

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Embrapa Informática Agropecuária
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

**de Manual
de Análises
Químicas
de
Solos,
Plantas e
Fertilizantes**

Organizador
Fábio Cesar da Silva

*Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia
Brasília, DF
1999*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia

SAIN Parque Rural — Av. W/3 Norte (final)

CEP 70770-901 — Brasília, DF

Tel.: (61) 348-4155 / 348-4236

Fax: (61) 272-4168

vendas@spi.embrapa.br

www.spi.embrapa.br

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024

Jardim Botânico

CEP 22460-000 — Rio de Janeiro, RJ

Tel.: (21) 274-4999

Fax: (21) 274-5291

embrapasolos@cnps.embrapa.br

www.cnps.embrapa.br

Embrapa Informática Agropecuária

Cidade Universitária Zeferino Vaz,

Campus da Universidade de Campinas — Unicamp

Caixa Postal 6041 — Barão Geraldo

CEP 13083-970 — Campinas, SP

Tel.: (19) 289-9800

Fax: (19) 289-9594

cnptia@cnptia.embrapa.br

www.cnptia.embrapa.br

Coordenação editorial

Embrapa Comunicação para
Transferência de Tecnologia

Editor-Assistente

Carlos M. Andreotti

M.Sc., Sociologia

Revisão gramatical

Corina Barra Soares

Revisão de referências

Cecília Maria Pinto MacDowell

Projeto gráfico e capa

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

José Batista Dantas

Tiragem

1ª edição (1999):

2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação do Copyright © (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia.

Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes / Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária; organizador Fábio Cesar da Silva. — Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999.

370p.

Inclui bibliografia.

ISBN 85-85864-06-0 (Embrapa Solos)

ISBN 85-7383-066-2 (Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia)

1. Solo - Análise química - Manual. 2. Planta - Análise química - Manual. 3. Fertilizante - Análise química - Manual. I. Embrapa Solos (Rio de Janeiro, RJ). II. Embrapa Informática Agropecuária (Campinas, SP). III. Silva, Fábio Cesar da.

CDD 631.41

© Embrapa 1999

Apresentação

A importância da análise de solo com enfoque no programa de controle de qualidade foi demonstrada em reuniões sobre técnicas empregadas em todo o país, a partir de 1965, no âmbito do convênio firmado entre o Ministério da Agricultura, representado pela antiga Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, atualmente Centro Nacional de Pesquisa de Solos – Embrapa Solos, e a Universidade da Carolina do Norte, com o apoio da Usaid, e sob a liderança do Dr. Leandro Vettori.

Esse programa, conhecido como *Soil Testing*, promoveu um grande desenvolvimento da atividade de análise de solos, tornando-se, além disso, o embrião das atuais reuniões de laboratório promovidas pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), principalmente nos aspectos de automação, uniformização, experimentação e calibração de métodos. Os laboratórios multiplicaram-se e a análise de solos expandiu-se por diversas organizações, além das universidades, da Embrapa e dos institutos estaduais de pesquisa, das cooperativas e firmas de fertilizantes e agroindústrias.

O objetivo original e principal do Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, elaborado pela equipe técnica da Embrapa Solos, em parceria com outras instituições e Unidades da Embrapa, é a incorporação de metodologias clássicas e atualizadas como suporte à avaliação da reserva nutricional do solo para as plantas, haja vista a carência de textos básicos sobre o assunto em âmbito nacional. Este Manual reúne os métodos em uso de análise de solo para fins de fertilidade, e de plantas e corretivos, abordando princípios, extração, determinação, preparo dos reagentes, cálculos, equipamentos, vantagens e limitações.

A publicação deste Manual coincide com a comemoração dos 25 anos da Embrapa e representa uma nova contribuição da empresa à sociedade brasileira, em especial ao segmento social dedicado à fertilidade de solo e à nutrição de plantas, ao reunir informações

sobre coleta de amostras, a recepção, os procedimentos analíticos de referência, erros usuais, o controle de qualidade e finalmente a automação de laboratórios.

Este Manual não se restringe à descrição pura e simples de métodos em uso no país ou à divulgação de instruções de coleta de amostras. Ele faz uma análise minuciosa e crítica de procedimentos nos laboratórios e apresenta novos caminhos para sua evolução, usando a automação de processos. Representa, assim, uma importante fonte de referência para o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária.

Dr. Antonio Ramalho Filho

Chefe-Geral da Embrapa Solos

Sumário

Prefácio	9
Capítulo 1. Amostragem, Acondicionamento e Preparo de Amostras de Solo para Análise de Fertilidade	11
Introdução	13
Amostragem: Conceito e Variabilidade	15
Plano de Amostragem: Separação das Áreas Uniformes	18
Tipos de Amostra e Parâmetros a Serem Medidos na Amostra	20
Intensidade de Amostragem: Tamanho das Glebas x Número de Amostras	24
Cultura, Local, Profundidade e Freqüência de Amostragem	26
Amostragem de Espécies Químicas Consideradas Móveis (SO_4^{2-} e NO_3^-)	37
Época de Coleta das Amostras	38
Equipamentos Utilizados e Cuidados a Tomar na Coleta do Solo	40
Secagem e Armazenamento	44
Agricultura de Precisão	45
Referências Bibliográficas	47
Capítulo 2. Amostragem, Acondicionamento e Preparação das Amostras de Plantas para Análise Química	49
Introdução	51
Amostragem	53
Envio ao Laboratório, Identificação e Pré-acondicionamento	69
Preparação da Amostra no Laboratório	71
Referências Bibliográficas	73
Capítulo 3. Análises Químicas para Avaliação da Fertilidade do Solo	75
Introdução	77
Preparação da Amostra	81
pH em Água	83
pH em CaCl_2	85
pH SMP	87
Extração com KCl 1 M: Cálcio, Magnésio e Alumínio	93
Extração com Solução de Mehlich 1: Fósforo, Potássio, Sódio e Micronutrientes	105

