliação de risco são ainda muito incipiente e o custo de remediação em áreas agrícolas é muito elevado. As metodologias de avaliação de risco baseiam-se na mesma utilizada para avaliação de áreas contaminadas proposta pela USEPA de 1989, na qual a verificação da probabilidade de danos à saúde da população dá-se pela determinação da taxa diária de ingresso dos poluentes estudados e da quantificação dos riscos à saúde decorrente deste ingresso. Esse procedimento foi desenvolvido de modo a atender a legislação norte-americana que estabelece a necessidade de adoção de ações de remediação em áreas contaminadas, com o objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente contra danos atuais ou potenciais advindos da liberação não controlada de substâncias perigosas. As seguintes etapas são consideradas nesta metodologia: coleta de dados, avaliação dos dados, avaliação da toxidade, avaliação das vias de exposição e caracterização do risco. Uma abordagem mais completa sobre esse assunto, foi reportada por BETTIOL, et al., (2000).

3.1.2 Problemas com Resíduos Industriais

A sociedade capitalista que se desenvolve no Brasil e no mundo tem por base o estímulo ao consumo de produtos industrializados, sendo que os produtos descartáveis têm se tornado cada vez mais comuns. Como resultado do consumo desenfreado, a geração de resíduos e sub-produtos industriais tem aumentado mais rapidamente do que a velocidade de aprovação de alternativas para destinação e tratamento desses materiais (FIGUEIREDO, 1995).

Devido a falta de unidades de tratamento destes resíduos na região de sua geração, a situação dos resíduos industriais pode ser preocupante, como é o caso do resíduo de sílica amorfa gerada na indústria Crosfield no Município de Rio Claro, pois acarreta altos custos para a disposição em outras regiões, e riscos relativos ao armazenamento temporário em condições nem sempre adequadas.

A falta de unidades de tratamento e disposição de resíduos fez com que a CETESB concordasse com o armazenamento temporário dos mesmos na própria empresa geradora, o que tem resultado no aumento do volume estocado aguardando uma solução. Por outro lado, a aceitação por parte do órgão fiscalizador, de tal procedimento, tem sido justificativa para diminuir os investimentos das empresas no setor de alternativas para a destinação, uma vez que o armazenamento temporário permite que as empresas invistam a curto prazo em outras unidades fabris que geram novas receitas (JAAKKO PÖYRY, 1996).

Embora muitos inventários de resíduo tenham sido desenvolvidos no Brasil, a maioria apresenta apenas um quadro da situação dos resíduos industriais e domésticos. O passo seguinte que é a gestão desses resíduos ainda é bastante incipiente. Basicamente, essa gestão tem se limitado a cadastrar empresas geradoras e utilizadoras, e a exigir certificados de aprovação de empresas com resíduos considerados prioritários pela CETESB. Nesse modelo de gestão de resíduos, inclui-se a demora no licenciamento de unidades de tratamento e disposição de resíduos industriais perigosos, que geralmente é superior a 4 anos de trâmites de documentos até a emissão da licença (JAAKKO PÖYRY, 1996). A resolução CONAMA n° 1/86 em seu artigo 2° inciso X, estabelece que aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos, dependerão da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente.

3.1.3 Minimização, Reutilização e Reciclagem de Resíduos

O Capítulo 21 "Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com esgotos", da Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1992, enfatiza a forma de gestão de resíduos sólidos por meio de minimização, reutilização e reciclagem de

resíduos, considerando que a expectativa é que, se for mantido o ritmo atual, até 2025 a quantidade de resíduos deverá quadruplicar ou quintuplicar. Uma abordagem preventiva do manejo dos resíduos centrada na transformação do estilo de vida e dos padrões de produção e consumo oferece as maiores possibilidades de inverter o sentido das tendências atuais (SMA, 1997).

A primeira consideração a ser feita para gerir a problemática dos resíduos é exatamente a possibilidade de redução de geração na fonte: minimização. Ela pode ser alcançada mediante a substituição e a purificação de matérias-primas e, evidentemente, com a substituição de tecnologias, com a modernização dos processos, otimização dos arranjos dos equipamentos e tubulações e redução nos consumos de água e energia elétrica. Finalmente, o treinamento de pessoal por meio de programas de educação ambiental e a segregação dos resíduos para reaproveitamento futuro são mudanças de procedimentos e práticas operacionais especialmente importantes na minimização de resíduos na fonte (ZIRM, 1990).

Em relação à reciclagem e a reutilização dos resíduos industriais, fatores como a proximidade das instalações de processamento, custos de transporte dos resíduos, volume de resíduo disponível para processamento e custos de estocagem influenciam sua viabilidade. A recuperação de um resíduo está intrinsecamente associada ao preço de mercado, e será justificada se resultar em um produto mais barato ou se for mais econômico recuperar, do que transportar e tratar, ou dispor adequadamente (BIDONE, 1999).

3.1.4 Alternativas de Disposição

Nos documentos e ações de gestão de resíduos sólidos dos órgãos de fiscalização ambiental no Brasil, não está sendo dada a devida atenção à etapa de estímulo ao estudo e implantação de alternativas para tratamento e destinação de resíduos. As incertezas de viabilidade e aprovação de alternativas tem feito com que as empresas geradoras estoquem seus resíduos, enquanto aguardam que o governo e empresas específicas de tratamento de resíduos promovam as discussões e façam os investimentos necessários para viabilização de unidades de tratamento e destinação (JAAKKO PÖYRY, 1996).

Mesmo as soluções apresentadas como alternativas para os resíduos sólidos estão baseadas em técnicas comuns de disposição e tratamento empregadas há mais de 25 anos. Essas técnicas são aprovadas ou não dependendo da composição do resíduo, do sistema de controle de poluição na empresa receptora, da unidade da federação onde a unidade receptora se encontra. Alguns estados brasileiros são mais restritivos que outros na aprovação de destinação (ALVES, 1997).

As possibilidades nas quais as unidades de tratamento e destinação estão baseadas são apresentadas a seguir (CETESB, 1993):

I) Aterros Industriais;

II) Aterros Sanitários Domésticos;

III) Incineradores;

IV) Co-processamentos em cimenteiras;

V) Co-processamento em cerâmicas;

VI) Queima em caldeiras para geração de vapor;

VII) Incorporação em concreto;

VIII) Reprocessamento;

IX) Pirólise;

X) Landfarming, e;

XI) Uso agronômico de resíduos.

Apesar da prática do uso agronômico de resíduos orgânicos domésticos e agrícolas ser bastante antigo e muito difundida, o mesmo não acontece com os resíduos industriais, principalmente os inorgânicos.

Como exemplo de busca de alternativas para utilização de um resíduo industrial, podemos citar o Relatório de Alternativas para destinação do Resíduo de Sílica Amorfa (ALVES, 1997), desenvolvido pela empresa Crosfield e apresentado durante o Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental da ABES em Foz do Iguaçu, 1997.

Nesse relatório foram apresentadas as alternativas identificadas a partir do estudo da utilização do produto principal: sílica amorfa, uma vez que o resíduo possui cerca de 88% de sílica amorfa perdida no processo produtivo. São apresentadas 23 possibilidades, além dos aterros industriais. Algumas das alternativas aplicação potenciais são: em tijolos e lajotas; refratários; fritas cerâmicas; cimentos e argamassas; blocos de concreto; vidros; corretivo de solo;

proteção de semente; produção de silicato de sódio; construtoras como areia; reforço em pneus; reforço em solados de sapatos; absorção de impurezas da gordura animal na produção de sabões; substituição do talco na produção de sabão em pó; carga para evitar empedramento de fertilizante (free flow); incorporação em tintas foscas, dentre outras. Porém para possibilitar cada uma dessas aplicações, será necessário realizar algum tipo de beneficiamento, do tipo secagem forçada, ou moagem, ou lavagem para remoção de sais, ou peneiramento, ou acidificação. No ano em que foi feito o relatório, 1997, o resíduo era empregado na produção de tijolos.

Muitas vezes o custo do beneficiamento específico para cada alternativa torna a mesma não tão atrativa economicamente. De qualquer forma, a destinação de aterro industrial utilizada antes da realização do relatório era também considerada onerosa. A utilização como corretivo de solo é a menos onerosa, pois não exige beneficiamento do resíduo. Cabe a empresa e ao órgão ambiental a decisão sobre quais alternativas utilizar, mesmo que a sejam onerosas, e desde que não represente prejuízo ao meio ambiente e ao consumidor dos produtos.

3.1.5 Disposição de Resíduo no Solo

A aplicação de resíduo no solo é permitida apenas com 3 objetivos:

a) para estocagem no solo, na forma de aterro industrial;

b) para tratamento de resíduo, na forma de *landfarming*;

c) para uso agronômico do resíduo, como insumo agrícola.

O uso agronômico de resíduos é uma das técnicas mais antigas de destinação de resíduos orgânicos, sendo que os principais elementos aproveitados pela cultura agrícola são o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Os elementos traços minerais também são importantes e estão contidos tanto no resíduo doméstico e como no resíduo industrial. Porém, neste último os elementos traços essenciais para a planta, os micronutrientes, são encontrados em maiores concentrações. Por estar em maior concentração, esses elementos podem se tornar tóxicos às plantas quando não aplicados corretamente ao solo. Assim, o uso agronômico de resíduos industriais deve ser feito somente após o processamento adequado e controlado e após a recomendação criteriosa de dosagem e aplicação. Tal cuidado, na verdade deveria ser tomado com qualquer material adicionado ao solo, quer seja resíduo, calcário ou matéria orgânica (ALVARENGA, 1995).

3.2 USO AGRÍCOLA DE RESÍDUOS

Uma das alternativas que vem sendo explorada para destinação do resíduo sólido é a utilização do mesmo na agricultura, e, nesse sentido, pode-se

considerar tanto o seu descarte em solo para depuração de sua carga orgânica, quanto o uso racional como fonte de matéria orgânica, da qual os solos de clima tropical são particularmente carentes, como fornecedor de nutrientes para as plantas. Entretanto, seja qual for o uso agrícola considerado não se pode esquecer que resíduos, além da presença benéfica de materiais orgânicos e nutrientes, pode também conter compostos orgânicos estáveis tóxicos e metais pesados (MATTIAZZO, 1994).

O uso agrícola de resíduos apresenta-se mais complexo quando se considera material gerado em atividade que utiliza matéria-prima agrícola, e que, devido ao processo industrial, são adicionados componentes estranhos à agricultura. Ainda maior é o grau de dificuldade quando os compostos possuem metais pesados e, associado a isso, a possibilidade de o solo ter uma capacidade limitada de armazenamento desses metais. Níveis próximos a essa capacidade ou que a ultrapassem, podem significar aumento da mobilidade e biodisponibilidade desses metais, o que pode resultar em toxicidade a plantas e animais. Ainda não foram definidos os parâmetros que orientem a adição de resíduos contendo metais em solos agrícolas sob clima tropical; o que existe é uma proposta de se considerar o conteúdo de argila desses solos associado ao seu conteúdo total de óxidos de ferro e alumínio como parâmetros para essa adição (MATTIAZZO, 1994).

Atualmente, para que os resíduos possam ser aceitos como corretivos, devem ser submetidos aos processos da Secretaria de Defesa Agropecuária, que

definirá as condições de aprovação do mesmo. Nenhum resíduo poderá ser comercializado ou utilizado como corretivo sem aprovação do Secretaria de Defesa Agropecuária.

Um dos primeiros exemplos de condicionamento de aprovação é o Calxisto, através do Processo n° 21000.007253/93-48. Outro exemplo de resíduo aprovado é a escória de siderurgia. Uma abordagem sucinta sobre o uso dos principais resíduos utilizados na agricultura está desenvolvida nos próximos itens.

3.2.1 Escória de Siderurgia

A escória de siderurgia é um sub-produto da indústria do aço. É composta por silicatos de cálcio e/ou de magnésio, além de fosfatos. Sua ação neutralizante é semelhante a do calcário, com base nos silicatos porém, a base de silicato é considerada uma base fraca (MALAVOLTA, 1992).

A aplicação de escória de siderurgia (20% de $CaSiO_3$) em solos ácidos cultivados com cana-de-açúcar, reduziu em até 47% a demanda por fósforo, notadamente em ambientes cauliníticos (CARVALHO, et al., 2000). A região de Piracicaba possui Siderúrgicas que geram tal resíduo e que o emprega na agricultura local.

3.2.2 Gesso Agrícola

O gesso agrícola é um sub-produto da indústria de fertilizantes fosfatados concentrados e contém cerca de 20% de cálcio e 15% de enxofre, sendo considerado uma importante fonte de cálcio e de enxofre para as plantas. O gesso agrícola também contém cerca de 0,7% de fósforo e 0,6% de flúor, o que, em grande quantidade de aplicação, pode melhorar a disponibilidade do fósforo do solo e reduzir a toxidez do alumínio, pois o flúor, tanto quanto o sulfato, reagem com o alumínio formando o fluoreto de alumínio e o sulfato de alumínio.

Para locais onde se necessita melhorar a acidez das camadas mais profundas do solo, costuma-se utilizar o gesso, pois o sal de sulfato de cálcio nele contido é mais solúvel que o carbonato de cálcio do calcário, sendo assim lixiviado para camadas mais profundas do solo (GUILHERME, 1994).

O gesso não eleva o pH da solução, mas aumenta a concentração de cálcio na mesma. Deve-se destacar que o cálcio é o nutriente mais importante para o crescimento da raiz.

3.2.3 Calxisto

O Calxisto é um resíduo gerado na extração e beneficiamento de xisto betuminoso, principalmente na região Sul do País.

A empresa de extração do xisto observou que o calxisto possuía características de alcalinidade e que havia potencial para aplicação agrícola. Dessa forma, pelo Processo n° 21000.007253/93-48, junto à então Secretaria de Defesa Agropecuária, foi dado início ao trabalho de inclusão do calxisto como corretivo de acidez do solo, culminando na publicação da Portaria n° 66 de 05/04/1994. Essa portaria autoriza a utilização do calxisto no solo com a condição de que os ambientes agrícolas onde ele for utilizado, seja monitorada durante pelo menos 10 anos.

3.2.4 Vinhaça

A vinhaça, embora não seja um resíduo sólido, merece ser referenciada neste trabalho por ser o resíduo agroindustrial mais estudado como condicionante de solo, no Estado de São Paulo (ELIAS, et al., 1994).

A utilização da vinhaça como condicionante do solo veio resolver o problema do destino de um subproduto (resíduo classificado como classe II) da fabricação de açúcar e álcool, a partir da cana-de-açúcar, gerado em grande quantidade (9 a 18 $L.L^{-1}$ álcool) de complicado descarte (LONGO, et al., 1999).

A vinhaça, devido às suas características químicas, presta-se com substituta de alguns fertilizantes minerais. O cálculo da dosagem de aplicação é baseado no teor de potássio (K_2O) do resíduo e da CTC do solo. A atividade

biológica no solo é intensificada com a adição de vinhaça. Isso decorre de uma perda acentuada do carbono orgânico que é incorporado ao solo (CAMARGO, et al., 1983). Glória apresenta a amplitude dos teores de micronutrientes, pH e carbono orgânico em vinhaças na Tabela 01, e as doses recomendadas para a aplicação de vinhaça na Tabela 02.

A vinhaça é aplicada ao solo objetivando diminuir a utilização de fertilizantes potássicos, o que resultou também em incremento de matéria orgânica. Esse resíduo ainda pode ser melhorado pela biodigestão, como mostra o estudo de Longo, et al., (1999), o que auxiliar no controle da acidez quando da aplicação de calcário, disponibilizando mais cálcio no complexo trocável do solo.

Resíduos da atividade industrial que usam matéria-prima agrícola e onde não é adicionado ao processo nenhum elemento estranho à atividade agrícola, podem ter seu uso viabilizado com relativa facilidade. É o caso dos resíduos gerados pela indústria de açúcar e álcool que anteriormente à década de 70 causaram um grande problema ambiental na Estado de São Paulo, devido à seu descarte em cursos d'água (MATTIAZZO, 1994).

A utilização da vinhaça como condicionante do solo veio resolver o problema do destino de um subproduto da fabricação de açúcar e álcool, a partir da cana-de-açúcar, gerado em grande quantidade e de complicado descarte (LONGO, et al., 1997).

TABELA 01 - Amplitude de variação dos teores de nutrientes em vinhaças (g L^{-1})

Nutriente	Mínimo	Máximo
N	0,3	0,8
P_2O_5	0,1	0,5
K_2O	1,0	8,0
CaO	0,2	2,0
MgO	0,2	1,5
SO_4	1,0	2,0
C. orgânico	5,8	17,2

Adaptado de Glória, 1994

TABELA 02 - Doses Recomendadas para aplicação de vinhaça

Teor de K no solo (mg.Kg^{-1})	Quantidade de K_2O via vinhaça (Kg.ha^{-1})
< 80	360
80 – 120	240
121 – 150	180
> 150	90

Adaptado de Glória, 1994

3.2.5. Torta de Filtro – Cana-de-Açúcar

A torta de filtro gerada na etapa de clarificação no processo de produção de açúcar e álcool tem sido utilizada rotineiramente nas soqueiras em talhões nas plantações de cana-de-açúcar. Essa prática era feita de forma experimental apenas, sem base científica e, atualmente, ela foi estudada cientificamente. O valor fertilizante da torta de filtro mostra que ela apresenta ao redor de 70 a 75% de umidade, 25 a 30% de matéria orgânica de 1 a 2% de constituintes minerais. A Tabela 03 mostra a quantidade de alguns nutrientes presentes na torta de filtro, comparando-a com fertilizantes químicos. Um levantamento realizado em diversas usinas mostrou variações na aplicação de torta úmida 22 a 40Kg por tonelada de cana moída (COPERSUCAR).

TABELA 03 - Potencial Fertilizante da Torta de Filtro da Produção de Açúcar e Álcool (75% de umidade).

Nutriente	$Kg.ha^{-1}$	Fertilizante Químico
N	88,12	196 Kg de uréia
P_2O_5	121,21	270 Kg de superfosfato 3
K_20	24,38	40 Kg de cloreto de potássio
CaO (a)	131,25	525 Kg de calcário dolomítico (a+b)
MgO (b)	55,62	

3.2.6. Lixo Urbano

Segundo Melo, et al., (1997), dá-se o nome de lixo aos resíduos urbanos sólidos e semi-sólidos resultantes de toda e qualquer atividade humana ou animal e que não tenham valor ou utilidade suficiente para serem conservados e que não sejam estritamente industrial. Em cidades de pequeno e médio porte, estima-se que a produção diária de lixo por habitante seja da ordem de 400-600g, valores estes que chegam a 1500g em cidades de grande porte. A disposição dos resíduos domiciliares a céu aberto causa uma série de problemas: contaminação das águas superficiais e do lençol freático, proliferação de insetos e pequenos animais transmissores de doenças, poluição do ar (mau cheiro), depreciação dos imóveis localizados na proximidades, foco de doenças para pessoas que atuam como catadores de lixo. O que se procura é um tratamento integrado do lixo, que envolva a catação de vidro, material ferroso, pilhas, pano, papelão, que serão reciclados, restando o material orgânico que pode ser compostado ou vermicompostado como adubo orgânico (MELO, et al., 1997).

A compostagem consiste na oxidação do material orgânico oriundo do lixo por uma sucessão rápida de população microbianas sob condições aeróbias, dando origem a um produto estabilizado, de coloração escura, em que os compostos orgânicos sofreram mineralização e processos de neo-síntese, assumindo natureza coloidal denominado composto. Pela riqueza em matéria orgânica e nutrientes para as plantas e pela ausência de microorganismos

patogênicos, o composto apresenta características que o recomendam para uso agronômico (KHIEL, 1993). Segundo Melo, et al., (1997) o composto de lixo urbano é rico em sódio (Na) e potássio (K), principalmente no primeiro, de tal sorte que, ao aumentar a concentração destes na solução do solo, promove-se um aumento na condutividade elétrica. Por outro lado, Na e K deslocam o Ca e o Mg absorvidos na superfície dos colóides do solo, causando dispersão dos colóides do solo, com redução na condutividade hidráulica.

Desta forma, a aplicação de doses elevadas de composto de lixo urbano (200 ou mais t ha^{-1}) em condições de baixa precipitação pluviométrica pode causar a salinização do solo.

3.2.7. Lodo de Esgoto

Em função da origem e do processo de obtenção utilizado, o lodo de esgoto apresenta composição muito variável, sendo um material ainda rico em matéria orgânica (40-60%), em nitrogênio e em alguns micronutrientes, caso do zinco, por exemplo. O USDA (1980) considera um lodo de esgoto típico como contendo 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo e 0,4% de potássio. O lodo de esgoto contém todos os macronutrientes essenciais e benéficos para o desenvolvimento dos vegetais, como se pode observar pelos valores apresentados na Tabela 04.

