

# MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO



**MANUAL DE**  
**CALAGEM E ADUBAÇÃO**  
**DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**



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

***Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro***

***Empresa de Assistência Técnica e Extensão  
Rural do Estado do Rio de Janeiro***

# **MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

*Luiz Rodrigues Freire (coordenador)*

*Fabiano de Carvalho Balieiro*

*Everaldo Zonta*

*Lúcia Helena Cunha dos Anjos*

*Marcos Gervasio Pereira*

*Eduardo Lima*

*José Guilherme Marinho Guerra*

*Martinho Belo Costa Ferreira*

*Marco Antonio de Almeida Leal*

*David Vilas Boas de Campos*

*José Carlos Polidoro*

**Editores Técnicos**

***Embrapa, Brasília, DF  
Editora Universidade Rural, Seropédica, RJ  
2013***

Exemplares desta obra podem ser adquiridos na:

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1.024  
CEP 22460-000 Rio de Janeiro, RJ  
Tel.: (21) 2179-4500  
Fax: (21) 2274-5291  
www.cnps.embrapa.br  
sac.cnps@embrapa.br

**Embrapa Agrobiologia**

Rodovia BR 465, km 7  
CEP: 23891-000 Seropédica, RJ  
Fone: (21) 3441-1500  
Fax: (21) 2682-1230  
www.cnpab.embrapa.br  
sac.cnpab@embrapa.br

**Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**

Rodovia BR 465, km 7  
CEP 23890-000 Seropédica, RJ  
Fone: (21) 3787-3772  
Fax: (21) 2682-2935

**Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-Rio)**

Alameda São Boaventura, 770, Fonseca  
CEP 24120-191 Niterói, RJ  
Fone: (21) 3607-5236  
Fax: (21) 3607-6617

**Unidade responsável pela edição**

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial

*Selma Lúcia Lira Beltrão*  
*Lucilene Maria de Andrade*  
*Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial

*Juliana Meireles Fortaleza*

Revisão de texto

*Corina Barra Soares*

Normalização bibliográfica

*Márcia Maria Pereira de Souza*

Projeto gráfico e editoração eletrônica

*Júlio César da Silva Delfino*

Capa

*Paula Cristina Rodrigues Franco*

Fotos da capa

*Cláudio Lucas Capeche*

**1ª edição**

1ª impressão (2013): 3.000 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 Solos

---

Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro / editor técnico, Luiz Rodrigues Freire ... [et al.]. – Brasília, DF : Embrapa ; Seropédica, RJ : Editora Universidade Rural, 2013.  
430 p. : il. ; 16 cm x 22 cm.

ISBN : Embrapa 978-85-7035-182-1

ISBN : Editora Universidade Rural 978-85-8067-050-9

1. Solo. 2. Matéria orgânica. 3. Agricultura orgânica. 4. Sistema de cultivo. I. Freire, Luiz Rodrigues. II. Balieiro, Fabiano de Carvalho. III. Zonta, Everaldo. IV. Anjos, Lúcia Helena Cunha dos. V. Pereira, Marcos Gervasio. VI. