

**Manual de análises  
químicas de solos,  
plantas e fertilizantes**

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

# **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**

**2ª edição revista e ampliada**

*Fábio Cesar da Silva*  
Editor Técnico

**Embrapa Informação Tecnológica**  
Brasília, DF  
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Informação Tecnológica**

Parque Estação Biológica (PqEB)

Av. W3 Norte (final)

70770-901 Brasília, DF

Fone: (61) 3340-9999

Fax: (61) 3340-2753

vendas@sct.embrapa.br

www.sct.embrapa.br/liv

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1.024

Jardim Botânico

22460-000 Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274-5291

www.cnps.embrapa.br

sac@cnps.embrapa.br

**Embrapa Informática Agropecuária**

Av. Dr. André Tosello, 209, Barão Geraldo

Caixa Postal 6.041

13083-886 Campinas, SP

Fone: (19) 3211-5700

Fax: (19) 3211-5754

www.cnptia.embrapa.br

sac@cnptia.embrapa.br

Coordenação editorial: *Fernando do Amaral Pereira*

*Mayara Rosa Carneiro*

*Lucilene Maria de Andrade*

Supervisão editorial e revisão de texto: *Wesley José da Rocha*

Normalização bibliográfica: *Rosa Maria Barros*

Projeto gráfico e editoração eletrônica: *Júlio César da Silva Delfino*

Capa: *Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

**1ª edição**

1ª impressão (1999): 2.000 exemplares

2ª impressão (2003): 1.000 exemplares

**2ª edição**

1ª impressão (2009): 2.000 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Informação Tecnológica

---

Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

627 p. : il. ; 22 cm x 16 cm

ISBN 978-85-7383-430-7

1. Adubo. 2. Amostragem. 3. Análise do solo. 4. Fertilidade do solo. I. Silva, Fábio Cesar da. II. Embrapa Solos. III. Embrapa Informática Agropecuária.

CDD 631.41

---

© Embrapa 2009

# Autores

## **Adriana Delfino dos Santos**

Analista de sistemas, Mestre em Engenharia Elétrica, pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária  
adriana@cnptia.embrapa.br

## **Aline Renée Coscione**

Química, Doutora em Química, pesquisadora do Instituto Agronômico de Campinas  
aline@iac.sp.gov.br

## **André César Vitti**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos, pesquisador do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP)  
acvitti@apta regional.sp.gov.br

## **Antônio Eneidi Boaretto**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP)  
a.e.boaretto@cena.usp.br

## **Antonio Marcos Coelho**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Solos e Agricultura de Precisão, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo  
amcoelho@cnpms.embrapa.br

## **Bernardo van Raij**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Solos, pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas  
bvanraij@terra.com.br

## **Carlos Alberto Silva**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agronomia, professor da Universidade Federal de Lavras  
csilva@ufla.br

## **Cassio Hamilton Abreu Junior**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, professor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP)  
cahabreu@cena.usp.br

## **Ciríaca A. F. Santana do Carmo**

Engenheira agrônoma, Mestre em Nutrição de Plantas, pesquisadora aposentada da Embrapa Solos

**Claudineia Rodrigues da Silva**

Química, Doutora em Química Analítica  
claus2003@yahoo.com.br

**Cleide Aparecida de Abreu**

Engenheira agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora do Instituto Agronômico de Campinas  
cleide@iac.sp.gov.br

**Clésio Gianello**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
gianello@portoweb.com.br

**Cristiano Alberto de Andrade**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas  
andrade@iac.sp.gov.br

**Daniel Vidal Pérez**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Química, pesquisador da Embrapa Solos  
daniel@cnps.embrapa.br

**Dorothy C. Pinatti Casarini**

Bióloga, Doutora em Engenharia Hidráulica, Gerente de Divisão da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb)  
dorothy@cesbnet.sp.gov.br

**Fábio Cesar da Silva**

Engenheiro agrônomo e florestal, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária  
fcesar@cnptia.embrapa.br

**Fábio Prata**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Bayer Crop Science  
fabio.prata@bayercropscience.com

**Fernando de Campos Carvalho**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Engenharia, fiscal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
jfcarvalho@agricultura.gov.br

**Gláucia Cecília Gabrielli dos Santos**

Engenheira agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Laboratórios Tasqa  
gcsantos@gmail.com

**Heitor Cantarella**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agronomia, pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas  
cantarella@iac.sp.gov.br

**Henriqueta Maria Gimenes Fernandes**

Bióloga, técnica especialista do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP)  
hgimenes@cena.usp.br