TABELA 04 - Conteúdo em macronutrientes de algumas plantas de lodos de esgoto.

Elemento	SABESP			SANEPAR	
	Barueri	V.Leopoldina	Franca	ETE	RALF
			g kg-1 base seca		
Carbono			390	321	201
N-Kjeldahl	22,5	18,5	79,1	49,1	22,1
Fósforo	3,2	9,4	10,6	3,7	2,1
Potássio	0,04	1,6	0,63	1,5	1,4
Cálcio	72,9	5,6	22,1	15,9	8,3
Magnésio	9,6	2,4	2,1	6,0	3,0
Enxofre	5,1	10,1			

Fonte: BETTIOL, 2000.

3.2.8. Compostos Orgânicos

A alta dos preços dos fertilizantes fez com que algumas empresas, como a COPERSUCAR, estudassem a matéria orgânica como complemento na adição de fertilizantes minerais no solo. Esses estudos revelaram excelentes respostas, principalmente em solo arenosos. Esses efeitos do material orgânico podem ser devido aos seguintes fatores (COPERSUCAR):

- Os elementos minerais adicionados à matéria orgânica estão menos sujeitos à lixiviação, devido aos sítios ativos existentes na matéria orgânica – aumento na CTC da mistura com o solo;
- Mineralização e decomposição da matéria orgânica, gerando certos compostos quelantes que ajudam na retenção de nutrientes minerais;
- A matéria orgânica auxilia o processo de retenção de água no solo, e;
- Aumento da biota do solo, tornando-o mais completo no que se refere aos organismos que atuam bioquimicamente nos processos de fixação de nitrogênio no solo.

Os lodos de tratamento de efluentes domésticos contém, dentre outros componentes, fósforo e matéria orgânica, que é material de extrema relevância para melhorar a fertilidade do solos (SANEPAR, 1997). A tabela 05 mostra a composição de macronutrientes em alguns resíduos orgânicos utilizados na

agricultura. A principal preocupação em relação a este lodo é a contaminação com componentes tóxicos devido a contribuição de efluentes industriais na rede de esgoto municipal (MIYAZAWA, 1996).

Alguns tipos de lodo de estação de tratamento de efluentes, tanto de origem doméstica quanto industrial, estão sendo utilizados com finalidade agronômica na correção de solos. Os lodos de tratamento de efluentes galvânicos são utilizados por empresas que produzem micronutrientes para agricultura. O principal componente que se deseja nesse caso é o zinco (MALAVOLTA, 1986).

Em Agosto de 1999 a CETESB desenvolveu o projeto de norma P 4230, intitulado "Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – critérios para projeto e operação" que visa orientar a aplicação de lodo de esgoto na agricultura, citando desde as responsabilidades até o modelo de roteiro para elaboração de projetos.

TABELA 05 - Composição em macronutrientes de alguns resíduos orgânicos

Resíduo	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg-1 base seca					
Esterco de curral	17,3	2,0	8,5	5,5	3,9	0,2
Cama de poedeira	23,8	23,0	19,1	7,7	77	-
Composto de lixo	12,3	2,8	8,0	25,1	3,4	-
Vinhaça (g L^{-1})	0,31	0,11	3,6	0,79	0,27	0,92
Cama frango de corte	27,7	16,7	25,7	23,7	6,0	-
Torta de filtro	7,0	5,0	3,0	35,0	2,0	1,0
Torta de mamona	16,5	8,1	12,0	6,8	6,1	-
Esterco de Suíno	20,2	-	12,6	-	-	-
Lodo de esgoto	79,1	10,6	0,63	22,1	2,1	-

Fonte: BETTIOL, 2000.

3.3. *CORREÇÃO DE SOLOS AGRÍCOLAS*

Todo solo para ser cultivado deve ser convenientemente analisado para verificar sua adequação à cultura que será desenvolvida no mesmo. O solo fértil e equilibrado depende da composição dos elementos químicos, da acidez, dos microorganismos, das quantidade de matéria orgânica, da textura e da estrutura do solo (ALVARENGA, 1995). Nas análises comuns de fertilidade de um solo os microorganismos, a textura e a estrutura do solo em geral não são considerados, a menos que seja solicitado aos laboratórios (RAIJ, 1996).

Todos os componentes do solo que estão deficientes podem ser incorporados para adequação. Nas incorporações deve-se considerar os custos e o tempo para atingir o patamar desejado.

As bases trocáveis de importância ao desenvolvimento das plantas cultivadas, além da influência sobre a acidez do solo e da capacidade de troca de cátions, são elementos oriundos e relacionados ao material de origem e regulados pelos processos de formação do solo. É em função de seus teores, que se qualificam os solos no que diz respeito à sua fertilidade natural (alta, média ou baixa). Em termos gerais, os níveis de fertilidade natural podem ser expressos quantitativamente como apresentados na Tabela 06, os quais auxiliam na seleção dos solos para fins de aptidão agrícola. Dentre esses parâmetros, merece atenção o alumínio, de um modo geral, quase sempre relacionado com o pH. Tal elemento indica a necessidade de aplicação de calcário, tanto para baixar a

acidez, possibilitando a absorção dos demais nutrientes, quanto para prover cálcio às plantas, sobretudo nos oxissolos, por apresentarem baixos teores de Cálcio e Magnésio e, possuir alumínio trocável alto (SILVA, 1995).

TABELA 06 - Níveis de fertilidade e respectivos intervalos nutricionais ($mmol_c\ Kg^{-1}$)

Nutrientes	F.Baixa	F.Média	F. Alta
Cálcio	< 2,0	2,0 – 5,0	> 5,0
Magnésio	< 1,0	1,0 – 3,0	> 3,0
Potássio	< 0,10	0,10 – 0,25	> 0,25
Alumínio	> 2,0	0,8 – 2,0	<0,8

Tabela modificada de Silva, 1996

É fundamental analisar o conteúdo total de bases, indicado pela porcentagem de saturação de bases, V%, que engloba Ca+Mg+K. Ao se incluir o alumínio trocável e o hidrogênio, compõem-se o índice "T", também expresso como "CTC" – Capacidade de Troca de Cátions.

Após análises químicas em solos, pode ser observada a ocorrência natural de concentrações tóxicas de elementos que o constituem. A técnica utilizada em solos com essa condição é a de reduzir a disponibilidade para a

planta pela variação na sua acidez ou da adição de elementos que substituem os elementos tóxicos da solução do solo (CHANEY, 1976).

Uma das características do solo brasileiro mais comumente analisadas é a acidez, principalmente porque cerca de 70% dos solos cultivados em nosso País apresentam problemas relacionados à acidez excessiva (VALE, 1995).

3.3.1. Acidez do Solo

O processo de acidificação do solo consiste na remoção dos cátions básicos: Ca^{+}, Mg^{+}, K^{+} e Na^{+} do sistema solo, sendo substituídos por cátions ácidos: Al^{+3} e H^{+} (GUILHERME, 1994). A acidez depende de diversos fatores intrínsecos do solo, bem como de fatores externos sendo os principais, os seguintes:

a) material de origem do solo com pouca quantidade de bases;
b) processo de lixiviação intenso;
c) decomposição intensa de matéria orgânica;
d) precipitações pluviais ácidas;
e) fertilização do solo com produtos acidificantes: uréia, sulfato de amônia;
f) balanço de absorção de cátions e ânions pelas raízes.

Esses fatores resultam em acidificação mais ou menos intensa no solo. Para se conhecer seu grau de acidificação, devem-se avaliar alguns parâmetros

que expressam a condição química do solo agrícola. Os parâmetros normalmente analisados são: pH, acidez potencial e porcentagem de saturação por bases. Dependendo dos fatores acima o solo pode ser considerado desde muito ácido até com acidez muito baixa. A Tabela 04 apresenta os limites para determinação do grau de acidez do solo baseado na sua camada arável, que, para objetivo de cálculos e estudos é aquela de 20cm, a partir da superfície (RAIJ, 1996).

TABELA 07 - Limites de interpretação das determinações relacionadas com a acidez da camada arável do solo

ACIDEZ	***pH em $CaCl_2$***	***V (%) - saturação por bases***
Muito Alta	Até 4,3	0-25 - Muito Baixa
Alta	4,4-5,0	26-50 - Baixa
Média	5,1-5,5	51-70 - Média
Baixa	5,6-6,0	71-90 - Alta
Muito baixa	> 6,0	> 90 - Muito Alta

Fonte: RAIJ, 1996

3.3.2. Componentes da acidez do solo

A acidez do solo não é determinada somente pela concentração de hidrogênio na solução do solo, como comumente se procede na química tradicional. A acidez do solo é composta pela **acidez ativa** e pela **acidez potencial** ou trocável. A fração de H^+ do sistema de solução do solo representa apenas a Acidez Ativa, que é medida pelo índice de pH. Comumente o pH é determinado em água, porém a presença de sais no solo reduz o valor do pH medido. Por isso alguns laboratórios apresentam os valores de pH medidos em solução de $CaCl_2$, que permite manter constante a concentração salina, eliminando o efeito dos sais. Normalmente, o pH em $CaCl_2$ é 0,5 unidades menor que o pH em água (CARVALHO, 1995).

À medida que a acidez ativa é corrigida, a fase sólida coloidal do solo libera íons H^+ e Al^{+3} para a fase líquida do sistema. Nisso constitui a Acidez Potencial [$H^+ + Al^{+3}$] do solo.

O alumínio é um componente de destaque na acidez, pois, ao ser deslocado dos sítios de absorção para a solução este cátion hidrolisa produzindo íons de H^+, como mostra a reação 01.

$$Al(H_2O)_6^{+3}{}_{(solução)} \rightleftharpoons Al(OH)(H_2O)_5^{+2}{}_{(solução)} + H^+$$

Pela hidrólise o alumínio trocável gera-se acidez ativa que existia como potencial. De outra forma, o alumínio representa parte da acidez potencial denominada Acidez Trocável. Em pH acima de 6,0 o alumínio reage com as hidroxilas adicionadas via calagem, até precipitar-se na forma de $Al(OH)_3$, o que o indisponibiliza para a absorção pela planta (GUILHERME, 1994). O alumínio insolúvel não é extraído na análise química para avaliação da acidez potencial.

De acordo com a literatura, a concentração de alumínio já é considerada alta para valores acima de 30,0 $mmolc.dm^{-3}$, e baixa quando inferior a 3,0 $mmolc.dm^{-3}$ (VALE, 1995). O alumínio pode ser trocado pelo cálcio, nas cargas do solo, quando da aplicação expressiva deste, diminuindo a fração de alumínio fitotóxico e aumentando o teor de cálcio na solução (RHEINHEIMER, et al., 2000). A ordem de absorção de cátions no solo é:

$$H^+ >> Al^{+3} > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^+ \sim NH^{+4} > Na^+$$

3.4. *CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS*

A capacidade de Troca de Cátions (CTC do solo), responsável pela retenção de metais e associada ao índice pH, tem sido utilizada como parâmetro para indicar a quantidade de metal que pode ser seguramente aplicada ao solo sem causar problemas de lixiviação e/ou aumento de biodisponibilidade (RAIJ, 1991).

Como a CTC depende do pH, o conceito da mesma está dividido em duas condições. Uma delas é na condição natural do solo, onde a CTC é definida como efetiva, e reflete a capacidade de troca de cátions efetiva do solo, ou melhor, a capacidade de reter cátions em seu pH natural, qualquer que seja o valor de pH do solo. A CTC efetiva é composta pela soma dos íons: Al^{+3} + Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} . Um valor de CTC efetiva menor que 25,0 mmolc.dm^{-3}, é considerado baixo segundo o PROFERT-MG. A outra condição de definição de CTC é o que permite a comparação entre os solos, onde o pH é 7,0. Neste caso tem-se a CTC potencial (GUILHERME, et al., 1994).

3.4.1. Porcentagem de Saturação por Bases

A porcentagem de Saturação de Bases, representada por "V", reflete quanto por cento da CTC a pH 7,0 está ocupada pelas bases existentes no solo. O Valor de "V" é dado por:

$$V\,\% = \frac{Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+}}{CTC_{(pH\ 7,0)}} \times 100 \qquad \text{Equação 01}$$

A equação 01 indica que o aumento do pH do solo tem de ser feito com corretivos que adicionem bases ao solo, de forma a elevar também a saturação de bases. Esta é uma das razões do uso de calcário, pois, além de elevar o pH do

solo, este corretivo adicionará cálcio e magnésio ao solo. Por essa razão, a porcentagem de saturação de bases é um parâmetro muito usado para recomendação de calagem.

A Tabela 07, preparada por RAIJ (1996) indica os valores de referência para se conhecer a fertilidade de um solo com respeito ao parâmetro "V".

As bases presentes no sistema solo podem estar mais ou menos disponíveis às plantas, dependendo do pH do solo. A Figura 01 mostra essa relação (FAQUIN, 1994).

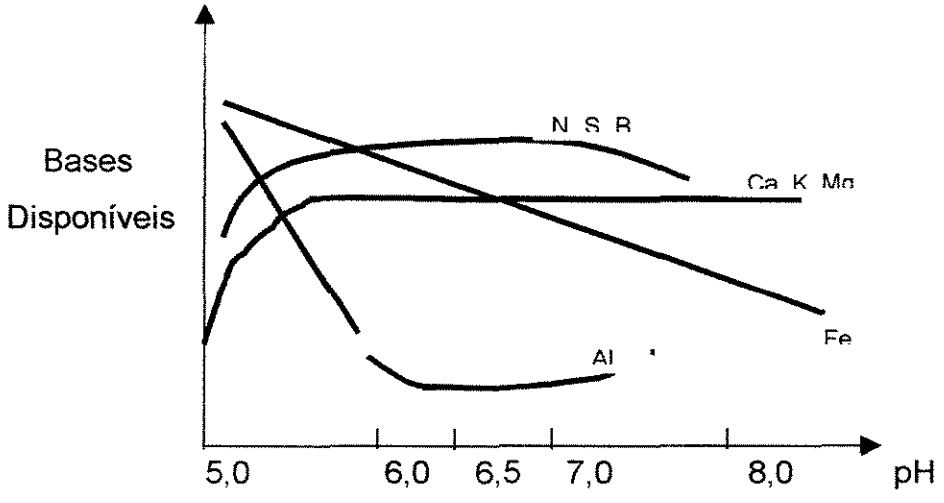


FIGURA 01 – Esquema da Relação entre pH e disponibilidade de elementos no solo.

O potássio, K, embora seja o segundo nutriente mais exigido pelas culturas o mesmo não se encontra nos solos em teores tão limitantes para as

plantas quanto o fósforo. É, depois do fósforo, o nutriente mais consumido como fertilizante na agricultura brasileira. Além do potássio estar presente na estrutura dos minerais, esse nutriente aparece no solo na forma de cátion trocável e na solução do solo, formas tidas como disponíveis para as plantas. O valor de 45 mg Kg^{-1} de K no solo é considerado um baixo conteúdo para as plantas (MALAVOLTA, 1980).

O cálcio, Ca, existente nas rochas de origem dos solos, é parcialmente lixiviado devido as condições ácidas em solos úmidos. O Ca que fica retido no solo encontra-se absorvido nos colóides do solo ou componentes da matéria orgânica. Sob condições de solo com pH elevado, o Ca pode insolubilizar-se como carbonatos, fosfatos e sulfatos. O cálcio disponível para as plantas é aquele absorvido aos colóides (trocável) e presentes na solução do solo (Ca^{+2}). A deficiência de cálcio é rara sob condições de campo, exceto no caso de culturas com exigências especiais, como é o caso do tomate, da maçã, do amendoim e do citros, dentre outras (FAQUIN, 1994).

O magnésio, Mg, faz parte da estrutura de minerais de argila. Quanto mais intemperizado o solo, menor a ocorrência desses minerais, até que reste somente o Mg trocável absorvido aos colóides e componentes da matéria orgânica do solo. As formas trocável e na solução são as consideradas disponíveis às plantas. As exigências das culturas são relativamente baixas, da ordem de 10 a 40 $Kg.ha^{-1}$ para a maioria das culturas (FAQUIN, 1994).

3.4.2. Métodos de Correção do Solo

A calagem é uma das práticas de manejo da fertilidade que mais aumenta o rendimento das culturas em solos ácidos de regiões tropicais e subtropicais. A elevação do pH do solo aumenta a disponibilidade de fósforo, favorece a atividade microbiana e diminui ou elimina a fitotoxidez do alumínio e do manganês, com reflexos positivos na absorção de água e de nutrientes (ALBUQUERQUE et al., 2000).

A maneira mais fácil de se corrigir a acidez do solo é mediante o uso da calagem. Anualmente utilizam-se cerca de 12 milhões de toneladas de calcário, quantidade esta cinco vezes menor do que a necessária para as cultura em nosso País (MALAVOLTA, 1992).

A prática de correção da acidez do solo é feita de forma empírica, ou a partir de alguns métodos de cálculo desenvolvidos para estabelecer uma estimativa da quantidade de corretivo necessária. Essa necessidade de Calagem – NC é calculada rotineiramente por um dos 3 métodos apresentados a seguir:

a) Método baseado na Saturação por Bases

b) Método Tampão ou SMP

c) Método Baseado no Teor de Alumínio, Cálcio, Mg trocáveis.

Os métodos são utilizados conforme os dados disponíveis sobre o solo, a planta, o corretivo a ser empregado e a localização nas regiões do País.

a) Método baseado na Saturação por Bases;

Este método, desenvolvido por RAIJ (1981), é baseado na saturação dos íons de Ca^{+2}, Mg^{+2} e K^{+2}, no solo e a necessidade dessas bases na planta. O valor da Capacidade de Troca de Cátions - CTC também é considerado nesse cálculo, pois são os sítios de carga, que retém os íons adicionados ao solo.

Na Tabela 08 são apresentados alguns exemplos de culturas e a faixa saturação por bases, V, adequada para as mesmas. Portanto só se recomenda a calagem para os casos de culturas onde o valor de V no solo é menor do que o valor da faixa recomendada.

TABELA 08 – Limites de Saturação por Bases, V, para algumas culturas

SATURAÇÃO POR BASES V (%)	*CULTURA*
30 – 40	Capim napier, capim estrela, braquiária, chá,
40 – 50	Arroz irrigado, eucalipto, mandioca, seringueira, arroz de sequeiro, fumo
50 – 60	Batata, cana-de-açúcar, soja, mamona, trigo, abacaxi, abacate, gramados
60 – 70	Abóboras, alface, feijão, ervilha, laranja, tomate, cenoura, chuchu, algodão
70 – 80	Mamão, sisal, uva

Fonte: WERNER (1984) in GUILHERME, 1994

A equação de RAIJ (1996) para o cálculo da necessidade de calagem é mostrada a seguir.

$$NC = \frac{(Vp - Vs)\ CTC_7}{10\ PRNT}$$

Equação 02

Onde:

NC = Necessidade de Calagem, $t.ha^{-1}$

Vp = Porcentagem de Saturação por bases desejada (depende da cultura),%;

Vs = Porcentagem de saturação por bases do solo, %;

CTC_7 = Capacidade de Troca de Cátions a pH 7,0, $mmol_c/dm^3$.

PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total e é obtido diretamente da análise físico-química do corretivo.

O método baseado na saturação por bases é o método mais utilizado no Estado de São Paulo e é um dos métodos mais divulgados pelo Instituto Agronômico de Campinas – IAC.

b) Método Tampão – SMP

Este método baseia-se na elevação do pH do solo para um valor desejado, a partir da mistura do solo com uma solução tampão. A solução mais comum é constituída de trietanolamina, paranitrofenol, cromato de potássio, acetato de cálcio e cloreto de cálcio.

A solução é conhecida como SMP: SHOEMAKER, MCLEAN e PRATT. (VALE, et al., 1995). A partir do resultado do pH encontrado para o solo em solução de SMP, identifica-se na tabela do índice de SMP, Tabela 9, a quantidade de calcário necessária para atingir o pH desejado no solo. A tabela 06 apresenta alguns exemplos dos dados existentes nas tabelas de recomendação de calagem baseada no índice de SMP para os solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Este método superestima a calagem do solo e considera apenas o pH do solo no cálculo da necessidade de calagem. Ele é usado nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

TABELA 09 – Recomendação de Calagem em $Mg.ha^{-1}$, utilizados no Método da SMP.

ÍNDICE SMP	***PARA ATINGIR pH 5,5***	***PARA ATINGIR pH 6,0***	***PARA ATINGIR pH 6,5***
	Abacaxi, eucalipto, pinus, bracatinga.	Alface, trigo, uva, soja, cana, citrus	Alfafa, aspargo, café
4,5	12,5	17,3	24,0
5,0	6,9	9,7	12,9
5,5	3,8	5,8	7,9
6,0	1,4	2,8	4,1
6,5	0,0	0,2	0,7

Fonte: Adaptado de GUILHERME, 1994

c) Método Baseado no Teor de Alumínio, Cálcio, Mg Trocáveis;

Esse método surgiu da proposição de COLEMAN, et al., (1958) e de KAMPRATH (1970) apud VALE, et al.,(1995), de que o maior problema em solos ácidos é o alumínio.