Extração com Solução de Mehlich 3: Fósforo, Potássio, Cálcio, Manganês, Sódio e Micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn) (Evolução do Método de Mehlich 1)	119
Extração com Resina Trocadora de Íons: Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio	124
Análise de Cobre, Ferro, Manganês e Zinco por Extração com DTPA	135
Análise de Boro Usando a Solução de Cloreto de Bário	142
Acidez Potencial (Hidrogênio + Alumínio)	149
Matéria Orgânica	152
Sulfato	156
Nitrato e Amônio	160
Valor S, Valor T, Valor V e Valor M	164
Referências Bibliográficas	166
Capítulo 4. Análises Químicas de Tecido Vegetal	171
Introdução	173
Preparação da Amostra	174
Extração de Elementos Químicos do Tecido Vegetal	175
Determinações	185
Interpretação de Resultados	222
Referências Bibliográficas	223
Capítulo 5. Análises Químicas de Fertilizantes e Corretivos	225
Introdução	227
Preparação da Amostra para a Análise	228
Seção A - Fertilizantes Químicos	230
A - Nitrogênio	230
B - Fósforo	236
C - Potássio	248
D - Cálcio	252
E - Magnésio	257
F - Enxofre	261
G - Boro	264
H - Zinco	270
I - Cobre	272
J - Manganês	274
L - Ferro	276
M - Cobalto	278

Seção B - Corretivos (Calcários)	280
A - Granulometria	280
B - Óxido de Cálcio (CaO) – Método Quelatométrico do EDTA	282
C - Óxido de Magnésio – Método Quelatométrico do EDTA	284
D - Poder de Neutralização (PN)	286
E - Cálculo do PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total)	288
F - Interpretação da Tolerância de Resultado de Análise (segundo a legislação vigente)	289
Referências Bibliográficas	290

Capítulo 6. Controle de Qualidade dos Resultados Analíticos . 291

Introdução	293
Cuidados para Garantir a Qualidade em Laboratórios	295
Estatística em Controle de Qualidade	300
Exemplo de Preparo e Uso da Amostra-controle	306
Controle Individual de Resultados	310
Programas Interlaboratoriais	313
Referências Bibliográficas	314
Apêndice	315

Capítulo 7. Infra-estrutura, Geração e Gerenciamento da Informação Laboratorial 317

Introdução	319
Infra-estrutura Laboratorial	321
Automação de Rotinas Laboratoriais	335
Utilização da Informática no Gerenciamento do Laboratório	338
Informatização na Interpretação de Resultados Analíticos	361
Disponibilidade de Informações Laboratoriais	363
Considerações Finais	368
Referências Bibliográficas	369

Prefácio

O acirramento da competitividade entre os agentes produtivos do setor agrícola tem gerado necessidades de crescente agregação de qualidade aos seus produtos e de redução urgente de custos de produção. Nacionalmente, a qualidade do produto é avaliada não somente pelo seu valor intrínseco, mas como resultante de tecnologia “limpa”, ou seja, que não causa prejuízo ambiental.

No sistema de produção agrícola atual, os insumos, em especial os fertilizantes e corretivos, podem ocupar mais que a quarta parte do total da planilha de gastos. Nesse contexto, as análises químicas de solo e de plantas, que vêm perfazendo 550 mil análises por ano, são os principais veículos de transferência, aos produtores, de tecnologia, de conhecimentos gerados pela pesquisa e de racionalização de custos com adubação e calagem de culturas.

As recomendações de quantidade de adubos e corretivos a aplicar dependem, em grande parte, da qualidade do diagnóstico sobre o grau de deficiência de determinado elemento no solo, proporcionado pelo método de análise. Nesse ponto, alguns procedimentos estratégicos se apresentam para a viabilização de soluções regionalizadas de uso de fertilizantes e corretivos, os quais têm início na adoção de critérios adequados na amostragem de solo e plantas, de protocolos analíticos uniformes e atualizados, de recursos humanos capacitados, de infra-estrutura básica satisfatória, de controle estatístico e automação de processos no laboratório, entre outros assuntos abordados neste livro, os quais, em última análise, irão se refletir na qualidade dos laudos emitidos.

Este Manual aborda, com rigor científico, procedimentos em uso nos laboratórios, oferece soluções criativas sobre tarefas diárias e a respeito da organização eficiente de laboratórios, além de apresentar novos caminhos para a sua evolução, usando a automação de processos. Introduce também a discussão sobre trabalho em equipe, nas técnicas de suporte às decisões relativas à recomendação de

fertilizantes, a exemplo dos sistemas especialistas e da agricultura de precisão. Trata-se, portanto, de uma contribuição estratégica e de grande utilidade para o sistema nacional de pesquisa agropecuária, que temos a satisfação de prefaciar.

Dr. José Roberto Rodrigues Peres

Diretor-Executivo, Embrapa