**João Carlos de Andrade**

Químico, Doutor em Química, professor da Universidade Estadual de Campinas  
dandrade@iqm.unicamp.br

**José Antônio Quaggio**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas  
quaggio@iac.sp.gov.br

**José Carlos Chitolina**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos, professor da Escola de Engenharia de Piracicaba  
jcchito@yahoo.com.br

**Luiz Manoel Silva Cunha**

Estatístico, Mestre em Ciência da Computação, analista da Embrapa Informática Agropecuária  
luizm@cnptia.embrapa.br

**Marcos Antônio Pavan**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Solos, pesquisador do Instituto Agronômico do Paraná  
mpavan@iapar.br

**Maria Fernanda Georgina Giné Rosias**

Engenheira química, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, professora do Centro de energia Nuclear na Agricultura (USP)  
mfgine@cena.usp.br

**Marino José Tedesco**

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Solos, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
labsolos@bol.com.br

**Mário Miyazawa**

Químico, Doutor em Química Analítica, pesquisador do Instituto Agronômico do Paraná  
miyazawa@iapar.br

**Mônica Ferreira de Abreu**

Química, Doutora em Química, pesquisadora do Instituto Agronômico de Campinas  
monica@iac.sp.gov.br

**Paulo Augusto da Eira**

Engenheiro agrônomo, Mestre em Agronomia, pesquisador aposentado da Embrapa Solos

**Roberto Hiroshi Higa**

Engenheiro eletricitista, Doutor em Ciência da Computação, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária  
roberto@cnpia.embrapa.br

**Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá**

Analista de Sistemas, Doutora em Computação Aplicada, pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária  
silvia@cnpia.embrapa.br

**Taciana Figueiredo Gomes**

Tecnóloga em saneamento ambiental  
tacy0906@yahoo.com.br

**Takashi Muraoka**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Agronomia, professor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP)  
muraoka@cena.usp.br

**Waldir Vieira**

Engenheiro agrônomo, fiscal do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
waldirvieira@brt14.com.br

**Wanderley José de Melo**

Engenheiro agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, professor da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho  
wjmelo@fcav.unesp.br

**Washington de Oliveira Barreto (*in memoriam*)**

# Apresentação

Historicamente, a análise de solo começou, provavelmente, quando o homem se interessou por saber como as plantas crescem. Pode-se dizer que foi Justus Von Liebig, fundador da química agrícola, o primeiro a fazer a análise de solo e a recomendar o uso de fertilizantes artificiais. Daquela época até o início da década de 1920, pouco progresso foi feito, ainda que Dyer, Hilgard e Burd tivessem dado significativas contribuições para a química de solo. Já entre os anos de 1929 e 1934, importantes contribuições foram feitas por Bray, Herster, Morgan, Spurway e Truog.

No Brasil, a década de 1950 foi decisiva para o desenvolvimento da análise de solo. A partir de 1965, a análise de solo com enfoque no programa de controle de qualidade foi demonstrada em reuniões sobre técnicas empregadas em todo o País, no âmbito do convênio entre o Ministério da Agricultura – representado pela antiga Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Embrapa Solos – e a Universidade da Carolina do Norte, com apoio da Usaid, e sob liderança do Dr. Leandro Vettori. Esse programa, conhecido como Soil Testing, propiciou 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).

É possível, por meio de uma análise de solo bem feita, avaliar o grau de deficiência de seus nutrientes e determinar as quantidades a serem aplicadas na adubação e calagem. Fator importante para uma alta produtividade sustentável na agricultura, a análise química do solo é o instrumento básico para a transferência de informações sobre calagem e adubação, da pesquisa para o agricultor.

Nesta 2ª edição do *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*, mais detalhada e organizada em três partes básicas - 1) Amostragem e Preparo de Amostras, 2) Análises Laboratoriais e 3) Infra-estrutura, Qualidade e Informática –, a amostragem recebe cuidado especial, pois ela dá início a todos os demais procedimentos de quantificação e de avaliação da necessidade nutricional e da qualidade do produto fertilizante. Portanto, se a amostragem estiver "errada", então todo o procedimento subsequente estará comprometido, ou



melhor, não terá validade técnica no tocante às identificações das suas características químicas, físicas e físico-químicas. É conhecida a expressão segundo a qual “a análise não pode ser melhor do que a amostra”.