O método possui algumas variações, mas a relação básica é:

$$NC = Y.AL + [X - (Ca + Mg)]$$ Equação 03

NC = Necessidade de calagem em $Mg.ha^{-1}$

Y = 1 (solos arenosos : menos de 15% de argila)

Y = 2 (solos de textura média: 16 – 35% de argila)

Y = 3 (solos argilosos: mais de 35% de argila)

X = 1 para culturas menos sensíveis à acidez ou menos em cálcio;

X = 2 para a maioria das culturas

X = 3 para culturas mais sensíveis à acidez ou mais exigentes em cálcio.

Este método é recomendado pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais para os solos desse Estado, que, em muitos regiões é rico em alumínio. O método considera o fator solo, Y, para garantir que a

quantidade de corretivo seja suficiente para neutralizar também o alumínio, geralmente presente em camadas mais profundas. Por considerar o alumínio no cálculo da necessidade de calagem, este método também é recomendado para cultivo de soja em áreas de cerrado (VALE, 1994).

3.4.3. Corretivos Agrícolas

No Brasil, compete ao Ministério da Agricultura e Abastecimento controlar os corretivos agrícolas. As determinações de responsabilidades de controle e fiscalização estão descritas no Decreto Federal n° 86955 de 18/02/1982. Tal decreto define corretivo da seguinte maneira:

"*Produto que contenha substâncias capazes de corrigir uma ou mais características do solo desfavoráveis às plantas:*

a) corretivo de Acidez ou Alcalinidade – produto que promova a modificação da acidez ou alcalinidade do solo sem trazer nenhuma característica prejudicial;

b) Corretivo de Salinidade – Produto que promova a diminuição de sais solúveis no solo."

Os corretivos agrícolas são produtos químicos, sintéticos ou não, que reduzem atividade do hidrogênio e do alumínio no solo, o que é desejável para a maioria das culturas. Os corretivos oferecem também elementos que são úteis as plantas, como o cálcio e o magnésio (Lei 86955, 1982).

Para corrigir os solos brasileiros, existem alguns tipos de corretivos mais comumente usados, com diferentes poderes de neutralização. O poder de neutralização é influenciado pela composição química, pela granulometria, pela solubilidade. A Tabela 10 apresenta os corretivos mais utilizados nos solos brasileiros.

Os corretivos de acidez de solo são comparados pelo Poder de Neutralização, expresso em equivalente em $CaCO_3$, determinado analiticamente com ácido clorídrico.

TABELA 10 – Matérias Utilizados como Corretivos de Acidez de Solos.

MATERIAIS CORRETIVOS DE ACIDEZ	***PN % EM $CaCO_3$***	***SOMA %CaO + %MgO***
Carbonato de Cálcio	***100***	
Calcários	***67***	***38***
Cal virgem agrícola	***125***	***68***
Cal hidratado agrícola	***94***	***50***
Escórias	***60***	***30***
Calcário calcinado agrícola	***80***	***43***
Outros	***67***	***38***
Calxisto*	***60***	***30***

Tabela adaptada da Lei Federal 86.955/82.

*Portaria n° 66 de 05/04/94

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Uma abordagem sucinta sobre os principais materiais utilizados como corretivos de acidez de solos está desenvolvida nos próximos itens.

a) Calcário

O calcário é o composto mais comumente usado, por ser encontrado naturalmente nas rochas calcárias em diversas regiões do país, o que o torna vantajoso em relação aos demais corretivos. Ele é obtido pela extração e moagem da rocha calcária.

Os constituintes básicos da rocha calcária são $CaCO_3$ e $MgCO_3$ (VALE, et al., 1995). A região de Rio Claro, onde o resíduo de sílica amorfa é gerado, possui 4 áreas de extração de rocha calcária. A empresa EMBRACAL é quem fazia o beneficiamento da rocha no município.

Os calcários são ricos em cálcio, mas nem todos apresentam teor adequado de magnésio. Por isso, os calcários são classificados em função do teor de magnésio na forma Mg CO_3, em (Portaria n3, 12/06/86):

- Calcítico - menos de 10% de $MgCO_3$ ou menos de 5% de MgO
- Magnesiano - 10 a 25% de $MgCO_3$ ou 5 a 12% de MgO
- Dolomítico - mais de 25% de $MgCO_3$ ou mais de 12% de MgO

O calcário dolomítico é o mais nobre para a correção do solo, justamente por propiciar simultaneamente a correção do magnésio do solo.

b) A Cal Virgem

A cal virgem agrícola representa o principal tipo de óxido utilizado na calagem. A cal é derivada do calcário, pois é produzida pela da calcinação do mesmo.

A ação de neutralização dos óxidos se dá pela liberação de OH^- dando um caráter de base forte do óxido de cálcio e do óxido de magnésio. Ele é vantajoso sobre o calcário quando se deseja uma neutralização mais rápida, pois este produto é mais solúvel.

A reação 02 mostra como as hidroxilas são liberadas para elevar o pH (GUILHERME, et al., 1994).

$$Ca(Mg)O + 2H_2O \longrightarrow Ca^{+2}(Mg^{+2}) + 2(OH)^- + \text{calor}$$

A cal, por ser um corretivo de reação quase instantânea no solo, pode ser aplicado muito próximo ao período de plantio, o que não é possível para o calcário. Todavia, para evitar danos às sementes e plântulas, dado ao caracter cáustico é recomendável que seja também aplicável um mês antes do plantio.

A cal virgem é também bastante utilizada para elevar o pH de efluentes industriais ácidos, com o intuito de atender a legislação ambiental, estabelecendo que o pH do efluente líquido deve estar entre 5,0 e 8,0. (Decreto Estadual 8.468/76 - artigo 18).

c) Cal Hidratada

A cal hidratada ou cal extinta é o representante desta classe de corretivo que resulta exatamente da hidratação da cal virgem. Sua reação no solo (03) dá-se pela dissolução do hidróxido de cálcio ou de magnésio, liberando OH^- que ira neutralizar o hidrogênio e o alumínio (GUILHERME, 1994).

$$Ca(Mg)\,(OH)_2 + H_2O \longrightarrow Ca^{+2}(Mg^{+2}) + 2(OH)^-$$

Essa reação é mais lenta que a da cal virgem oferecendo menos risco para as sementes. Por ser mais lenta a reação, recomenda-se aplicação antes de 30 dias do plantio.

d) Outros Materiais

Alguns resíduos, ou sub-produtos industriais, já são utilizados como corretivos de solo agrícola. O mais comumente utilizado é o gesso agrícola. Mas ano-a-ano novos materiais são testados para verificar sua potencialidade agronômica, verificando também os elementos contaminantes. Alguns exemplos desses materiais são: escórias, calxisto, lodos e outros materiais que serão abordados no item "Uso agrícola de resíduo" deste trabalho.

3.5. *RESÍDUO DE SÍLICA AMORFA*

O resíduo estudado foi gerado no processo de produção de sílica amorfa. Está é utilizada para melhorar as propriedades de alguns produtos tais como a borracha, tintas, vernizes, "free flow" em fertilizantes, dentrifícios e materiais refratários. A sílica amorfa é um material menos abrasivo que a sílica quartzosa, por isso é empregada em dentrifícios, e bastante resistente à abrasão, daí o emprego na borracha (FAZENDA, 1993).

O resíduo de sílica amorfa possui como principais contaminantes à sílica amorfa, o sódio, o sulfato e o cálcio. Estes dois últimos benéficos ao solo, dependendo a quantidade de aplicação. A umidade do material ao sai do filtro prensa é de 70%. Quando seco ao sol, a umidade cai para cerca de 55%. Diferentemente da sílica quartzoso, a sílica amorfa não provoca a doença conhecida como silicose, pois a estrutura da sílica amorfa não permite que ela se aloje nos pulmões.

3.5.1. Sódio no Solo

O sódio é um elemento comum nos solos, mesmo nos solos sem interferência humana, sem aplicação de produtos agroquímicos. O basalto é a rocha ígnea básica que fornece maior quantidade de sódio para os solos. A

composição média de uma rocha basáltica é de 12% de óxido de sódio (Open University, 1995).

O sódio(Na) é adiconado ao solo quando da adubação do mesmo com micronutriente, por exemplo, como molibidato de sódio. O Borax, utilizado para comlento de boro no solo, possui o sódio na sua fórmula, $Na_2B_4O_7.10H_20$. Outro exemplo de aplicação de sódio na agricultura são os compostos de quelatos usados para diminuir a lixiviação dos micronutrientes aplicados (MALAVOLTA, 1986).

Algumas culturas são bastante exigentes em sódio, como a cultura da laranja, sendo que um fruto apenas contém em média 43g de sódio. As pastagens: gramíneas e leguminosas também necessitam absorver sódio do solo. O papel do sódio na nutrição mineral de plantas superiores pode ser considerado essencial, ou como substituto do potássio em algumas funções (MARSCHENER, 1986).

A concentração de sódio no solo deve ser controlada, pois para solos com valores variando entre 10% e 20% de sódio ocorre o fenômeno conhecido como de dispersão (tendência ao escoamento), baixa permeabilidade e se tornam rígidos quando secos (SHAINBERG, et al., 1984).

3.5.2. Sulfato no Solo

O enxofre, presente no resíduo na forma de sulfato, é um micronutriente essencial para a agricultura. A forma iônica mais comum é como sulfato ($SO_4^{=}$), que também é a forma absorvida pelas plantas. O milho, a cana-de-açúcar e as leguminosas são exemplos de culturas exigentes em enxofre (MALAVOLTA, 1986).

3.5.3. A Sílica no Solo

O silício é um dos elementos mais abundantes na litosfera, perdendo apenas para o oxigênio. A forma mais resistente é a forma quartzosa, de estrutura cristalina, que não é a mesma forma do resíduo de sílica amorfa, com estrutura polimérica amorfa.

Com a intemperização dos minerais que contém o silício, este, na solução do solo, forma o ácido monossilícico (H_4SiO_4), isto em pH abaixo de 9,0. O ácido monossilícico sofre absorção por óxidos de Al e Fe, admitindo-se que o mecanismo seja semelhante ao que ocorre com o fosfato. Este fato é um efeito benéfico do silício, visto que a sua adição eleva a disponibilidade de fósforo. O adubo termofosfato magnesiano apresenta em torno de 25% de SiO_2 (FAQUIN, 1994).

O silício é absorvido pelas plantas, sendo que algumas não mais acumulativas, como é o caso do arroz. No arroz o silício é depositado nas folhas para limitar a perda de água e dificultar a infecção por fungos. Essa deposição forma uma camada de sílica amorfa hidratada na folha da planta, servindo para estruturar a planta e para defesa.

3.6. *AMOSTRAGEM DE SOLO*

A amostragem do solo é uma tarefa simples, mas deve ser executada criteriosamente, uma vez que muitos os solos são naturalmente heterogêneos. Essa característica heterogênea é salientada com as diferentes formas de cultivo do solo. Uma certa homogeneidade existe em determinadas áreas, e para definir as áreas homogêneas para fins de amostragem, utilizam-se características do solo e do uso do mesmo, como: cor, textura, topografia, vegetação natural, drenagem e manejo de lavouras anteriores, práticas corretivas, adubação, rotação de culturas, cultura anterior, manejo da palhada e produtividade.

A profundidade da amostragem do solo para culturas não perenes deve ser na camada arável, de 0 a 20cm. Para as culturas perenes, por exemplo, o solo deve ser amostrado nas camadas de 0-20cm e de 20-40cm. Idealmente pode-se tirar também amostra na profundidade de 40-60cm (RAIJ, 1999).

3.7. *CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO*

O solo funciona como um reservatório de água para as plantas, porque, apesar de ser aberto para a atmosfera e para os horizontes mais profundos do perfil, ele retém água em função de sua superfície específica. Com o propósito de quantificar o limite superior de retenção de água desse reservatório, em 1949 foi introduzido o conceito de capacidade de retenção de água, CC, também conhecido como capacidade de campo. A CC caracteriza a quantidade de água retida pelo solo após o excesso ter sido drenado e a taxa do movimento descendente ter decrescido acentuadamente.

Os critérios para determinação da capacidade de campo são subjetivos, uma vez que o processo de redistribuição da água no solo é, na verdade, contínuo e não mostra interrupções abruptas ou níveis estáticos. Tal conceito é impreciso e não leva em conta uma série de fatores do solo responsáveis pela retenção e movimentação da água. Apesar das críticas à capacidade de retenção de água, o valor desse conceito é reconhecido para fins práticos, desde que compreenda o seu caráter dinâmico, variável no tempo e no espaço, dependente das propriedades hidráulicas de cada solo e dos limites da determinação, não sendo, portanto, uma característica universal dos solo (AGUIAR NETTO, 1999).

4 - MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. *RESÍDUO DE SÍLICA AMORFA*

4.1.1. Estudos Preliminares e Origem do Resíduo

Em análise de composição do resíduo, feitas no próprio laboratório da empresa, encontraram-se os compostos e características mostrados na Tabela 11.

O resíduo de sílica amorfa foi estudado para fins agrícolas pela empresa geradora, principalmente devido a suas características químicas: pH acima de 8, composição com cálcio e grande quantidade gerada, acreditou-se ser possível a correção do pH, em substituição, mesmo que parcial, do calcário.

Para verificação das suas características, a empresa realizou alguns testes com o resíduo de sílica amorfa e com calcários comercializados na região de Rio Claro.

O resultado dos testes laboratoriais podem ser vistos na Tabela 12, e foram obtidos do Relatório sobre Alternativas para Destinação de Resíduo de Sílica Amorfa, realizado pela empresa em 1997.

TABELA 11 - Composição Média e Característica do Resíduo de Sílica Amorfa.

ITEM	VALOR
SiO_2 (%)	88,0
$CaSO_4$ (%)	2,8
$NaSO_4$ (%)	8,0
NaCl (%)	0,45
Fe (mg kg^{-1})	675
pH	8,5
Absorção de óleo (g kg^{-1})	1070
Diâmetro Médio (m^{-6})	17,4

Para verificação das características do resíduo, a empresa realizou alguns testes com o resíduo de sílica amorfa e com calcários comercializados na região de Rio Claro. O resultado dos testes laboratoriais pode ser vistos na Tabela 12.

O resíduo de sílica amorfa é gerado no processo físico químico mostrado no fluxograma da Figura 2. Os insumos envolvidos no processo são o

silicato de sódio, o ácido sulfúrico, a água em excesso e a cal virgem em excesso ou a soda cáustica.

A escolha da soda cáustica sobre a cal virgem na neutralização é feita quando existe muito resíduo estocado no pátio. A soda por ser solúvel não forma precipitado com o efluente líquido, porém, o emprego da mesma dificulta o processo de filtração ao formar uma espécie de gel, além do custo ser mais alto que a cal. Assim, o emprego da cal é necessário para fluência do processo de filtração, com a desvantagem apenas do volume de lodo gerado.

TABELA 12 - Dados Comparativos entre o Resíduo de Sílica Amorfa e Diversos Calcários

MATERIAL	pH	Na mg Kg^{-1}	Ca mg Kg^{-1}	Mg mg Kg^{-1}
Resíduo de Sílica Amorfa	8,5	12.400	66.460	13.340
Calcário Vitti	9,8	1.496	20.061	103.635
Calcário Patercal	8,4	822	152.234	97.249
Calcário Amaral machado	9,4	1.343	175.612	109.911
Calcário Bernardino	9,3	1.034	180.402	112.291

Como o silicato de sódio é uma das matérias-primas utilizadas no processo de produção de sílica amorfa e o sódio não faz parte do produto final, todo o sódio envolvido no processo é descartado na estação de tratamento de efluentes. O sódio é descartado no efluente líquido e o resíduo precipitado na estação é contaminado com sódio. A quantidade de sódio presente no material, é mostrada na Tabela 11 e 12.

Outro elemento encontrado no material é o sulfato, originado do ácido sulfúrico que reage com o silicato de sódio, formando o sulfato de sódio. Na estação de tratamento de efluentes, o sulfato em contato com a cal, forma também o sulfato de cálcio. A quantidade aproximada do sulfato de sódio e de cálcio pode ser vista na Tabela 11.

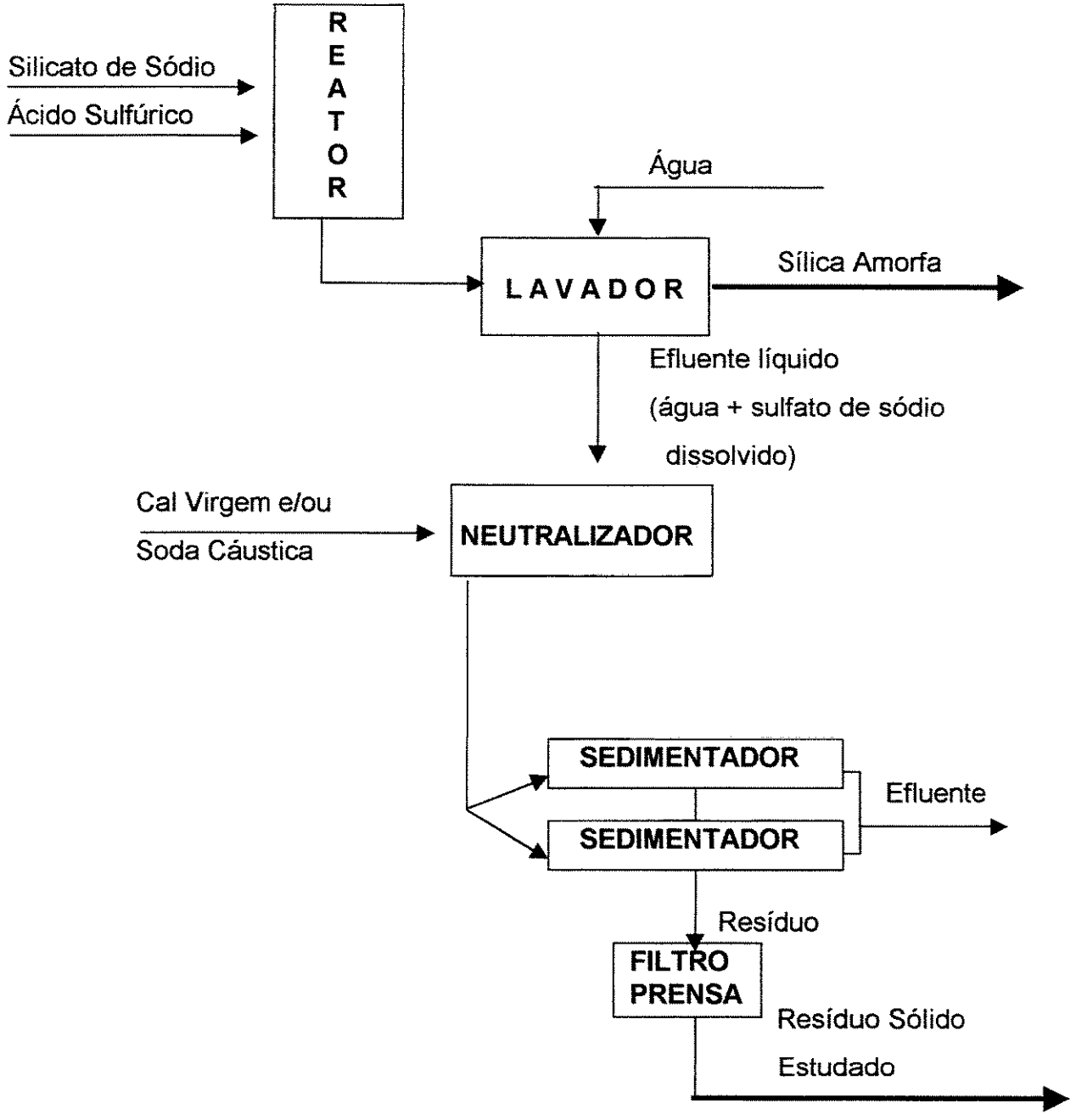


FIGURA 02 - Fluxograma do processo de produção de sílica amorfa, com geração do resíduo estudado.

4.1.2. Amostragem do Resíduo na Geração

Foram coletadas 10 amostras do resíduo (aproximadamente 500g cada) a duas profundidades da pilha estocada no pátio da empresa. Essas amostras foram misturadas, resultando uma única amostra composta de 5,0 kg. Desta amostra foi retirada a quantidade de material necessária para adicionar ao solo dos vasos, baseada no cálculo da necessidade de calagem para o carbonato de cálcio. A necessidade de calagem calculada pelo método de saturação por bases foi utilizada nas várias amostras, substituindo, nas porcentagens mostradas na tabela 15, o carbonato de cálcio por resíduo de sílica amorfa, em triplicata (ex.: A: 1A1, 2A1, 3A1). Detalhes da montagem do experimento serão desenvolvidos no item 4.4 deste trabalho.

4.1.3. Caracterização do Resíduo

Para a avaliação inicial da potencialidade do resíduo de sílica amorfa como corretivo de solo agrícola, na amostra analisada pelo Laboratório da Bioagri (17/08/99), foram realizadas as seguintes determinações: Nitrogênio, cobre, zinco, ferro, manganês, molibidênio, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases, hidrogênio+alumínio, capacidade de troca de cátions, poder relativo de neutralização total, granulometria e pH. Trata-se de uma análise padrão para fertilizantes, adotada pelo laboratório Bioagri, que abrange os

parâmetros de classificação do Ministério da Agricultura, e que atende a necessidade de cálculo neste experimento. O resultado da análise laboratorial é mostrado na Tabela 13.

Uma amostra do resíduo de sílica amorfa é mostrada na Figura 03.

FIGURA 03 – Aspecto de uma Amostra de Resíduo de Sílica Amorfa

TABELA 13 - Características do Resíduo de Sílica Amorfa utilizado

Parâmetro	Unidade	Valor Encontrado
Matéria Orgânica	g/dm^3	7
pH		8,2
Umidade	%	55
Fósforo	mg/dm^3	2
Potássio	$mmol_c/dm^3$	0,1
Cálcio	$mmol_c/dm^3$	1170
Magnésio	$mmol_c/dm^3$	24
Acidez Potencial [H + Al]	$mmol_c/dm^3$	7
Soma de Bases	$mmol_c/dm^3$	1194,1
Capac. de Troca de Cátions	$mmol_c/dm^3$	1201,1
PRNT	%	6,2
Análise Granulométrica		
-Retido na Peneira 0,84mm (n 20)	%	-
-Retido na Peneira 0,3mm (n 50)	%	10

O laudo analítico mais completo das características de fertilidade do resíduo de sílica amorfa está mostrado no anexo I.

4.2. SOLO

4.2.1. Amostragem e Análise do Solo

O solo utilizado no experimento foi retirado de área do Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp. Trata-se de um Latossolo Roxo. De acordo com OLIVEIRA, et al., 1984, esse solo tem por características principais: textura argilosa, teor elevado de ferro (>18% e < 40%), predominância de cargas positivas sobre as negativas, alta porosidade (50%).

A coleta do solo foi feita a uma profundidade entre 10 e 30cm, após remoção do material orgânico – folhas, galhos e sementes - da superfície do solo, numa quantidade em torno de 30kg de solo estocado em dois recipientes de plástico com tampa.

Uma amostra inicial de solo de 200g, sem adição de qualquer produto, foi encaminhada para análise de fertilidade no laboratório do Instituto Agronômico de Campinas, cujos dados estão mostrados na Tabela 14.

TABELA 14 - Dados analíticos do Latossolo Roxo utilizado no experimento

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR ENCONTRADO
Matéria Orgânica	g/dm^3	14
PH		5,5
Fósforo	mg/dm^3	1
Potássio	$mmol_c/dm^3$	1,6
Cálcio	$mmol_c/dm^3$	12
Magnésio	$mmol_c/dm^3$	4
Alumínio	$mmol_c/dm^3$	41,2
Acidez Potencial [H + Al]	$mmol_c/dm^3$	20
Soma de Bases	$mmol_c/dm^3$	17,6
Capac. de Troca de Cátions	$mmol_c/dm^3$	37,6
Saturação de Bases	%	46,0

O laudo analítico mais completo, do latossolo, está mostrado no anexo I.

4.3. MÉTODOS

4.3.1. Quantidade de Corretivo – Método da Saturação por Base

Dos métodos apresentados na revisão bibliográfica, optou-se pelo emprego do método de Saturação por Bases, de RAIJ (1996). A escolha foi feita considerando os dados disponíveis para o cálculo da quantidade de corretivo necessária para correção do solo.

A equação RAIJ pode ser escrita da seguinte forma:

$$NC = \frac{(Vp - Vs)\ CTC_7}{10\ PRNT} \qquad \text{Equação 02}$$

Onde:

NC = Necessidade de Calagem, $ton.ha^{-1}$

Vp = Percentagem de Saturação por bases desejada (depende da cultura),%;

Vs = Percentagem de saturação por bases do solo, %;

CTC_7 = Capacidade de Troca de Cátions a pH 7,0, $mmol_c/dm^3$.

PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total é obtido diretamente da análise físico-química do corretivo.

Considerações feitas para cálculo da Necessidade de Calagem:

- O cálculo da quantidade de corretivo a adicionada ao solo do experimento foi feito considerando o quantidade de carbonato de cálcio como sendo o corretivo a ser adicionado;
- O PRNT do carbonato de cálcio como sendo 100%, pois esse material é a referência utilizada pelo Ministério da Agricultura.
- Os métodos de cálculo para a Necessidade de Calagem em solo cultivável apresentam o valor de corretivo necessário para corrigir uma unidade de área, ha^{-1} , considerando a profundidade do solo a ser corrigido como 20cm. Assim, no experimento em questão, o volume de solo tomado como referência foi de 1,0 ha de área por 20cm de profundidade.
- A saturação por bases exigida pela planta foi considerada como sendo 80%, para possibilitar uma maior adição de corretivo nos vasos.
- A saturação por bases do solo como sendo 46%, obtida com os dados analíticos de laboratório.
- A CTC encontrada para o solo é de 37,6 $mmol_c dm^{-3}$ conforme resultado analítico.

A partir das considerações acima obteve-se o valor da NC igual a 1,28 $Mg.ha^{-1}$. Com este valor chegou-se a quantidade de 23g de mistura a ser adicionada em cada vaso.

4.3.2. Adição de água - Capacidade de Retenção de Água

Para determinação da quantidade de água a adicionada no experimento adotou-se como procedimento a verificação empírica utilizando o vaso contendo apenas solo sem corretivo. Foram feitos 4 furos de 0,5cm na base do vaso. O vaso foi pesado com solo ainda seco e o peso totalizou 1,6kg (Solo+mistura+vaso). Foi adicionada água lentamente até que a mesma começasse a escorrer pelo orifícios. Encerrando o escoamento, pesou-se novamente o vaso. O peso encontrado foi de 2,1kg. Assim, a quantidade de água necessária para atingir a capacidade máxima de retenção de água – CC - foi estimada em 500g para cada vaso. Como o objetivo não é encharcar o solo, optou-se por realizar o experimento com 80% da CC, que equivale a 400g de água.

Os vasos foram mantidos tampados para reduzir a perda de água no decorrer do experimento.

4.4. LOCAL E MONTAGEM DO EXPERIMENTO

O experimento em vasos foi realizado em uma sala disponibilizada pela empresa Lucent Technologies NSB Ltda., situada à rua Thomas Nilsen Jr, 150, Parque Imperador, Campinas, SP. A sala era equipada com aparelho de ar

refrigerado, sendo que a temperatura interna variou entre 20 e 24 graus centígrados.

O início do teste foi no dia 10/12/1999. As coletas foram feitas nos meses de dezembro de 1999, de fevereiro, março e abril de 2000, sendo uma coleta em cada mês. Não foi realizada coleta no mês de janeiro devido a indisponibilidade de técnicos no laboratório do Instituto Agronômico de Campinas – IAC.

4.4.1. Materiais Utilizados

Para realização da parte experimental deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- *Resíduo* do processo de fabricação de sílica amorfa (coletado em outubro de 1999) de empresa situada no município de Rio Claro.
- *Amostra de solo* retirada do campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp – FEAGRI;
- Carbonato de Cálcio puro – padrão;
- Vasos plásticos de 2 litros cada um, com tampa;
- Recipiente de plástico com tampa com capacidade para 20 litros;
- Becker de vidro com volume total de 1,0 litro;

- Balança com capacidade máxima de 2,0 Kg;
- Balança analítica do Laboratório de Saneamento da Feagri/Unicamp.

4.4.2. Descrição do Experimento

O experimento foi baseado na metodologia de RAIJ et al. (1987) para análise do solo para fins da casa de vegetação.

As figuras 04 e 05 ilustram a montagem do experimento utilizando os materiais citados.

Cada vaso plástico com capacidade para 2 litros recebeu 23 gramas de carbonato de cálcio + resíduo, das misturas identificadas, cujas composições estão mostradas na Tabela 15 e na Figura 04.

A quantidade de massa (23g) das misturas a ser adicionada nos diferentes vasos foi calculada com base na metodologia descrita por VALE, et al., (1995) para o controle da fertilidade do solo, considerando como padrão o $CaCO_3$. O cálculo levou em consideração a elevação do pH do solo de 5,5 para 7,0.

TABELA 15 - Composição das misturas adicionadas ao solo p/ os diferentes tratamentos

MISTURA	CARBONATO DE CÁLCIO	RESÍDUO
A: 1A1, 2A1, 3A1	100%	-
B: 1B1, 2B1, 3B1	75%	25%
C: 1C1, 2C1, 3C1	50%	50%
D: 1D1, 2D1, 3D1	25%	75%
E: 1E1, 2E1, 3E1	-	100%

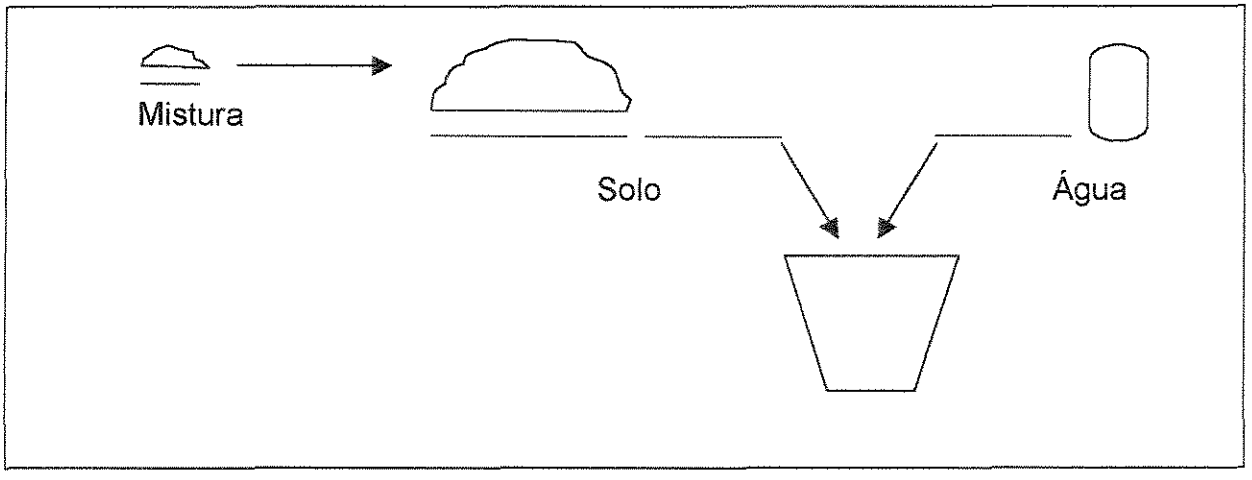


FIGURA 04 - Esquema de montagem de cada vaso.

Cada tratamento foi feito em triplicata, o que resultou em 15 vasos: 3 para cada tratamento, e 5 diferentes proporções: A, B, C, D e E. Um outro vaso com solo foi utilizado para verificação da capacidade de retenção de água e para verificação do solo sem adição, caso fosse necessário.

Em um recipiente plástico com capacidade para 20 litros foram colocados 5Kg de solo e a ele foi feita a adição de carbonato de cálcio calculada para a mistura A. O material foi misturado e 1,5 kg dessa mistura de solo e corretivo foi colocada no vaso identificado como 1A1.

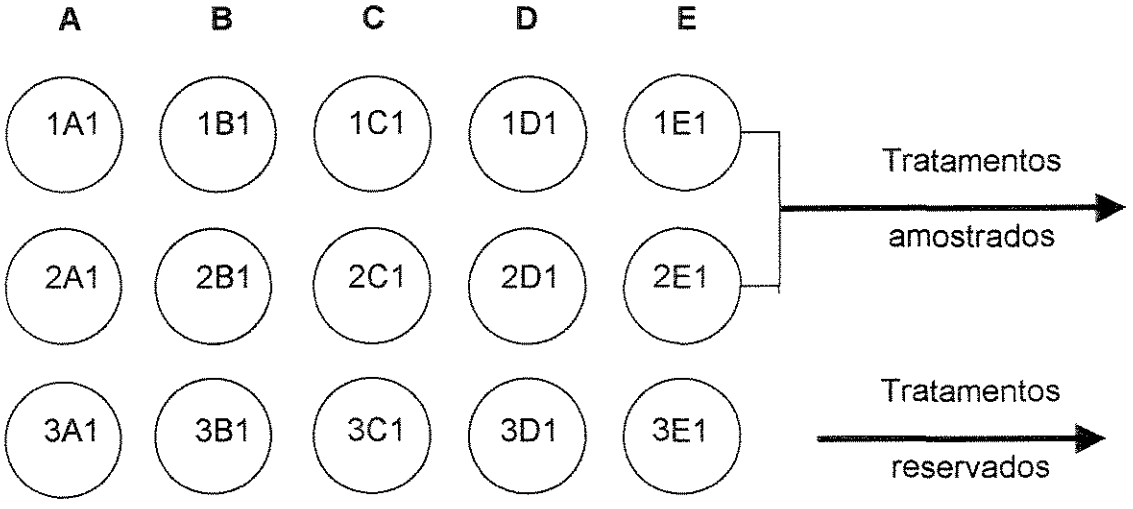


Figura 05 - Arranjo e identificação dos tratamentos

FIGURA 06 – Visualização da Montagem do Experimento

O mesmo foi feito para os vasos identificados como 2A1 e 3A1. O restante do material da mistura A foi descartado. No caso das demais misturas: 1B1, 2B1, 1C1, 2C1, 1D1, 2D1, 1E1 e 2E1 foi seguido o mesmo procedimento.

Para completar os componentes de cada vaso foi colocado em cada um o equivalente a 80% da capacidade máxima de retenção de água. A quantidade de água adicionada em cada vaso foi de 400g, conforme procedimento descrito no item: métodos. Essa adição de água ocorreu no mesmo dia em que foram feitas as misturas entre o solo e os corretivos (05/12/1999).

4.4.3. Amostragem da Mistura Solo e Corretivo

O experimento era composto por 15 vasos, sendo 5 misturas diferentes. A amostragem foi feita sempre em 10 vasos: em dois vasos para cada uma das 5 misturas. Os demais 5 vasos estavam disponíveis para verificação de valores discrepantes entre dois vasos da mesma mistura.

Em cada amostra retiraram-se cerca de 150g de mistura úmida do vaso.

As misturas dos vasos foram amostradas e encaminhadas no mesmo dia para o laboratório do instituto Agronômico. No mês de janeiro não foi realizada amostragem, pois os técnicos do IAC estavam em período de férias.

4.5. *PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO*

As amostras para análises físicas e químicas coletadas nos solos dos vasos do experimento foram realizadas nos laboratórios de Fertilidade do Solo do Instituto Agronômico de Campinas – IAC, tendo sido estabelecidas os seguintes parâmetros: matéria orgânica, pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, acidez potencial (Al + H), soma de bases, capacidade de troca de cátions, volume de saturação por bases, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco. Trata-se da análise padrão de macro e micronutrientes feitas pelo IAC em amostras de

solo que é baseada na metodologia de descrita por RAIJ, et al., (1987), para os macronutrientes e descrita por ABREU & ABREU (1994) para os micronutrientes.

Os métodos de extração utilizados por este laboratório são: para o fósforo, extração por resina, para o boro, água quente e para os metais cobre, ferro, manganês e zinco utilizam-se o agente complexante DTPA (ácido dietileno-triamino-pentacético). O potencial de hidrogênio – pH foi avaliado em solução de $CaCl_2$,segundo modelo citado por RAIJ, et al., (1987).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referidos nas Tabelas e gráficos com o resultados do experimento, que serão apresentados e discutidos a seguir, foram calculados através da média aritmética de quatro amostragens feitas em cada vaso. Da montagem em triplicata, feita para cada tratamento, foram coletadas e enviadas para análise somente duas amostras (análise em duplicata). Ficando o terceiro vaso reservado para verificações complementares, como está indicado na Figura 05.

Os resultados analíticos completos dos parâmetros avaliados, e seus respectivos laudos, de todas as amostras analisadas no experimento são apresentadas nos anexos II e III.

5.1. *EFEITO SOBRE O PH*

Considerando o objetivo deste trabalho, um dos principais parâmetros de avaliação do material como corretivo é o pH do solo com a adição de resíduo, em substituição parcial ou total do corretivo utilizado como padrão de referência.

A Tabela 15, no capítulo anterior, apresenta a identificação de cada material e a relação das misturas em porcentagem (entre carbonato de cálcio e o resíduo) adicionada em cada vaso contendo solo. E a Tabela 16 mostra os resultados da alteração do pH para as diferentes composições da mistura.

Com a Figura 07 é possível visualizar o efeito dos tratamentos sobre o pH do solo. A adição do corretivo com carbonato de cálcio puro (A) apresentou-se mais eficiente na elevação do pH do solo do que as demais misturas (B, C e D). O corretivo com resíduo puro (E) também elevou esse índice. Este fato já era esperado pois o resíduo foi formado com adição de cal virgem, no processo produtivo, como mostra a Figura 01, e embora a cal virgem puro possua um poder de neutralização de 125% do carbonato de cálcio, como indica a Tabela 10, parte do Poder de Neutralização – PN- foi consumido para neutralizar o efluente líquido ácido gerado na produção da sílica amorfa. Por ser a cal utilizada em excesso durante a neutralização do efluente, existe, no material estudado, uma capacidade residual de elevação de pH.

Diante desse resultado, pode-se afirmar que, do ponto de vista apenas de elevação do pH do solo, a adição do resíduo de sílica amorfa é favorável à melhoria da fertilidade do solo. A razão é que a elevação do pH aumenta a disponibilidade de alguns nutrientes para a planta, e reduz a toxidez por alumínio (VALE, 1994)

O resultado apresentado na Figura 07 evidencia que pode-se utilizar misturas próximas a 50% de resíduo e 50% de carbonato de cálcio (C), pois o resultado da elevação do pH não é semelhante ao que ocorre com a adição de 100% de carbonato de cálcio, e em locais próximos à geração do resíduo, a mistura C apresentará vantagens competitivas de custo, sobre o carbonato de cálcio.

Optou-se por apresentar primeiramente o efeito dos tratamentos sobre o pH do solo porque a fertilidade do mesmo depende de uma série de fatores, muitos dos quais estão ligados à acidez do meio; como a acidez potencial, que, por sua vez, afeta a porcentagem índice de saturação por bases (AGUIAR, 1998), que serão considerados a seguir.

TABELA 16 - Resultado da Adição das Misturas sobre o pH

TRATAMENTOS	VALOR DE pH
Solo sem Adição de corretivo	5,5
A: 100% carbonato de cálcio	7,5
B: 75% carbonato de cálcio 25% de resíduo de sílica	7,5
C: 50% carbonato de cálcio 50% resíduo de sílica	7,4
D: 25% carbonato de cálcio 75% resíduo de sílica	6,9
E: 100% resíduo de sílica	6,3

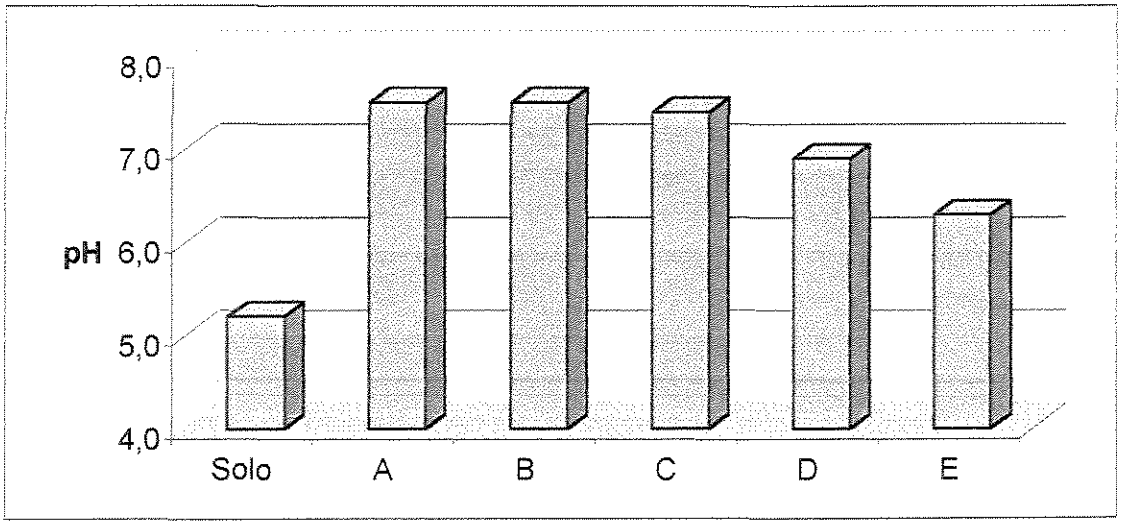


FIGURA 07 – Efeito dos Tratamentos sobre o pH

5.2. *EFEITO SOBRE A ACIDEZ POTENCIAL*

A Tabela 17 e a Figura 08 mostram os resultados da ação das misturas sobre a acidez potencial.

