

*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         |
| <b>Capítulo 1. Amostragem, Acondicionamento e Preparo de Amostras de Solo para Análise de Fertilidade .....</b> | <b>11</b> |
| 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 ( $\text{SO}_4^{2-}$ e $\text{NO}_3^-$ ) .....              | 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        |
| <b>Capítulo 2. Amostragem, Acondicionamento e Preparação das Amostras de Plantas para Análise Química .....</b> | <b>49</b> |
| Introdução .....  | 51        |
| Amostragem .....  | 53        |
| Envio ao Laboratório, Identificação e Pré-acondicionamento .....  | 69        |
| Preparação da Amostra no Laboratório .....  | 71        |
| Referências Bibliográficas .....  | 73        |
| <b>Capítulo 3. Análises Químicas para Avaliação da Fertilidade do Solo .....</b>                                | <b>75</b> |
| Introdução .....  | 77        |
| Preparação da Amostra .....   | 81        |
| pH em Água .....  | 83        |
| pH em $\text{CaCl}_2$ .....   | 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        |
| <b>Capítulo 4. Análises Químicas de Tecido Vegetal .....</b>  | <b>171</b> |
| Introdução .....  | 173        |
| Preparação da Amostra .....   | 174        |
| Extração de Elementos Químicos do Tecido Vegetal .....  | 175        |
| Determinações .....   | 185        |
| Interpretação de Resultados .....   | 222        |
| Referências Bibliográficas .....  | 223        |
| <b>Capítulo 5. Análises Químicas de Fertilizantes e Corretivos .....</b>  | <b>225</b> |
| 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<br>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<br>(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