Outro instrumento complementar utilizado pelos agricultores e descrito no Manual é a avaliação do estado nutricional das plantas. Comumente empregado em diagnose foliar – que se inicia pela coleta representativa de amostras de folhas em talhões de lavouras –, permite obter os teores foliares de nutrientes confiáveis, que são comparados com valores padrões estabelecidos para a espécie vegetal em questão. A interpretação da análise foliar, para culturas anuais, permite a complementação das informações obtidas por meio da análise de solo, de modo a assegurar uma adequada recomendação de adubação para a próxima safra.

A análise química do solo e de plantas será tanto mais útil quanto mais confiáveis forem os resultados, e isso atualmente vem sendo buscado por meio de um importante programa de controle de qualidade feito conjuntamente por quase a totalidade dos laboratórios brasileiros. Esse programa de análise de solo e de diagnose foliar tem sido largamente aceito como fator essencial às formulações de programas de adubação e calagem. As etapas consideradas para se obter um adequado programa de adubação e calagem foram contempladas e descritas no Manual: amostragem; análise química; interpretação dos resultados; recomendação e, finalmente, a verificação da eficácia do programa.

Os programas interlaboratoriais de controle de qualidade em funcionamento no Brasil são cinco: Rolas, para o RS e para SC; Cela, para o PR; IAC, para os laboratórios que usam o método da resina em SP e mais oito estados; Profert, para MG e alguns estados vizinhos; e Embrapa Solos, que cobre o restante do País, especialmente as regiões dos Cerrados, o Sudeste, o Norte e o Nordeste. Cerca de 220 laboratórios participam de tais programas, e a concessão de “selos” que atestam sua vinculação ao programa de proficiência representa um grande incentivo à confiabilidade dos laboratórios.

O objetivo original e principal desde a 1ª edição do *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*, elaborada 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.

Este Manual, que reúne os métodos em uso de análise de solo, de plantas, de fertilizantes inorgânicos e orgânicos e de corretivos, aborda princípios, extração, determinação, preparo dos reagentes, equipamento, cálculo, vantagens e desvantagens e, nesta edição, 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, com isso, abrem-se novos caminhos para sua evolução, usando a automação de processos. Esta edição do *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes* representa, assim, uma importante fonte de referência que se amplia em temas para o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária.

*Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin*  
Chefe-Geral da Embrapa Solos

## Prefácio

Num sistema de produção agropecuário sustentável, temos a qualidade do solo como alicerce, e o planejamento da propriedade deverá ser elaborado tendo como ponto fundamental às condições do substrato desse alicerce. Cabe salientar que um bom número de decisões tomadas dentro da propriedade tem como base os laudos de análises de solo. Muitas vezes, porém, por causa dos custos, essas análises deixam de ser feitas. Mas quando se compara esse valor com o custo de formação da lavoura ou com o valor do investimento com base nos resultados das análises, conclui-se que a prática da análise é extremamente econômica.

Atualmente, a análise química do solo como ferramenta de diagnóstico da fertilidade do solo é usada praticamente em todas as partes do globo, com variados graus de sucesso. Esse sucesso depende da quantidade e, principalmente, da qualidade das pesquisas que permitem calibrar e interpretar os resultados da análise, com base nos quais são feitas as recomendações de corretivos e fertilizantes.

É possível, por meio de uma análise de solo bem feita, e de posse das tabelas de interpretação de fertilidade do solo, avaliar o grau de deficiência de nutrientes e determinar as quantidades a serem aplicadas nas adubações de várias culturas, garantia de uma produtividade adequada e de menor risco ambiental.

Dispomos de uma série de ferramentas para efetuar recomendações de aplicações de corretivos e fertilizantes ao solo ou mesmo para a tomada de decisões referentes aos diferentes manejos e à agricultura de precisão que podem ser adotados em situações de solo e clima diversos. Entretanto, sobressai-se ainda como de fundamental importância a análise de solo, pois ela é uma das fontes de dados para transferir conhecimento da pesquisa para os agricultores, por meio da qual buscamos o melhor equilíbrio entre os nutrientes no solo, as necessidades nutricionais das culturas e a segurança ambiental do empreendimento.

O objetivo da 2ª edição do *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes* foi incorporar às metodologias clássicas de avaliação da reserva nutricional do solo para as plantas – descritas na 1ª edição, 1999 – os aspectos de amostragem dos fertilizantes e corretivos, as análises de fertilizantes orgânicos previstas na legislação e também os aspectos de novas tecnologias de instrumentação e da informação

pertinentes ao tema. Com isso, o livro supre a carência de textos básicos, em português, sobre o assunto – em âmbito nacional.