A adição, no solo, de carbonato de cálcio puro provocou a queda da acidez potencial em 62,5%. Diante da substituição de parte do carbonato por resíduo, observa-se a diminuição da influência na acidez potencial. A adição da mistura (E) com 100% de resíduo no solo uma redução de 32,5% na acidez potencial do solo.

TABELA 17 – Resultado da Adição das Misturas sobre a Acidez Potencial

TRATAMENTOS	ACIDEZ POTENCIAL ($mmol_c\ dm^{-3}$)
Solo sem Adição de corretivo	20,0
A: 100% carbonato de cálcio	7,5
B: 75% carbonato de cálcio 25% de resíduo de sílica	7,3
C: 50% carbonato de cálcio 50% resíduo de sílica	8,0
D: 25% carbonato de cálcio 75% resíduo de sílica	10,0
E: 100% resíduo de sílica	13,5

Quando o efeito dos tratamentos sobre o pH do solo foi discutido, observou-se que com o carbonato de cálcio puro (A) o pH atingiu valor maior que com o resíduo puro (E).

Porém, a adição de resíduo não fez com que a acidez potencial fosse corrigida na mesma proporção que o pH. Devido ao Alumínio, a relação entre essas duas formas de acidez não é uma relação de variação linear.

A Figura 08 sugere que o potencial do resíduo em corrigir a acidez potencial não é tão eficiente quanto para corrigir o pH (Figura 06). Em pH acima de 6,0 o alumínio precipita-se na forma de $Al(OH)_3$. O Alumínio pode também precipitar-se formando o sulfato de alumínio (GUILHERME, 1994). O sulfato presente no resíduo (Tabela 11) parece não influenciar para reduzir a atividade do alumínio, como é observado a partir da Figura 08, pois a acidez potencial do solo não sofreu tanta influência do resíduo, como sofreu com o carbonato de cálcio.

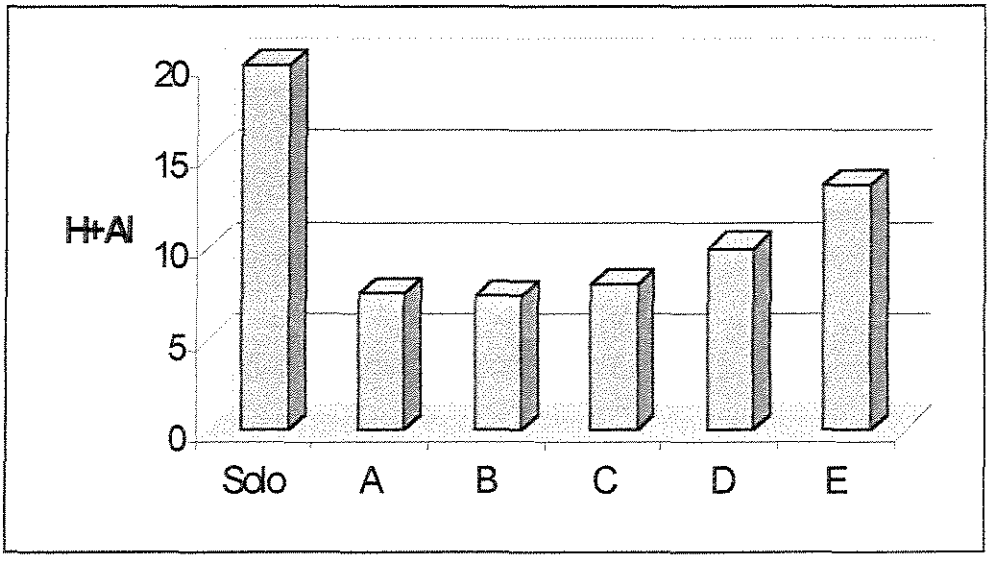


FIGURA 08 – Efeito dos Tratamentos na Acidez Potencial ($mmol_c\ dm^{-3}$)

Como o pH no tratamento E é ainda muito próximo a 6,0, pH de precipitação do alumínio como hidróxido de alumínio, existe a indicação de que apesar de o resíduo ter elevado o pH, reagindo o hidrogênio da solução com as hidroxilas, ele não foi capaz de deslocar o alumínio dos colóides do solo, como aconteceu com a ação do carbonato de cálcio.

Da mesma forma como foi observado para o pH, existe uma faixa próxima a mistura com 50% de resíduo e 50% de carbonato de cálcio que apresenta a alteração na acidez potencial praticamente igual ao observado com 100% de carbonato de cálcio.

Para o caso da acidez potencial, o resultado com 100% de resíduo não sugere a oportunidade de utilizá-lo como corretivo sem adição do carbonato de cálcio.

5.3. *EFEITO NA PERCENTAGEM DE SATURAÇÃO POR BASES*

A porcentagem de saturação por bases reflete quanto da CTC (a pH 7,0) do solo está ocupada por bases. A partir desse conceito, e observando a Tabela 18, tem-se a indicação que todos os tratamentos melhoram a condição do solo no que se refere a quantidade de bases. A adição do corretivo somente com resíduo (E) apresentou um aumento de 57% na saturação por bases, o que melhora a fertilidade do solo neste aspecto.

Assim, podemos afirmar que a adição de resíduo de sílica amorfa melhora a fertilidade do solo, independentemente da avaliação dos demais parâmetros.

Da mesma forma como observado para o pH e para acidez potencial, o efeito sobre a saturação por bases também pode ser observado numa faixa, visível na Figura 08, em que os tratamentos B e C apresentam resultados com menos de 2% de diferença, o que torna a mistura com 50% de resíduo e 50% de carbonato de cálcio – C, uma opção interessante, em locais próximos à geração do resíduo.

TABELA 18 - Resultado das Misturas no Percentagem de Saturação por Bases

TRATAMENTOS	SATURAÇÃO POR BASES (V%)
Solo sem Adição	48,0
A: 100% carbonato de cálcio	91,4
B: 75% carbonato de cálcio 25% de resíduo de sílica	90,0
C: 50% carbonato de cálcio 50% resíduo de sílica	88,8
D: 25% carbonato de cálcio 75% resíduo de sílica	82,1
E: 100% resíduo de sílica	75,6

Conforme já visto na Tabela 07, o solo estudado sem adição de corretivo possui o valor da porcentagem de saturação por base (48%) muito baixo. Os resultados analíticos mostram que para qualquer mistura adicionada ao solo a saturação por bases atinge valor acima do limite inferior da faixa considerada média: 51-70% (RAIJ, 1996).

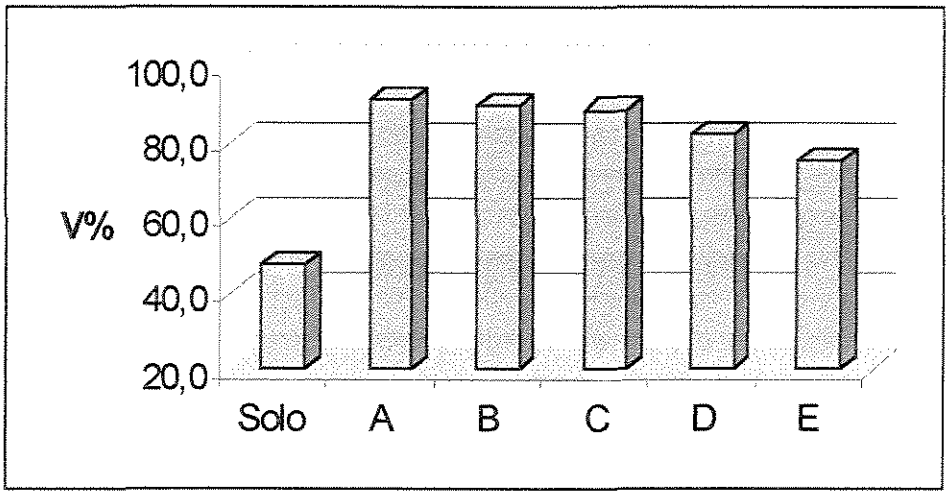


FIGURA 09 – Efeito dos tratamentos sobre a Saturação por Bases

5.4. *EFEITO SOBRE O CÁLCIO, POTÁSSIO E MAGNÉSIO*

A saturação por bases do solo está diretamente relacionada com: o cálcio, o magnésio e o potássio trocáveis. Como o resíduo e o carbonato de cálcio não contém, em sua composição o magnésio e o potássio, a Figura 09 apresenta-se semelhante à Figura 18 da saturação por bases, pois esta é diretamente

relacionada com as bases, e apenas o cálcio foi adicionado ao solo. Porém, como a disponibilidade das bases e a CTC dependem do pH do solo, na verdade a Figura 09 é resultado da somatória dos efeitos observados nas Figuras 10, 11 e 12, que representam o Ca, o K e o Mg, respectivamente.

Por estar o cálcio em concentração bem maior que o potássio e o magnésio, o comportamento da resposta aos tratamentos para a saturação de base (Figura 09) deveria ser semelhante à reposta do cálcio (Figura 10). Porém, comparando as Figuras 09 e 10 verifica-se que existe mais um fator influenciando os resultados. A saturação de bases depende também da CTC, que por sua vez depende do pH (MELO, et al., 1983). Assim, a diferença entre as duas Figuras pode ser atribuída também as variações na CTC mostrada na Figura 13.

As Figuras 11 e 12 mostram que houve alteração na concentração de K e de Mg trocáveis mesmo esses elementos não tendo sido adicionados ao solo. Essa alteração deve-se a alteração no pH do solo e também ao aumento da concentração de Ca que dissolveu o K e o Mg, conforme indica a ordem de absorção de cátions apresentada em RHEINHEIMER, et al., (2000):

$$H^{+} >> Al^{+3} > \mathbf{Ca^{+2}} > \mathbf{Mg^{+2}} > \mathbf{K^{+}} \sim NH^{+4} > Na^{+}.$$

O solo utilizado neste trabalho possui valor de cálcio menor do que o valor considerado baixo por RAIJ (1996), que é de $30 mmol_c.dm^{-3}$. Assim, com o aditivo contendo apenas o resíduo, atingiu-se o valor acima do que é considerado baixo.

A diminuição do K e do Mg no sistema de cátions trocáveis do solo observada sugere que houve a troca desses elementos pelo Ca O K e o Mg passaram a fazer parte da solução do solo, sujeita a lixiviação, ou precipitado na forma de sulfato de potássio e carbonato de potássio, bem como de magnésio.

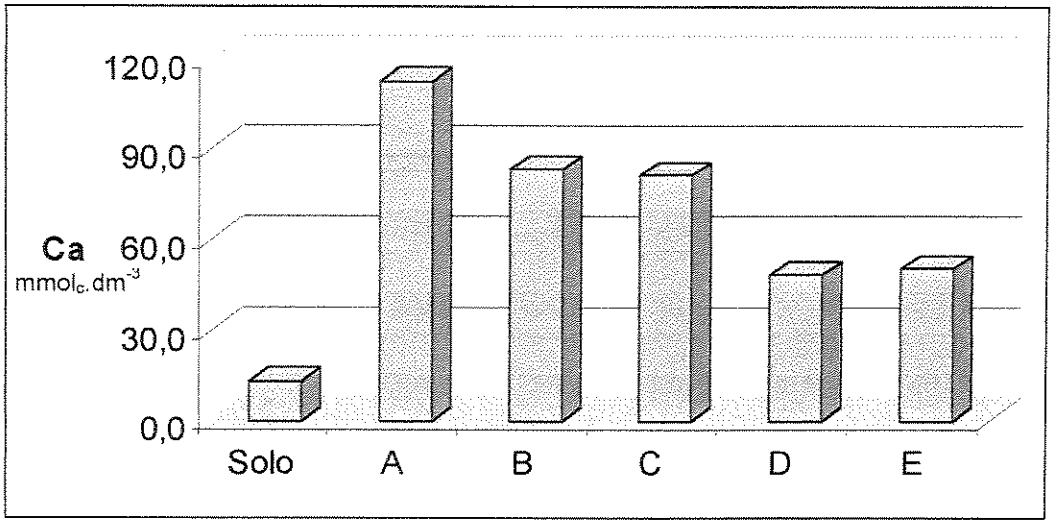


FIGURA 10 – Efeito dos tratamentos sobre o Cálcio

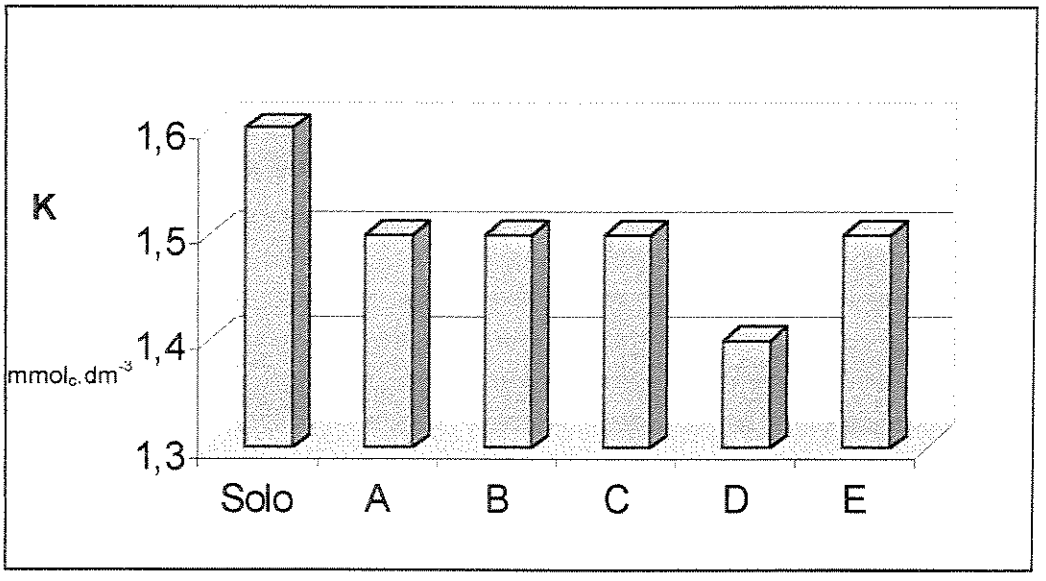


FIGURA 11 – Efeito dos Tratamentos sobre o Potássio

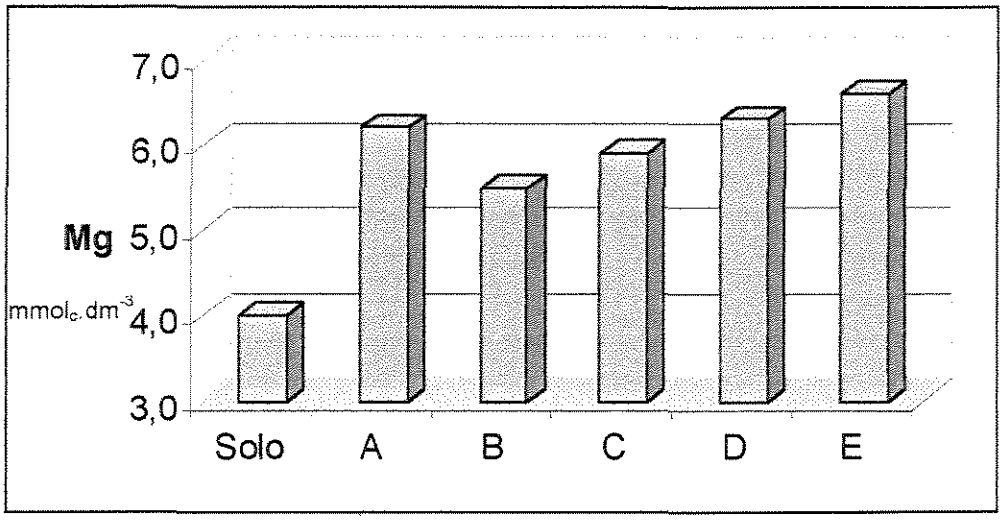


FIGURA 12 – Efeito dos Tratamentos sobre o Magnésio

TABELA 19 - Resultado das Misturas na Concentração de Cálcio, Potássio e Magnésio Trocável (mmol$_c$ dm^{-3})

TRATAMENTOS	CÁLCIO	POTÁSSIO	MAGNÉSIO
Solo sem Adição	13,0	1,9	4,0
A: 100% carbonato de cálcio	112,5	1,5	6,2
B: 75% carbonato de cálcio 25% de resíduo de sílica	83,4	1,5	5,5
C: 50% carbonato de cálcio 50% resíduo de sílica	81,3	1,5	5,9
D: 25% carbonato de cálcio 75% resíduo de sílica	48,5	1,4	6,2
E: 100% resíduo de sílica	50,3	1,5	6,6

5.5. *EFEITO SOBRE A CTC*

Analisou-se a Capacidade de Troca de Cátions do solo nos diferentes tratamentos nos vasos, pois a mesma é fundamental na avaliação da fertilidade do solo e porque buscou-se verificar se existe alguma influência da sílica amorfa no resultado da CTC do solo. A sílica amorfa presente no resíduo possui alta porosidade e CTC aproximada de 1200mmol$_c$.dm^{-3} (Boletim de Análises n^0 1080/99 da Bioagri, no anexo I) que poderia influenciar na retenção de cátions em suas partículas. De acordo com a literatura, a CTC é influenciada também pelo pH do solo. O efeito da adição das misturas no solo sobre a CTC é mostrado na Figura 13.

TABELA 20 – Efeito da adição das misturas de corretivos na Capacidade de Troca de Cátions do solo

TRATAMENTOS	CTC (mmol$_c$.dm^{-3})
Solo sem Adição	43,6
A: 100% carbonato de cálcio	122,3
B: 75% carbonato de cálcio 25% de resíduo de sílica	99
C: 50% carbonato de cálcio 50% resíduo de sílica	98,8
D: 25% carbonato de cálcio 75% resíduo de sílica	76,1
E: 100% resíduo de sílica	80,4

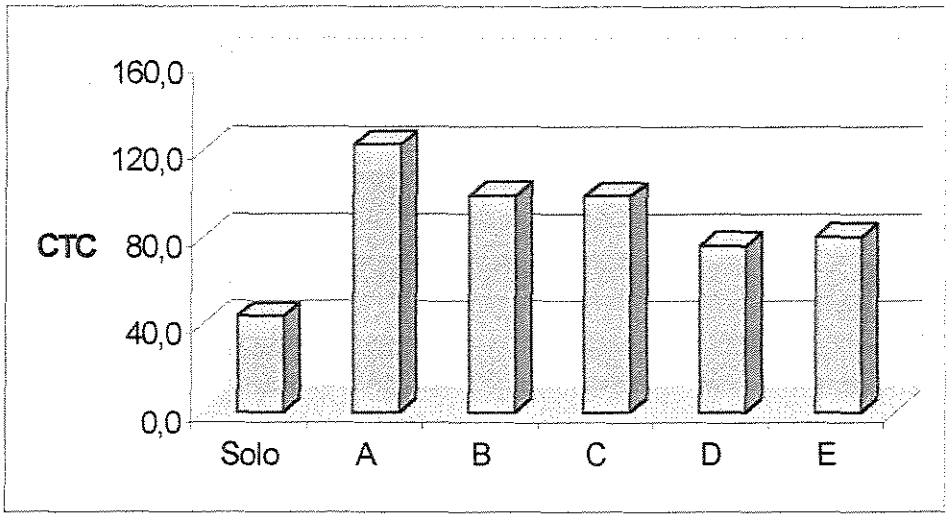


FIGURA 13 – Efeito dos tratamentos sobre a CTC do solo ($mmol_c\ dm^{-3}$)

O aumento da CTC do solo é uma conseqüência da absorção química de hidroxilas na superfície dos óxidos e hidróxidos, principalmente de ferro e alumínio, na arestas quebradas da caulinita, e da ionização de grupos funcionais da matéria orgânica, dos quais os carboxílicos são os mais importantes (ALBUQUERQUE, et al., 2000).