A publicação deste Manual coincide com a comemoração dos 36 anos da Embrapa e representa uma ampliação da contribuição da Empresa à sociedade brasileira – em especial ao segmento do agronegócio relacionado à fertilidade de solo, nutrição de plantas e adubação – ao reunir informações sobre coleta de amostras, recepção, procedimentos analíticos de referência para análises de fertilidade, nutrição mineral e fertilizantes, erros usuais, controle de qualidade e equipamentos de última geração e, finalmente, sobre a automação de laboratórios e o uso de tecnologia da informação.

*Silvio Crestana*  
Diretor-Presidente da Embrapa

## Prefácio à 1ª edição

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.

*José Roberto Rodrigues Peres*  
Diretor-Executivo da Embrapa

# Sumário

## Parte 1 – Amostragem e preparo de amostras ..... 21

<b>Capítulo 1</b> Amostragem de solo para análises de fertilidade, de manejo e de contaminação .....	23
1. Introdução .....	25
2. Amostragem .....	26
3. Plano de amostragem: separação das áreas uniformes .....	29
4. Tipos de amostra e parâmetros a serem medidos na amostra .....	30
5. Tamanho das glebas e número de amostras .....	33
6. Local, profundidade e frequência de amostragem .....	34
7. Agricultura de precisão .....	43
8. Amostragem de espécies químicas consideradas móveis ( $\text{SO}_4^{2-}$ e $\text{NO}_3^-$ ) .....	49
9. Amostragem de metais pesados em áreas contaminadas .....	49
10. Época de coleta das amostras .....	50
11. Equipamentos usados e cuidados na coleta de solo .....	51
12. Secagem e armazenamento .....	54
13. Referências .....	55

<b>Capítulo 2</b> Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química .....	59
1. Introdução .....	61
2. Amostragem .....	62
3. Envio ao laboratório, identificação e pré-acondicionamento .....	63
4. Preparação da amostra no laboratório .....	65
5. Referências .....	85

<b>Capítulo 3</b> Amostragem de fertilizantes, corretivos e inoculantes .....	87
1. Introdução .....	89
2. Amostragem e preparo de produtos sólidos: fertilizantes, corretivos e substratos .....	91
3. Amostragem de produtos líquidos .....	100
4. Amostragem de inoculantes .....	102
5. Referências .....	102

**Parte 2 – Análises laboratoriais** ..... 105

**Capítulo 1** Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo ..... 107

1. Introdução ..... 109

2. Preparo da amostra ..... 111

3. pH em água ..... 112

4. pH em  $\text{CaCl}_2$  ..... 114

5. pH SMP ..... 115

6. Extração com  $\text{KCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$ : cálcio, magnésio e alumínio ..... 120

7. Extração com solução de Mehlich 1: fósforo, potássio, sódio e micronutrientes ..... 130

8. Fósforo remanescente ..... 141

9. Extração com solução de Mehlich 3: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio e micronutrientes (Fe, Cu, Zn e Mn) (evolução do método de Mehlich 1) ..... 144

10. Extração com resina trocadora de íons: fósforo, potássio, cálcio e magnésio .... 148

11. Análise de cobre, ferro, manganês e zinco por extração com DTPA ..... 156

12. Análise de boro por meio da solução de cloreto de bário ..... 162

13. Acidez potencial (hidrogênio + alumínio) ..... 167

14. Valor S, valor T, valor V e valor m ..... 170

15. Matéria orgânica ..... 170

16. Sulfato ..... 177

17. Nitrato e amônio ..... 180

18. Informações adicionais ..... 183

19. Referências ..... 184

**Capítulo 2** Análise química de tecido vegetal ..... 191

1. Introdução ..... 193

2. Preparação da amostra ..... 193

3. Extração de elementos químicos do tecido vegetal ..... 194

4. Determinações ..... 201

5. Interpretação de resultados ..... 232

6. Referências ..... 233

**Capítulo 3** Análises de fertilizantes minerais, organominerais e corretivos ..... 235

1. Introdução ..... 237

2. Preparação da amostra para a análise ..... 238

3. Preparo da amostra para corretivos de solo .....	238
4. Fertilizantes .....	239
5. Análises químicas de fertilizantes e corretivos .....	240
6. Referências .....	394
Anexo 1 .....	395
Anexo 2 .....	395

<b>Capítulo 4</b> Análises químicas de fertilizantes orgânicos (urbanos) .....	397
1. Introdução .....	399
2. Amostragem e preparo da amostra .....	399
3. Métodos de análise .....	401
4. Patógenos em resíduos .....	437
5. Interpretação de resultados de amostras de fertilizantes orgânicos .....	446
6. Determinação do efeito da adição de resíduos contendo matéria orgânica ao solo .....	459
7. Referências .....	481