Diante do resultado visualizado na Figura 13 houve aumento da CTC com a adição do resíduo de sílica amorfa. O mesmo ocorreu apenas com a adição de carbonato de cálcio (A) embora este não tenha a propriedade de ser poroso. Assim, sugere-se que o efeito sobre o aumento da CTC deveu-se à elevação do pH. Em valor de pH mais elevado, temos o comportamento semelhante entre as misturas D e E, no caso da CTC, tende a indicar que os poros da sílica amorfa presente no resíduo possuam alguma influência na CTC do solo, porque nos resultados de pH mostrados na Tabela 16 o valor de pH em D é maior em E; já para a CTC essa diferença não é percebida.

6 - CONCLUSÕES

O experimento comparativo feito com o resíduo de sílica amorfa e o carbonato de cálcio, padrão de comparação entre os corretivos de solo, mostrou que o resíduo de sílica amorfa é capaz de melhorar a fertilidade do solo nos parâmetros: pH, na acidez potencial, na capacidade de troca de cátions, na concentração de cálcio trocável e na porcentagem de saturação por bases. Particularmente para os parâmetros: Ca e H+Al, a adição do resíduo melhorou substancialmente a qualidade química do sistema, quando comparado ao solo sem adição de corretivo.

Como já era previsto, o estudo comparativo evidenciou que o resíduo de sílica amorfa não é tão eficiente na correção da fertilidade do solo, como carbonato de cálcio.

Embora a sílica amorfa presente no resíduo tenha a propriedade de absorção de cátions elevada, quando seca e tratada, não foi possível evidenciar que essa propriedade tenha influência sobre a CTC do solo, e sim que a elevação da CTC seja devido à elevação no pH e da soma de bases do sistema, provocadas pelo resíduo.

O efeito na adição das misturas no potássio, mostrou que não existe vantagem para o efeito sobre o potássio, pois o mesmo é liberado para a solução do solo, que parte pode ter precipitado na forma de sais de sulfato e/ou carbonato, ambos insolúveis.

ABREU, C.A. & ABREU, M.F. - A extração com DTPA: Determinação de cobre, ferro, manganês e zinco em solos. Protocolo Analítico. Instituto Agronômico de Campinas, 1994, 9p

AGUIAR NETTO, A.O. - Avaliação do conceito da capacidade de campo para o latossolo dos tabuleiros no Estado da Bahia. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Vol 23: 661-667, 1999.

AGUIAR, A. - Manejo da Fertilidade do solo sob pastagens. Agropecuária, 1998.

ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTANA, E.C. - Propriedades físicas e eletroquímicas de um latossolo bruno afetadas pela calagem. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Vol 24: 295-300, 2000.

ALCARDE, J.C. - Corretivos da Acidez dos Solos: Características de Qualidade. In: MALAVOLTA, E. (Coord.) Seminário sobre Corretivos Agrícolas. Campinas. Fundação Cargill, 1985, 375p

ALVARENGA, M.I.N.; SOUZA, J.A. - Atributos do Solo e o Impacto Ambiental. Esal/Faepe. Lavras-MG, 1995

ALVES, F. - O que está sendo feito com os resíduos industriais. Revista: Saneamento Ambiental, n.54, Ano IX, Nov/Dez, 1998

BETTIOL, W.; CAMARGO O.A. - Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna-SP, EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. 312p

BIDONE, F.R.A. & POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos, EESC/USP, 1999. 120p.

CAMARGO, O.C.; VALADARES, J.M.A.; GERALDI, R.N. - Características físicas e químicas de um solo que recebeu vinhaça po longo tempo. Campinas, Instituto Agronômico, Boletim Técnico N 76, 1983.

CANADA, Environmental Protection Service. Manual for Land Application of Treated Municipal Wastewater and Sludge. Ontario, 1984

CARVALHO, J.G.; LOPES, A.S.; GUEDES, G.A.A. - Métodos de diagnose da fertilidade do solo e de avaliação do estado nutricional de plantas. Lavras, ESAL/FAEPE, 1995. 116p.

CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; FERANDES, L.A.; OLIVEIRA JR, A.C. - Dessorção d fósforo por silício em solos cultivados com eucalípto. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Vol. 24: 69-74, 2000.

OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.R.F. - Latossolos Roxos do Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agronômico, Boletim Técnico, 82, 1984, 135p.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. BATAGLIA, O.C. - Análises químicas do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO J.A. & FURLANI, A.M.C. - Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2.ed., (Boletim Técnico, 100) Campinas, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996. 285p.

RAIJ, B.V. - Fertilidade do Solo e adubação. Piracicaba. Sao Paulo, Ceres, Potafos. 1991 .343p

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKE, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. - Alteração de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Vol24, 797-805. 2000

SANEPAR. Cia de Saneamento do Paraná. Manual técnico para utilização agrícola de lodo de esgoto no Paraná. Curitiba – SANEPAR, 1997

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SAO PAULO - SMA. Agenda 21: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1997. 383 p.

SILVA, L.F. - Solos Tropicais: Aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo. São Paulo, Terra Brasilis, 1995, 137p.

SOUZA, M.L.P. - Levantamento Preliminar de metais pesados em alguns solos do Paraná. Sanare-Revista Técnica da Sanepar, Curitiba, v.5,n.5, p. 68-75, 1996.

SHAINBERG, I. & LETEY, J. - Response of Soils to Sodic and Saline Conditions. Hilgardia. Vol 52. Janeiro, 1984

UNITED STATES OF AMERICA, Code of Federal Regulations, 40 CFR 260, 1 JUL 1996

VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A; GUILHERME, L.R.G. - Manejo da Fertilidade do Solo. UFLA/FAEPE, Lavras - MG, 1995

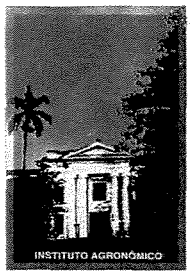
ZIRM, K.L.; MAYER, J. - The Management of Hazardous Substances in the Environment. Elsevier Applied Science, London, 1990

8 - ANEXOS

8.1. ANEXO I

LAUDOS DE CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE SÍLICA AMORFA E DO SOLO.

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG



Proprietário: ELOIZA L. ALVES
Propriedade: FEAGRI/AGUA/SOLO-MESTRADO
Endereço: R.DOM LINO D. CARVALHO, 1.170
Cep: 13096060 Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA L. ALVES
Código do Cliente: 041239/00 Data da emissão: 14/07/99

Anexo I

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
9500	41239	01

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO							
Sigla	Descrição	Unidade	41239							
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	14							
pH	Solução $CaCl_2$		5,6							
P	Fósforo Resina	mg/dm³	1							
K	Potássio	$mmol_c$/dm³	1,6							
Ca	Cálcio	$mmol_c$/dm³	12							
Mg	Magnésio	$mmol_c$/dm³	4							
Na	Sódio	$mmol_c$/dm³	?							
Al	Alumínio	$mmol_c$/dm³	41,24							
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c$/dm³	20							
S.B.	Soma Bases	$mmol_c$/dm³	17,6							
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c$/dm³	37,6							
V	Sat. Bases	%	46							
S	Enxofre	mg/dm³								
B	Boro	mg/dm³	0,16							
Cu	Cobre	mg/dm³	1,6							
Fe	Ferro	mg/dm³	3							
Mn	Manganês	mg/dm³	1,5							
Zn	Zinco	mg/dm³	0,1							

PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE
ANÁLISE DE SOLO
SISTEMA IAC
1999
"MICRONUTRIENTES"

PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE
ANÁLISE DE SOLO
SISTEMA IAC
1999
"ANÁLISE BÁSICA"

TEXTURA

Argila	g/dm³								
Silte	g/dm³								
Areia	g/dm³								

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

ANEXO I

CONVERSÃO DE UNIDADES

O Instituto Agronômico passou a utilizar, para resultados de análises de solos e plantas, o Sistema Internacional de Unidades. Isto implica em alteração nas representações e nos valores de parte dos resultados.

A conversão pode ser feita utilizando a seguinte tabela:

Unidade antiga(A)	Unidade nova(N) (N = A x F)	Fator de conversão(F)
%	g/kg, g/dm³, g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm³, mg/L	1
meq/100 cm³	$mmol_c/dm^3$	10
meq/100g	$mmol_c/kg$	10
meq/L	$mmol_c/L$	1
mmho/cm	dS/m	1

A porcentagem (%) dá lugar, para representação de teores, a gramas por decímetro cúbico (g/dm³) para solos e gramas por quilograma (g/kg) para plantas. Os resultados são 10 vezes maiores.

O milequivalente (meq) só mudou de nome, passando a ser conhecido como milimol de carga ($mmol_c$). O fator de conversão 10, mostrado no quadro, deve-se à mudança da base de representação, de 100 cm³ para 1 dm³, da mesma maneira como foi feito para a porcentagem.

A unidade de condutividade elétrica é o deci-siemen por metro (dS/m), que passa a substituir o milimho/cm. Neste caso os valores numéricos permanecem os mesmos.

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

As interpretações apresentadas servem de referência, já que há diferenças importantes no comportamento de culturas com relação à acidez dos solos ou deficiências de fósforo e micronutrientes.

A tabela seguinte contém os limites de teores de potássio e de fósforo. No caso do fósforo, os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças. Para este nutriente, é muito importante o extrator usado. Para São Paulo, pesquisas realizadas no Instituto Agronômico, confirmando informações de diferentes países, mostraram que o método da resina de troca de íons avalia, melhor do que qualquer outro método existente, a disponibilidade do nutriente para as culturas.

Teor	K^+ trocável	P resina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	$mmol_c/dm^3$	mg/dm³			
Muito baixo	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	10-25
Médio	1,6-3,0	6-10	13-30	16-40	25-60
Alto	3,1-6,0	10-20	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>6,0	>20	>60	>80	>120

Para acidez, adotam-se os seguintes limites de interpretação de classes:

Acidez	pH em $CaCl_2$	Saturação por bases	V
			%
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito baixa	>6,0	Muito alta	>90

Para cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes são estabelecidas três classes de teores, com a interpretação seguinte:

Teor	Ca^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	Mg^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	$S\text{-}SO_4^{2-}$ mg/dm³	B Água quente mg/dm³	Cu DTPA mg/dm³	Fe DTPA mg/dm³	Mn DTPA mg/dm³	Zn DTPA mg/dm³
Baixo	0-3	0-4	0-4	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	4-7	5-8	5-10	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>7	>8	>10	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Não há muita dúvida na interpretação do magnésio. Para o cálcio, os valores apresentados, são os mínimos desejáveis para culturas, independentemente da questão da calagem. Um assunto que tem ocasionado polêmica é o da necessidade de estabelecer, no solo, uma determinada relação Ca/Mg. Em geral, as produções de culturas não são afetadas por essa relação entre valores que variam de um mínimo ao redor de 1 até valores acima de 30, desde que nenhum dos dois elementos esteja presente em teores deficientes.

O importante na interpretação da análise química de micronutrientes em solos é o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Os extratores que se revelaram mais eficientes, nos estudos realizados no Instituto Agronômico, foram a água quente para boro e a solução do complexante DTPA para zinco, ferro, cobre e manganês.

BIOAGRI
LABORATÓRIOS

BOLETIM DE ANÁLISES No. 1080/99 - 818/99-QUI

Dados do Cliente

Nome: Eloísa Lutero Alves.
Endereço: Rua Cinira Fonseca Oliveira, s/n
Município: Campinas – São Paulo

Dados da Amostra

Amostras: Resíduo
Data da coleta: 17.08.99.
Data de entrega no Laboratório: 17.08.99
Coletor: Nelson – Bioagri Laboratórios Ltda.

Resultados Analíticos

Parâmetros	Am. 5871/99	Unidade de Medida
Nitrogênio	375	mg/Kg
Cobre	1,28	mg/Kg
Zinco	4,8	mg/Kg
Ferro	4,9	mg/Kg
Manganês	4,7	mg/Kg
Molibdênio	0,31	mg/Kg
Matéria Orgânica	7	g/dm^3
pH	8,2	$CaCl_2$
Fósforo	2	mg/dm^3
Potássio	0,1	$mmolc/dm^3$
Cálcio	1170	$mmolc/dm^3$
Magnésio	24	$mmolc/dm^3$
H + Al	7	$mmolc/dm^3$
Soma de Bases	1194,1	$mmolc/dm^3$
CTC	1201,1	$mmolc/dm^3$
PRNT	6,2	%
Análises Granulométrica		
Porcentagem de Material retido na Peneira n° 10 (2 mm)	-	%
Porcentagem de Material retido na Peneira n° 20 (0,84 mm)	-	%
Porcentagem de Material retido na Peneira n° 50 (0,3 mm)	10	%

Identificação da Amostra

Am. 5871/99 – Resíduo de Silica Amorfa

Rod. Rio Claro/Piracicaba (SP 127), Km 24 CEP 13412-000 Cx. P 573 Fone (019) 429-7700 Fax (019) 429-7722 Piracicaba - SP

RESULTADOS ANALÍTICOS DO PARÂMETROS ESTUDADOS NO EXPERIMENTO.

Amostra 1: coletada em 05/12/1999
Amostra 2: coletada em 10/12/1999
Amostra 3: Coletada em 29/02/2000
Amostra 4: Coletada em 03/04/2000

* Foram feitas apenas 3 coletas de solo sem corretivo. As coletas foram feitas em dias distintos das análises.

Tabela A -Efeito dos Tratamentos sobre o pH (CaCl2)

Amostra	Solo*	1A1	2A1	1B1	2B1	1C1	2C1	1D1	2D1	1E1	2E1
1	5,6	7,3	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3	7,0	7,0	6,4	6,3
2		7,7	7,7	7,6	7,7	7,6	7,5	6,9	6,9	6,3	6,3
3	5,5	7,7	7,7	7,4	7,5	7,2	7,3	6,5	6,7	6,0	**5,9**
4	5,5	7,2	7,5	7,5	7,5	7,3	7,4	6,9	6,8	6,3	**6,1**
Média (4)	**5,5**	**7,5**	**7,6**	**7,5**	**7,5**	**7,4**	**7,4**	**6,8**	**6,9**	**6,3**	**6,2**
Média (8)			**7,5**		**7,5**		**7,4**		**6,8**		**6,2**

Tabela B - Efeito dos Tratamentos sobre a Acidez Potencial, H+Al (mmolc/dm3)

Amostra	Solo*	1A1	2A1	1B1	2B1	1C1	2C1	1D1	2D1	1E1	2E1
1	20,0	12	12	11	11	12	12	15	15	18	18
2		9	9	9	9	10	10	12	12	16	16
3	20,0	9	9	9	9	10	10	13	13	18	20
4	20,0	8	8	9	9	10	10	13	13	16	18
Média (4)	**20,0**	**7,5**	**7,5**	**7,3**	**7,3**	**8,0**	**8,0**	**10,0**	**10,0**	**13,0**	**13,5**
Média (8)			**7,5**		**7,3**		**8,0**		**10,0**		**13,3**

Tabela C - Efeito dos Tratamentos sobre a CTC (mmolc/dm3)

Amostra	Solo*	1A1	2A1	1B1	2B1	1C1	2C1	1D1	2D1	1E1	2E1
1	37,6	151,6	150,5	134,5	113,4	116,5	133,4	88,6	90,7	87,6	92,7
2		143,5	127,5	88,4	98,5	75,3	82,6	69,4	69,3	61,3	69,5
3	41,3	104,1	108	78,9	84	94,2	80,3	67,7	61,6	64,8	78,9
4	38,2	121,2	130,2	95,1	104,2	106,2	104,2	21,9	88,9	87,7	88,9
Média (4)	**39,0**	**130,1**	**129,1**	**99,2**	**100,0**	**98,1**	**100,1**	**56,4**	**77,6**	**75,4**	**82,5**
Média (8)	**39,0**		**129,6**		**99,6**		**99,1**		**67,0**		**78,9**

BIOAGRI
LABORATÓRIOS

Piracicaba, 14 de Outubro de 1999.

Vânia Sass
Química
CRQ No. 04224165 - 4a. Região

Ivã Matsushige
Gerente Técnico

3ª Via Emitida em:
26/11/99

Rod. Rio Claro/Piracicaba (SP 127), Km 24 CEP 13412-000 Cx. P 573 Fone (019) 429-7700 Fax (019) 429-7722 Piracicaba - SP

8.2. ANEXO II

RESULTADOS ANALÍTICOS DOS PARÂMTEROS:

pH, H+Al, CTC, V%, Ca, K e Mg.

Tabela D - Efeito dos Tratamentos sobre a Saturação de Bases, V%

Amostra	Solo*	1A1	2A1	1B1	2B1	1C1	2C1	1D1	2D1	1E1	2E1
1	46	93,0	92,0	89,0	90,0	86,0	87,0	82,0	82,0	73,0	76,0
2		87,2	87,9	89,5	89,4	88,4	88,7	83,6	84,6	79,4	78,7
3	51	92,0	93,0	89,0	90,0	90,0	88,0	80,0	78,0	75,0	67,0
4	47	93,0	93,0	91,0	92,0	91,0	91,0	39,0	85,0	79,0	77,0
Média (4)	48,0	91,3	91,5	89,6	90,4	88,9	88,7	81,9	82,4	76,6	74,7
Média (8)			91,4		90,0		88,8		82,1		75,6

Tabela E - Efeito dos Tratamentos sobre o Cálcio Trocável (mmolc/dm3)

Amostra	Solo*	1A1	2A1	1B1	2B1	1C1	2C1	1D1	2D1	1E1	2E1
1	12,0	131,0	129,0	115,0	95,0	96,0	113,0	65,0	67,0	61,0	65,0
2		126,0	110,0	72,0	82,0	59,0	65,0	50,0	50,0	39,0	46,0
3	15,0	90,0	94,0	65,0	69,0	77,0	64,0	47,0	42,0	41,0	31,0
4	12,0	105,0	115,0	80,0	89,0	89,0	87,0	1,0	67,0	60,0	59,0
Média (4)	13,0	113,0	112,0	83,0	83,8	80,3	82,3	40,5	56,5	50,3	50,3
Média (8)			112,5		83,4		81,3		48,5		50,3

Tabela F - Efeito dos Tratamentos sobre o Potássio Trocável (mmolc/dm3)

Amostra	Solo*	1A1	2A1	1B1	2B1	1C1	2C1	1D1	2D1	1E1	2E1
1	1,6	1,5	1,5	1,4	1,5	1,3	1,6	1,4	1,3	1,3	1,5
2		1,5	1,5	1,4	1,5	1,3	1,6	1,4	1,3	1,3	1,5
3	2,1	1,3	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,4	1,3	1,4	1,5
4	2,0	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,5	1,7
Média (4)	1,9	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,6	1,5	1,4	1,4	1,5
Média (8)			1,5		1,5		1,5		1,4		1,5

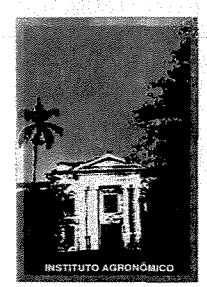
Tabela G - Efeito dos Tratamentos sobre o Magnésio Trocável (mmolc/dm3)

Amostra	Solo*	1A1	2A1	1B1	2B1	1C1	2C1	1D1	2D1	1E1	2E1
1	4,0	7,0	8,0	7,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0
2		7,0	7,0	6,0	6,0	5,0	5,0	6,0	6,0	5,0	6,0
3	4,0	5,0	5,0	4,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0
4	4,0	6,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	7,0	8,0	8,0
Média (4)	4,0	6,2	6,3	5,5	5,5	6,0	5,7	6,2	6,2	6,5	6,7
Média (8)			6,2		5,5		5,9		6,2		6,6

8.3. ANEXO III

LAUDOS COMPLETOS DAS AMOSTRAS DOS TESTES DE VASO.

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG



Proprietário: A MESMA
Propriedade: FEAGRI/UNICAMP
Endereço: RUA DOM LINO DEODATO CARVALHO
Cep: 70771075 Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA LUTERO ALVES
Código do Cliente: 045207/00 Data da emissão: 27/12/99 05/12/99

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

10/12

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
12984	45207	1A1
12985	45208	2A1
12986	45209	1B1
12987	45210	2B1
12988	45212	1C1
12989	45213	2C1
12990	45214	1D1
12991	45215	2D1

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO							
Sigla	Descrição	Unidade	45207	45208	45209	45210	45212	45213	45214	45215
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	14	16	14	15	14	14	15	15
pH	Solução $CaCl_2$		7,3	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3	7,0	7,0
P	Fósforo Resina	mg/dm³	3	3	3	3	3	3	3	3
K	Potássio	$mmol_c/dm^3$	1,6	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,6	1,7
Ca	Cálcio	$mmol_c/dm^3$	131	129	115	95	96	113	65	67
Mg	Magnésio	$mmol_c/dm^3$	7	8	7	6	7	7	7	7
Na	Sódio	$mmol_c/dm^3$								
Al	Alumínio	$mmol_c/dm^3$								
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c/dm^3$	12	12	11	11	12	12	15	15
S.B.	Soma Bases	$mmol_c/dm^3$	139,6	138,5	123,5	102,4	104,5	121,4	73,6	75,7
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c/dm^3$	151,6	150,5	134,5	113,4	116,5	133,4	88,6	90,7
V	Sat. Bases	%	92	92	91	90	89	91	83	83
S	Enxofre	mg/dm³								
B	Boro	mg/dm³	0,25	0,37	0,23	0,46	0,13	0,02	0,22	0,27
Cu	Cobre	mg/dm³	2,5	2,5	2,1	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6
Fe	Ferro	mg/dm³	4	4	3	3	4	4	4	5
Mn	Manganês	mg/dm³	2,2	2,1	1,5	1,6	1,6	1,7	2,5	2,6
Zn	Zinco	mg/dm³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2

TEXTURA

Argila	g/dm³								
Silte	g/dm³								
Areia	g/dm³								

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

Av. Barão de Itapura, 1481 - C. Postal: 28 - Cep: 13001-970 - Campinas - SP - Fone/Fax: (019) 236-9119

CONVERSÃO DE UNIDADES

O Instituto Agronômico passou a utilizar, para resultados de análises de solos e plantas, o Sistema Internacional de Unidades. Isto implica em alteração nas representações e nos valores de parte dos resultados.

A conversão pode ser feita utilizando a seguinte tabela:

Unidade antiga(A)	Unidade nova(N) (N = A x F)	Fator de conversão(F)
%	g/kg, g/dm³, g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm³, mg/L	1
meq/100 cm³	$mmol_c/dm^3$	10
meq/100g	$mmol_c/kg$	10
meq/L	$mmol_c/L$	1
mmho/cm	dS/m	1

A porcentagem (%) dá lugar, para representação de teores, a gramas por decímetro cúbico (g/dm³) para solos e gramas por quilograma (g/kg) para plantas. Os resultados são 10 vezes maiores.

O milequivalente (meq) só mudou de nome, passando a ser conhecido como milimol de carga ($mmol_c$). O fator de conversão 10, mostrado no quadro, deve-se à mudança da base de representação, de 100 cm³ para 1 dm³, da mesma maneira como foi feito para a porcentagem.

A unidade de condutividade elétrica é o deci-siemen por metro (dS/m), que passa a substituir o milimho/cm. Neste caso os valores numéricos permanecem os mesmos.

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

As interpretações apresentadas servem de referência, já que há diferenças importantes no comportamento de culturas com relação à acidez dos solos ou deficiências de fósforo e micronutrientes.

A tabela seguinte contém os limites de teores de potássio e de fósforo. No caso do fósforo, os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças. Para este nutriente, é muito importante o extrator usado. Para São Paulo, pesquisas realizadas no Instituto Agronômico, confirmando informações de diferentes países, mostraram que o método da resina de troca de íons avalia, melhor do que qualquer outro método existente, a disponibilidade do nutriente para as culturas.

Teor	K^+ trocável	P resina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	$mmol_c/dm^3$	mg/dm³			
Muito baixo	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	10-25
Médio	1,6-3,0	6-10	13-30	16-40	25-60
Alto	3,1-6,0	10-20	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>6,0	>20	>60	>80	>120

Para acidez, adotam-se os seguintes limites de interpretação de classes:

Acidez	pH em $CaCl_2$	Saturação por bases	V
			%
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito baixa	>6,0	Muito alta	>90

Para cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes são estabelecidas três classes de teores, com a interpretação seguinte:

Teor	Ca^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	Mg^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	S-SO_4^{2-} mg/dm³	B Água quente mg/dm³	Cu DTPA mg/dm³	Fe DTPA mg/dm³	Mn DTPA mg/dm³	Zn DTPA mg/dm³
Baixo	0-3	0-4	0-4	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	4-7	5-8	5-10	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>7	>8	>10	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Não há muita dúvida na interpretação do magnésio. Para o cálcio, os valores apresentados, são os mínimos desejáveis para culturas, independentemente da questão da calagem. Um assunto que tem ocasionado polêmica é o da necessidade de estabelecer, no solo, uma determinada relação Ca/Mg. Em geral, as produções de culturas não são afetadas por essa relação entre valores que variam de um mínimo ao redor de 1 até valores acima de 30, desde que nenhum dos dois elementos esteja presente em teores deficientes.

O importante na interpretação da análise química de micronutrientes em solos é o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Os extratores que se revelaram mais eficientes, nos estudos realizados no Instituto Agronômico, foram a água quente para boro e a solução do complexante DTPA para zinco, ferro, cobre e manganês.

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG

Proprietário: ELOIZA LUTERO ALVES
Propriedade: FEAGRI/UNICAMP
Endereço: R. DOM LINO D. CARVALHO,1170
Cep: 70771075 Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA LUTERO ALVES
Código do Cliente: 045235/00 Data da emissão: 27/12/99 10/12/99

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
13011	45235	1A1
13012	45236	2A1
13013	45237	1B1
13014	45238	2B1
13015	45239	1C1
13016	45240	2C1
13017	45242	1D1
13018	45243	2D1

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO							
Sigla	Descrição	Unidade	45235	45236	45237	45238	45239	45240	45242	45243
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	14	14	14	14	14	14	14	14
pH	Solução $CaCl_2$		7,7	7,7	7,6	7,7	7,6	7,5	6,9	6,9
P	Fósforo Resina	mg/dm³	4	4	4	4	3	3	3	4
K	Potássio	$mmol_c$/dm³	1,5	1,5	1,4	1,5	1,3	1,6	1,4	1,3
Ca	Cálcio	$mmol_c$/dm³	126	110	72	82	59	65	50	50
Mg	Magnésio	$mmol_c$/dm³	7	7	6	6	5	6	6	6
Na	Sódio	$mmol_c$/dm³								
Al	Alumínio	$mmol_c$/dm³								
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c$/dm³	9	9	9	9	10	10	12	12
S.B.	Soma Bases	$mmol_c$/dm³	134,5	118,5	79,4	89,5	65,3	72,6	57,4	57,3
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c$/dm³	143,5	127,5	88,4	98,5	75,3	82,6	69,4	69,3
V	Sat. Bases	%	93	92	89	90	86	87	82	82
S	Enxofre	mg/dm³								
B	Boro	mg/dm³								
Cu	Cobre	mg/dm³								
Fe	Ferro	mg/dm³								
Mn	Manganês	mg/dm³								
Zn	Zinco	mg/dm³								

TEXTURA

Argila	g/dm³								
Silte	g/dm³								
Areia	g/dm³								

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE
ANÁLISE DE SOLO
SISTEMA IAC
1999
"ANÁLISE BÁSICA"

Av. Barão de Itapura, 1481 - C. Postal: 28 - Cep: 13001-970 - Campinas - SP - Fone/Fax: (019) 236-9119

CONVERSÃO DE UNIDADES

O Instituto Agronômico passou a utilizar, para resultados de análises de solos e plantas, o Sistema Internacional de Unidades. Isto implica em alteração nas representações e nos valores de parte dos resultados.

A conversão pode ser feita utilizando a seguinte tabela:

Unidade antiga(A)	Unidade nova(N) (N = A x F)	Fator de conversão(F)
%	g/kg, g/dm³, g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm³, mg/L	1
meq/100 cm³	$mmol_c/dm^3$	10
meq/100g	$mmol_c/kg$	10
meq/L	$mmol_c/L$	1
mmho/cm	dS/m	1

A porcentagem (%) dá lugar, para representação de teores, a gramas por decímetro cúbico (g/dm³) para solos e gramas por quilograma (g/kg) para plantas. Os resultados são 10 vezes maiores.

O milequivalente (meq) só mudou de nome, passando a ser conhecido como milimol de carga ($mmol_c$). O fator de conversão 10, mostrado no quadro, deve-se à mudança da base de representação, de 100 cm³ para 1 dm³, da mesma maneira como foi feito para a porcentagem.

A unidade de condutividade elétrica é o deci-siemen por metro (dS/m), que passa a substituir o milimho/cm. Neste caso os valores numéricos permanecem os mesmos.

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

As interpretações apresentadas servem de referência, já que há diferenças importantes no comportamento de culturas com relação à acidez dos solos ou deficiências de fósforo e micronutrientes.

A tabela seguinte contém os limites de teores de potássio e de fósforo. No caso do fósforo, os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças. Para este nutriente, é muito importante o extrator usado. Para São Paulo, pesquisas realizadas no Instituto Agronômico, confirmando informações de diferentes países, mostraram que o método da resina de troca de íons avalia, melhor do que qualquer outro método existente, a disponibilidade do nutriente para as culturas.

Teor	K^+ trocável	P resina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	$mmol_c/dm^3$	mg/dm³			
Muito baixo	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	10-25
Médio	1,6-3,0	6-10	13-30	16-40	25-60
Alto	3,1-6,0	10-20	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>6,0	>20	>60	>80	>120

Para acidez, adotam-se os seguintes limites de interpretação de classes:

Acidez	pH em $CaCl_2$	Saturação por bases	V
			%
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito baixa	>6,0	Muito alta	>90

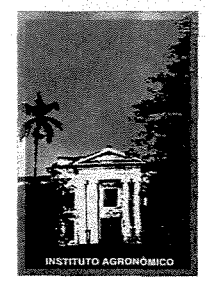
Para cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes são estabelecidas três classes de teores, com a interpretação seguinte:

Teor	Ca^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	Mg^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	S-SO_4^{2-} mg/dm³	B Água quente mg/dm³	Cu DTPA mg/dm³	Fe DTPA mg/dm³	Mn DTPA mg/dm³	Zn DTPA mg/dm³
Baixo	0-3	0-4	0-4	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	4-7	5-8	5-10	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>7	>8	>10	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Não há muita dúvida na interpretação do magnésio. Para o cálcio, os valores apresentados, são os mínimos desejáveis para culturas, independentemente da questão da calagem. Um assunto que tem ocasionado polêmica é o da necessidade de estabelecer, no solo, uma determinada relação Ca/Mg. Em geral, as produções de culturas não são afetadas por essa relação entre valores que variam de um mínimo ao redor de 1 até valores acima de 30, desde que nenhum dos dois elementos esteja presente em teores deficientes.

O importante na interpretação da análise química de micronutrientes em solos é o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Os extratores que se revelaram mais eficientes, nos estudos realizados no Instituto Agronômico, foram a água quente para boro e a solução do complexante DTPA para zinco, ferro, cobre e manganês.

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG



Proprietário: A MESMA
Propriedade: FEAGRI/UNICAMP
Endereço: RUA DOM LINO DEODATO CARVALHO
Cep: 70771075 Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA LUTERO ALVES
Código do Cliente: 045207/00 Data da emissão: 27/12/99

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
12992	45216	1E1
12993	45217	2E1

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO	
Sigla	Descrição	Unidade	45216	45217
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	15	15
pH	Solução $CaCl_2$		6,4	6,3
P	Fósforo Resina	mg/dm³	2	3
K	Potássio	$mmol_c$/dm³	1,6	1,7
Ca	Cálcio	$mmol_c$/dm³	61	65
Mg	Magnésio	$mmol_c$/dm³	7	8
Na	Sódio	$mmol_c$/dm³		
Al	Alumínio	$mmol_c$/dm³		
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c$/dm³	18	18
S.B.	Soma Bases	$mmol_c$/dm³	69,6	74,7
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c$/dm³	87,6	92,7
V	Sat. Bases	%	79	80
S	Enxofre	mg/dm³		
B	Boro	mg/dm³	0,28	0,50
Cu	Cobre	mg/dm³	2,5	2,5
Fe	Ferro	mg/dm³	5	5
Mn	Manganês	mg/dm³	3,4	3,3
Zn	Zinco	mg/dm³	0,2	0,2

TEXTURA

Argila	g/dm³
Silte	g/dm³
Areia	g/dm³

PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE
ANÁLISE DE SOLO
SISTEMA IAC
1999
"ANÁLISE BÁSICA"

PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE
ANÁLISE DE SOLO
SISTEMA IAC
1999
"MICRONUTRIENTES"

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

CONVERSÃO DE UNIDADES

O Instituto Agronômico passou a utilizar, para resultados de análises de solos e plantas, o Sistema Internacional de Unidades. Isto implica em alteração nas representações e nos valores de parte dos resultados.

A conversão pode ser feita utilizando a seguinte tabela:

Unidade antiga(A)	Unidade nova(N) (N = A x F)	Fator de conversão(F)
%	g/kg, g/dm³, g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm³, mg/L	1
meq/100 cm³	$mmol_c/dm^3$	10
meq/100g	$mmol_c/kg$	10
meq/L	$mmol_c/L$	1
mmho/cm	dS/m	1

A porcentagem (%) dá lugar, para representação de teores, a gramas por decímetro cúbico (g/dm³) para solos e gramas por quilograma (g/kg) para plantas. Os resultados são 10 vezes maiores.

O milequivalente (meq) só mudou de nome, passando a ser conhecido como milimol de carga ($mmol_c$). O fator de conversão 10, mostrado no quadro, deve-se à mudança da base de representação, de 100 cm³ para 1 dm³, da mesma maneira como foi feito para a porcentagem.

A unidade de condutividade elétrica é o deci-siemen por metro (dS/m), que passa a substituir o milimho/cm. Neste caso os valores numéricos permanecem os mesmos.

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

As interpretações apresentadas servem de referência, já que há diferenças importantes no comportamento de culturas com relação à acidez dos solos ou deficiências de fósforo e micronutrientes.

A tabela seguinte contém os limites de teores de potássio e de fósforo. No caso do fósforo, os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças. Para este nutriente, é muito importante o extrator usado. Para São Paulo, pesquisas realizadas no Instituto Agronômico, confirmando informações de diferentes países, mostraram que o método da resina de troca de íons avalia, melhor do que qualquer outro método existente, a disponibilidade do nutriente para as culturas.

Teor	K^+ trocável	P resina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	$mmol_c/dm^3$	mg/dm³			
Muito baixo	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	10-25
Médio	1,6-3,0	6-10	13-30	16-40	25-60
Alto	3,1-6,0	10-20	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>6,0	>20	>60	>80	>120

Para acidez, adotam-se os seguintes limites de interpretação de classes:

Acidez	pH em $CaCl_2$	Saturação por bases	V
			%
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito baixa	>6,0	Muito alta	>90

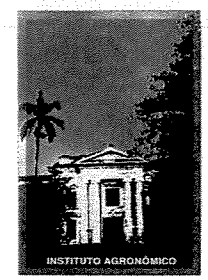
Para cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes são estabelecidas três classes de teores, com a interpretação seguinte:

Teor	Ca^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	Mg^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	$S\text{-}SO_4^{2-}$ mg/dm³	B Água quente mg/dm³	Cu DTPA mg/dm³	Fe DTPA mg/dm³	Mn DTPA mg/dm³	Zn DTPA mg/dm³
Baixo	0-3	0-4	0-4	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	4-7	5-8	5-10	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>7	>8	>10	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Não há muita dúvida na interpretação do magnésio. Para o cálcio, os valores apresentados, são os mínimos desejáveis para culturas, independentemente da questão da calagem. Um assunto que tem ocasionado polêmica é o da necessidade de estabelecer, no solo, uma determinada relação Ca/Mg. Em geral, as produções de culturas não são afetadas por essa relação entre valores que variam de um mínimo ao redor de 1 até valores acima de 30, desde que nenhum dos dois elementos esteja presente em teores deficientes.

O importante na interpretação da análise química de micronutrientes em solos é o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Os extratores que se revelaram mais eficientes, nos estudos realizados no Instituto Agronômico, foram a água quente para boro e a solução do complexante DTPA para zinco, ferro, cobre e manganês.

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG



Proprietário: ELOIZA LUTERO ALVES
Propriedade: FEAGRI/UNICAMP
Endereço: R. DOM LINO D. CARVALHO,1170
Cep: 70771075 Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA LUTERO ALVES
Código do Cliente: 045235/00 Data da emissão: 27/12/99

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
13019	45244	1E1
13020	45245	2E1

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO							
Sigla	Descrição	Unidade	45244	45245						
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	14	14						
pH	Solução $CaCl_2$		6,3	6,3						
P	Fósforo Resina	mg/dm³	3	1						
K	Potássio	$mmol_c$/dm³	1,3	1,5						
Ca	Cálcio	$mmol_c$/dm³	39	46						
Mg	Magnésio	$mmol_c$/dm³	5	6						
Na	Sódio	$mmol_c$/dm³								
Al	Alumínio	$mmol_c$/dm³								
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c$/dm³	16	16						
S.B.	Soma Bases	$mmol_c$/dm³	45,3	53,5						
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c$/dm³	61,3	69,5						
V	Sat. Bases	%	73	76						
S	Enxofre	mg/dm³								
B	Boro	mg/dm³								
Cu	Cobre	mg/dm³								
Fe	Ferro	mg/dm³								
Mn	Manganês	mg/dm³								
Zn	Zinco	mg/dm³								

TEXTURA

Argila	g/dm³								
Silte	g/dm³								
Areia	g/dm³								

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

Av. Barão de Itapura, 1481 - C. Postal: 28 - Cep: 13001-970 - Campinas - SP - Fone/Fax: (019) 236-9119

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG

PROGRAMA DE CONTROLE DE QUALIDADE
ANÁLISE DE SOLO
SISTEMA IAC
1999
"ANÁLISE BÁSICA"

INSTITUTO AGRONÔMICO

Coleta dia 29/02

Proprietário: ELOIZA LUTERO ALVES
Propriedade: Não informada
Endereço: RUA DOM LINO DEODATO DE CARVALHO, 1170/43
Cep: Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA LUTERO ALVES
Código do Cliente: Data da emissão: 15/03/2000 29/02/00 - Coleta

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
147	345	2E1
147	346	1D1
147	347	1C1
147	348	2C2
147	349	2B1
147	350	1E1
147	351	1B1
147	352	2D1

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO							
Sigla	Descrição	Unidade	345	346	347	348	349	350	351	352
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	13	12	12	13	12	13	12	13
pH	Solução $CaCl_2$		5,9	6,5	7,2	7,3	7,5	6,0	7,4	6,7
P	Fósforo Resina	mg/dm³	2	5	6	6	6	4	5	5
K	Potássio	$mmol_c/dm^3$	1,5	1,4	1,5	1,6	1,3	1,4	1,2	1,3
Ca	Cálcio	$mmol_c/dm^3$	31	47	77	64	69	41	65	42
Mg	Magnésio	$mmol_c/dm^3$	5	6	6	5	5	6	4	5
Na	Sódio	$mmol_c/dm^3$								
Al	Alumínio	$mmol_c/dm^3$								
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c/dm^3$	18	13	10	10	9	16	9	13
S.B.	Soma Bases	$mmol_c/dm^3$	37,5	54,4	84,5	70,6	75,3	48,4	70,2	48,3
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c/dm^3$	55,7	67,7	94,2	80,3	84,0	64,8	78,9	61,6
V	Sat. Bases	%	67	80	90	88	90	75	89	78
S	Enxofre	mg/dm³								
B	Boro	mg/dm³								
Cu	Cobre	mg/dm³								
Fe	Ferro	mg/dm³								
Mn	Manganès	mg/dm³								
Zn	Zinco	mg/dm³								

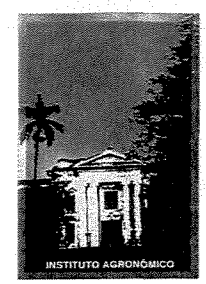
TEXTURA

Argila	g/dm³								
Silte	g/dm³								
Areia	g/dm³								

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

Av. Barão de Itapura, 1481 - C. Postal: 28 - Cep: 13001-970 - Campinas - SP - Fone/Fax: (019) 236-0110

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG



Proprietário: ELOIZA LUTERO ALVES
Propriedade: Não informada
Endereço: RUA DOM LINO DEODATO DE CARVALHO, 1170/43
Cep: Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA LUTERO ALVES
Código do Cliente: Data da emissão: 15/03/2000

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
147	353	1A1
147	354	2A1

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO							
Sigla	Descrição	Unidade	353	354						
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	12	13						
pH	Solução $CaCl_2$		7,7	7,7						
P	Fósforo Resina	mg/dm³	7	6						
K	Potássio	$mmol_c/dm^3$	1,3	1,2						
Ca	Cálcio	$mmol_c/dm^3$	90	94						
Mg	Magnésio	$mmol_c/dm^3$	5	5						
Na	Sódio	$mmol_c/dm^3$								
Al	Alumínio	$mmol_c/dm^3$								
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c/dm^3$	8	8						
S.B.	Soma Bases	$mmol_c/dm^3$	96,3	100,2						
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c/dm^3$	104,1	108,0						
V	Sat. Bases	%	92	93						
S	Enxofre	mg/dm³								
B	Boro	mg/dm³								
Cu	Cobre	mg/dm³								
Fe	Ferro	mg/dm³								
Mn	Manganês	mg/dm³								
Zn	Zinco	mg/dm³								

TEXTURA

Argila	g/dm³								
Silte	g/dm³								
Areia	g/dm³								

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

Anexo III

CONVERSÃO DE UNIDADES

O Instituto Agronômico passou a utilizar, para resultados de análises de solos e plantas, o Sistema Internacional de Unidades. Isto implica em alteração nas representações e nos valores de parte dos resultados.