<b>Capítulo 5</b> Análise química de metais pesados por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente .....	487
1. Introdução .....	489
2. Aspectos gerais da espectrometria de massas com plasma .....	489
3. Escopo e aplicação do método .....	492
4. Interferência .....	494
5. Segurança .....	502
6. Equipamentos e suprimentos .....	504
7. Reagentes, padrões e brancos .....	505
8. Manipulação, preparo e conservação das amostras .....	515
9. Controle de qualidade da análise .....	516
10. Calibração e padronização .....	522
11. Procedimentos .....	525
12. Análise dos dados obtidos e cálculos .....	527
13. Desempenho do método .....	528
14. Prevenção da poluição .....	533
15. Gerenciamento de resíduos .....	533
16. Referências .....	533



**Parte 3 – Infra-estrutura, qualidade e informática ..... 537**

**Capítulo 1** Controle de qualidade dos resultados analíticos ..... 539

1. Introdução ..... 541

2. Cuidados para garantir a qualidade em laboratórios ..... 542

3. Estatística em controle de qualidade ..... 546

4. Exemplo de preparo e uso da amostra controle ..... 550

5. Controle individual de resultados ..... 552

6. Programas interlaboratoriais ..... 555

7. Referências ..... 555

Anexo ..... 556

**Capítulo 2** Infra-estrutura laboratorial, gerenciamento de laboratório e automação da informação ..... 561

1. Introdução ..... 563

2. Infra-estrutura laboratorial ..... 564

3. Automação de rotinas laboratoriais ..... 574

4. A utilização da informática no gerenciamento do laboratório ..... 577

5. Utilização da informática na organização de dados, de informação e de conhecimentos gerados no setor agrícola ..... 588

6. Considerações finais ..... 623

7. Referências ..... 623

Parte **1**

# **Amostragem e preparo de amostras**

Capítulo 1

# **Amostragem de solo para análises de fertilidade, de manejo e de contaminação**

José Carlos Chitolina  
Fábio Prata  
Fábio Cesar da Silva  
Antonio Marcos Coelho  
Dorothy C. Pinatti Casarini  
Takashi Muraoka  
André César Vitti  
Antônio Enedi Boaretto

# 1. Introdução

A história da análise de solo, de acordo com Boaretto et al. (1988), pode ser assim resumida:

“A análise de solo provavelmente começou quando o homem interessou-se por saber como as plantas crescem. Pode-se dizer que foi Justus Von Liebig (1840) o primeiro a fazer a análise de solo. Desde aquela época até o início da década de 1920, pouco progresso foi feito, ainda que Dyer (1894), Hilgard (1911) e Burd (1918) tenham dado significativas contribuições para a química de solo. No final da década de 1920 e no início da de 1930, porém, importantes contribuições foram feitas por Bray (1929), Herster (1934), Morgan (1932), Spurway (1933) e Truog (1930). Desde então, a análise do solo tem sido largamente aceita como fator essencial à formulação de um programa de adubação e calagem (MELSTED; PECK, 1973; CATANI; JACINTO, 1974)”.

A análise química do solo é o instrumento básico para a transferência de informações, sobre calagem e adubação, da pesquisa para o agricultor. É possível, por meio de uma análise de solo bem feita, avaliar o grau de deficiência de nutrientes e determinar as quantidades a serem aplicadas nas adubações (RAIJ et al., 1985). Por esse conceito, pode-se concluir que a análise de solo, para avaliação de fertilidade, tem como objetivo conhecer o grau de fertilidade para uma adequada recomendação de corretivos e fertilizantes, com vista à produção, sendo atualmente de constante emprego, e, mais recentemente, é utilizada também para monitoramento de poluição de solos.

Em síntese, a coleta de amostras representativas de solo é essencial para a avaliação precisa das necessidades de corretivos e de fertilizantes, o que possibilita a obtenção de rendimentos econômicos. A amostra representativa é aquela que melhor reflete as condições de fertilidade de uma área específica.

Para que os objetivos sejam atingidos, é necessária a realização de várias atividades, que vão desde a amostragem do solo até a recomendação do corretivo ou do adubo. De fato, correspondem às seguintes etapas (Fig. 1): amostragem do solo, envio ao laboratório, preparo da amostra e análise química (extração e quantificação dos nutrientes), interpretação dos resultados das análises, recomendação propriamente dita e confirmação de procedimentos (CHITOLINA, 1982; BOARETTO et al., 1988).