A conversão pode ser feita utilizando a seguinte tabela:

Unidade antiga(A)	Unidade nova(N) (N = A x F)	Fator de conversão(F)
%	g/kg, g/dm³, g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm³, mg/L	1
meq/100 cm³	$mmol_c/dm^3$	10
meq/100g	$mmol_c/kg$	10
meq/L	$mmol_c/L$	1
mmho/cm	dS/m	1

A porcentagem (%) dá lugar, para representação de teores, a gramas por decímetro cúbico (g/dm³) para solos e gramas por quilograma (g/kg) para plantas. Os resultados são 10 vezes maiores.

O milequivalente (meq) só mudou de nome, passando a ser conhecido como milimol de carga ($mmol_c$). O fator de conversão 10, mostrado no quadro, deve-se à mudança da base de representação, de 100 cm³ para 1 dm³, da mesma maneira como foi feito para a porcentagem.

A unidade de condutividade elétrica é o deci-siemen por metro (dS/m), que passa a substituir o milimho/cm. Neste caso os valores numéricos permanecem os mesmos.

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

As interpretações apresentadas servem de referência, já que há diferenças importantes no comportamento de culturas com relação à acidez dos solos ou deficiências de fósforo e micronutrientes.

A tabela seguinte contém os limites de teores de potássio e de fósforo. No caso do fósforo, os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças. Para este nutriente, é muito importante o extrator usado. Para São Paulo, pesquisas realizadas no Instituto Agronômico, confirmando informações de diferentes países, mostraram que o método da resina de troca de íons avalia, melhor do que qualquer outro método existente, a disponibilidade do nutriente para as culturas.

Teor	K^+ trocável	P resina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	$mmol_c/dm^3$	mg/dm³			
Muito baixo	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	10-25
Médio	1,6-3,0	6-10	13-30	16-40	25-60
Alto	3,1-6,0	10-20	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>6,0	>20	>60	>80	>120

Para acidez, adotam-se os seguintes limites de interpretação de classes:

Acidez	pH em $CaCl_2$	Saturação por bases	V
			%
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito baixa	>6,0	Muito alta	>90

Para cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes são estabelecidas três classes de teores, com a interpretação seguinte:

Teor	Ca^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	Mg^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	S-SO_4^{2-} mg/dm³	B Água quente mg/dm³	Cu DTPA mg/dm³	Fe DTPA mg/dm³	Mn DTPA mg/dm³	Zn DTPA mg/dm³
Baixo	0-3	0-4	0-4	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	4-7	5-8	5-10	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>7	>8	>10	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Não há muita dúvida na interpretação do magnésio. Para o cálcio, os valores apresentados, são os mínimos desejáveis para culturas, independentemente da questão da calagem. Um assunto que tem ocasionado polêmica é o da necessidade de estabelecer, no solo, uma determinada relação Ca/Mg. Em geral, as produções de culturas não são afetadas por essa relação entre valores que variam de um mínimo ao redor de 1 até valores acima de 30, desde que nenhum dos dois elementos esteja presente em teores deficientes.

O importante na interpretação da análise química de micronutrientes em solos é o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Os extratores que se revelaram mais eficientes, nos estudos realizados no Instituto Agronômico, foram a água quente para boro e a solução do complexante DTPA para zinco, ferro, cobre e manganês.

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG

Proprietário: ELOIZA LUTERO ALVES
Propriedade: Não informada
Endereço: RUA DOM LINO DEODATO DE CARVALHO, 1170/43
Cep: Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA LUTERO ALVES
Código do Cliente: Data da emissão: 12/04/2000 03/04/00 - Coleta

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
250	1275	1A1
250	1276	2A1
250	1277	1B1
250	1278	2B1
250	1279	1C1
250	1280	2C1
250	1281	1D1
250	1282	2D1

Programa de Controle de Qualidade
2000
Análise de Solo - Sistema IAC
Análise Básica
+Al +S

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO							
Sigla	Descrição	Unidade	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	13	12	12	11	11	11	12	12
pH	Solução $CaCl_2$		7,2	7,5	7,5	7,5	7,3	7,4	6,9	6,8
P	Fósforo Resina	mg/dm³	6	5	5	5	5	7	3	4
K	Potássio	$mmol_c$/dm³	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6
Ca	Cálcio	$mmol_c$/dm³	105	115	80	89	89	87	1	67
Mg	Magnésio	$mmol_c$/dm³	6	5	5	5	6	6	6	7
Na	Sódio	$mmol_c$/dm³								
Al	Alumínio	$mmol_c$/dm³								
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c$/dm³	9	9	9	9	10	10	13	13
S.B.	Soma Bases	$mmol_c$/dm³	112,5	121,5	86,4	95,5	96,5	94,5	8,6	75,6
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c$/dm³	121,2	130,2	95,1	104,2	106,2	104,2	21,9	88,9
V	Sat. Bases	%	93	93	91	92	91	91	39	85
S	Enxofre	mg/dm³								
B	Boro	mg/dm³								
Cu	Cobre	mg/dm³								
Fe	Ferro	mg/dm³								
Mn	Manganês	mg/dm³								
Zn	Zinco	mg/dm³								

TEXTURA

Argila	g/dm³								
Silte	g/dm³								
Areia	g/dm³								

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

Av. Barão de Itapura, 1481 - C. Postal: 28 - Cep: 13001-970 - Campinas - SP - Fone/Fax: (019) 236-9119

CONVERSÃO DE UNIDADES

O Instituto Agronômico passou a utilizar, para resultados de análises de solos e plantas, o Sistema Internacional de Unidades. Isto implica em alteração nas representações e nos valores de parte dos resultados.

A conversão pode ser feita utilizando a seguinte tabela:

Unidade antiga(A)	Unidade nova(N) (N = A x F)	Fator de conversão(F)
%	g/kg, g/dm³, g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm³, mg/L	1
meq/100 cm³	$mmol_c/dm^3$	10
meq/100g	$mmol_c/kg$	10
meq/L	$mmol_c/L$	1
mmho/cm	dS/m	1

A porcentagem (%) dá lugar, para representação de teores, a gramas por decímetro cúbico (g/dm³) para solos e gramas por quilograma (g/kg) para plantas. Os resultados são 10 vezes maiores.

O milequivalente (meq) só mudou de nome, passando a ser conhecido como milimol de carga ($mmol_c$). O fator de conversão 10, mostrado no quadro, deve-se à mudança da base de representação, de 100 cm³ para 1 dm³, da mesma maneira como foi feito para a porcentagem.

A unidade de condutividade elétrica é o deci-siemen por metro (dS/m), que passa a substituir o milimho/cm. Neste caso os valores numéricos permanecem os mesmos.

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

As interpretações apresentadas servem de referência, já que há diferenças importantes no comportamento de culturas com relação à acidez dos solos ou deficiências de fósforo e micronutrientes.

A tabela seguinte contém os limites de teores de potássio e de fósforo. No caso do fósforo, os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças. Para este nutriente, é muito importante o extrator usado. Para São Paulo, pesquisas realizadas no Instituto Agronômico, confirmando informações de diferentes países, mostraram que o método da resina de troca de íons avalia, melhor do que qualquer outro método existente, a disponibilidade do nutriente para as culturas.

Teor	K^+ trocável	P resina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	$mmol_c/dm^3$	mg/dm³			
Muito baixo	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	10-25
Médio	1,6-3,0	6-10	13-30	16-40	25-60
Alto	3,1-6,0	10-20	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>6,0	>20	>60	>80	>120

Para acidez, adotam-se os seguintes limites de interpretação de classes:

Acidez	pH em $CaCl_2$	Saturação por bases	V
			%
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito baixa	>6,0	Muito alta	>90

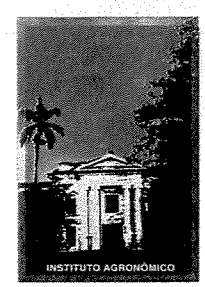
Para cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes são estabelecidas três classes de teores, com a interpretação seguinte:

Teor	Ca^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	Mg^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	$S\text{-}SO_4^{2-}$ mg/dm³	B Água quente mg/dm³	Cu DTPA mg/dm³	Fe DTPA mg/dm³	Mn DTPA mg/dm³	Zn DTPA mg/dm³
Baixo	0-3	0-4	0-4	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	4-7	5-8	5-10	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>7	>8	>10	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Não há muita dúvida na interpretação do magnésio. Para o cálcio, os valores apresentados, são os mínimos desejáveis para culturas, independentemente da questão da calagem. Um assunto que tem ocasionado polêmica é o da necessidade de estabelecer, no solo, uma determinada relação Ca/Mg. Em geral, as produções de culturas não são afetadas por essa relação entre valores que variam de um mínimo ao redor de 1 até valores acima de 30, desde que nenhum dos dois elementos esteja presente em teores deficientes.

O importante na interpretação da análise química de micronutrientes em solos é o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Os extratores que se revelaram mais eficientes, nos estudos realizados no Instituto Agronômico, foram a água quente para boro e a solução do complexante DTPA para zinco, ferro, cobre e manganês.

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG



Proprietário: ELOIZA LUTERO ALVES
Propriedade: Não informada
Endereço: RUA DOM LINO DEODATO DE CARVALHO, 1170/43
Cep: Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA LUTERO ALVES
Código do Cliente: Data da emissão: 12/04/2000

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
250	1283	1E1
250	1284	2E1

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO							
Sigla	Descrição	Unidade	1283	1284						
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	12	11						
pH	Solução $CaCl_2$		6,3	6,1						
P	Fósforo Resina	mg/dm³	4	4						
K	Potássio	$mmol_c$/dm³	1,5	1,7						
Ca	Cálcio	$mmol_c$/dm³	60	59						
Mg	Magnésio	$mmol_c$/dm³	8	8						
Na	Sódio	$mmol_c$/dm³								
Al	Alumínio	$mmol_c$/dm³								
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c$/dm³	18	20						
S.B.	Soma Bases	$mmol_c$/dm³	69,5	68,7						
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c$/dm³	87,7	88,9						
V	Sat. Bases	%	79	77						
S	Enxofre	mg/dm³								
B	Boro	mg/dm³								
Cu	Cobre	mg/dm³								
Fe	Ferro	mg/dm³								
Mn	Manganês	mg/dm³								
Zn	Zinco	mg/dm³								

TEXTURA

Argila	g/dm³								
Silte	g/dm³								
Areia	g/dm³								

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

Av. Barão de Itapura, 1481 - C. Postal: 28 - Cep: 13001-970 - Campinas - SP - Fone/Fax: (019) 236-9119

Anexo III

CONVERSÃO DE UNIDADES

O Instituto Agronômico passou a utilizar, para resultados de análises de solos e plantas, o Sistema Internacional de Unidades. Isto implica em alteração nas representações e nos valores de parte dos resultados.

A conversão pode ser feita utilizando a seguinte tabela:

Unidade antiga(A)	Unidade nova(N) (N = A x F)	Fator de conversão(F)
%	g/kg, g/dm³, g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm³, mg/L	1
meq/100 cm³	$mmol_c/dm^3$	10
meq/100g	$mmol_c/kg$	10
meq/L	$mmol_c/L$	1
mmho/cm	dS/m	1

A porcentagem (%) dá lugar, para representação de teores, a gramas por decímetro cúbico (g/dm³) para solos e gramas por quilograma (g/kg) para plantas. Os resultados são 10 vezes maiores.

O milequivalente (meq) só mudou de nome, passando a ser conhecido como milimol de carga ($mmol_c$). O fator de conversão 10, mostrado no quadro, deve-se à mudança da base de representação, de 100 cm³ para 1 dm³, da mesma maneira, como foi feito para a porcentagem.

A unidade de condutividade elétrica é o deci-siemen por metro (dS/m), que passa a substituir o milimho/cm. Neste caso os valores numéricos permanecem os mesmos.

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

As interpretações apresentadas servem de referência, já que há diferenças importantes no comportamento de culturas com relação à acidez dos solos ou deficiências de fósforo e micronutrientes.

A tabela seguinte contém os limites de teores de potássio e de fósforo. No caso do fósforo, os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças. Para este nutriente, é muito importante o extrator usado. Para São Paulo, pesquisas realizadas no Instituto Agronômico, confirmando informações de diferentes países, mostraram que o método da resina de troca de íons avalia, melhor do que qualquer outro método existente, a disponibilidade do nutriente para as culturas.

Teor	K^+ trocável	P resina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	$mmol_c/dm^3$	mg/dm³			
Muito baixo	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	10-25
Médio	1,6-3,0	6-10	13-30	16-40	25-60
Alto	3,1-6,0	10-20	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>6,0	>20	>60	>80	>120

Para acidez, adotam-se os seguintes limites de interpretação de classes:

Acidez	pH em $CaCl_2$	Saturação por bases	V
			%
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito baixa	>6,0	Muito alta	>90

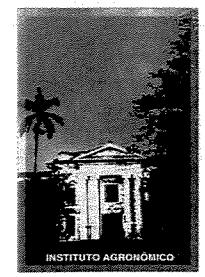
Para cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes são estabelecidas três classes de teores, com a interpretação seguinte:

Teor	Ca^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	Mg^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	S-SO_4^{2-} mg/dm³	B Água quente mg/dm³	Cu DTPA mg/dm³	Fe DTPA mg/dm³	Mn DTPA mg/dm³	Zn DTPA mg/dm³
Baixo	0-3	0-4	0-4	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	4-7	5-8	5-10	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>7	>8	>10	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Não há muita dúvida na interpretação do magnésio. Para o cálcio, os valores apresentados, são os mínimos desejáveis para culturas, independentemente da questão da calagem. Um assunto que tem ocasionado polêmica é o da necessidade de estabelecer, no solo, uma determinada relação Ca/Mg. Em geral, as produções de culturas não são afetadas por essa relação entre valores que variam de um mínimo ao redor de 1 até valores acima de 30, desde que nenhum dos dois elementos esteja presente em teores deficientes.

O importante na interpretação da análise química de micronutrientes em solos é o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Os extratores que se revelaram mais eficientes, nos estudos realizados no Instituto Agronômico, foram a água quente para boro e a solução do complexante DTPA para zinco, ferro, cobre e manganês.

INSTITUTO AGRONÔMICO - FUNDAG



Proprietário: ELOIZA LUTERO ALVES
Propriedade: FEAGRI-UNICAMP
Endereço: RUA DOM LINO DEODATO DE CARVALHO, 1170/43
Cep: Cidade: CAMPINAS U.F.: SP
Solicitante: ELOIZA LUTERO ALVES
Código do Cliente: Data da emissão: 30/06/00

RESULTADOS DE ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SOLOS

CÓDIGOS

Protocolo	Nº amostra	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
549	4745	CAMPO 1
549	4746	CAMPO 2

Programa de Controle de Qualidade
2000
Análise de Solo - Sistema IAC
Análise Básica
+Al +S

Programa de Controle de Qualidade
2000
Análise de Solo - Sistema IAC
Micronutrientes

RESULTADO DA ANÁLISE DE SOLO

DETERMINAÇÕES			AMOSTRAS DE SOLO							
Sigla	Descrição	Unidade	4745	4746						
M.O.	Mat. Orgânica	g/dm³	13	12						
pH	Solução $CaCl_2$		5,5	5,5						
P	Fósforo Resina	mg/dm³	3	3						
K	Potássio	$mmol_c$/dm³	2,1	2,0						
Ca	Cálcio	$mmol_c$/dm³	15	12						
Mg	Magnésio	$mmol_c$/dm³	4	4						
Na	Sódio	$mmol_c$/dm³								
Al	Alumínio	$mmol_c$/dm³	1	1						
H+Al	Ac. Potencial	$mmol_c$/dm³	20	20						
S.B.	Soma Bases	$mmol_c$/dm³	21,1	18,0						
CTC	Cap. Troca Cat.	$mmol_c$/dm³	41,3	38,2						
V	Sat. Bases	%	51	47						
S	Enxofre	mg/dm³	54	53						
B	Boro	mg/dm³	0,11	0,11						
Cu	Cobre	mg/dm³	2,3	2,3						
Fe	Ferro	mg/dm³	4	4						
Mn	Manganês	mg/dm³	2,9	2,7						
Zn	Zinco	mg/dm³	0,1	0,1						

TEXTURA

Argila	g/dm³								
Silte	g/dm³								
Areia	g/dm³								

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO: P - resina; B - água quente; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA.

Av. Barão de Itapura, 1481 - C. Postal: 28 - Cep: 13001-970 - Campinas - SP - Fone/Fax: (019) 236-9119

CONVERSÃO DE UNIDADES

O Instituto Agronômico passou a utilizar, para resultados de análises de solos e plantas, o Sistema Internacional de Unidades. Isto implica em alteração nas representações e nos valores de parte dos resultados.

A conversão pode ser feita utilizando a seguinte tabela:

Unidade antiga(A)	Unidade nova(N) (N = A x F)	Fator de conversão(F)
%	g/kg, g/dm³, g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm³, mg/L	1
meq/100 cm³	$mmol_c/dm^3$	10
meq/100g	$mmol_c/kg$	10
meq/L	$mmol_c/L$	1
mmho/cm	dS/m	1

A porcentagem (%) dá lugar, para representação de teores, a gramas por decímetro cúbico (g/dm³) para solos e gramas por quilograma (g/kg) para plantas. Os resultados são 10 vezes maiores.

O milequivalente (meq) só mudou de nome, passando a ser conhecido como milimol de carga ($mmol_c$). O fator de conversão 10, mostrado no quadro, deve-se à mudança da base de representação, de 100 cm³ para 1 dm³, da mesma maneira como foi feito para a porcentagem.

A unidade de condutividade elétrica é o deci-siemen por metro (dS/m), que passa a substituir o milimho/cm. Neste caso os valores numéricos permanecem os mesmos.

INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

As interpretações apresentadas servem de referência, já que há diferenças importantes no comportamento de culturas com relação à acidez dos solos ou deficiências de fósforo e micronutrientes.

A tabela seguinte contém os limites de teores de potássio e de fósforo. No caso do fósforo, os limites de interpretação são dados para quatro grupos de culturas, com exigências crescentes de maior disponibilidade de fósforo: florestais, perenes, anuais e hortaliças. Para este nutriente, é muito importante o extrator usado. Para São Paulo, pesquisas realizadas no Instituto Agronômico, confirmando informações de diferentes países, mostraram que o método da resina de troca de íons avalia, melhor do que qualquer outro método existente, a disponibilidade do nutriente para as culturas.

Teor	K^+ trocável	P resina			
		Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
	$mmol_c/dm^3$	mg/dm³			
Muito baixo	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	10-25
Médio	1,6-3,0	6-10	13-30	16-40	25-60
Alto	3,1-6,0	10-20	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>6,0	>20	>60	>80	>120

Para acidez, adotam-se os seguintes limites de interpretação de classes:

Acidez	pH em $CaCl_2$	Saturação por bases	V
			%
Muito alta	Até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito baixa	>6,0	Muito alta	>90

Para cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes são estabelecidas três classes de teores, com a interpretação seguinte:

Teor	Ca^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	Mg^{2+} trocável $mmol_c/dm^3$	$S\text{-}SO_4^{2-}$ mg/dm³	B Água quente mg/dm³	Cu DTPA mg/dm³	Fe DTPA mg/dm³	Mn DTPA mg/dm³	Zn DTPA mg/dm³
Baixo	0-3	0-4	0-4	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	4-7	5-8	5-10	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>7	>8	>10	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Não há muita dúvida na interpretação do magnésio. Para o cálcio, os valores apresentados, são os mínimos desejáveis para culturas, independentemente da questão da calagem. Um assunto que tem ocasionado polêmica é o da necessidade de estabelecer, no solo, uma determinada relação Ca/Mg. Em geral, as produções de culturas não são afetadas por essa relação entre valores que variam de um mínimo ao redor de 1 até valores acima de 30, desde que nenhum dos dois elementos esteja presente em teores deficientes.

O importante na interpretação da análise química de micronutrientes em solos é o uso de extratores adequados para avaliar a sua disponibilidade. Os extratores que se revelaram mais eficientes, nos estudos realizados no Instituto Agronômico, foram a água quente para boro e a solução do complexante DTPA para zinco, ferro, cobre e manganês.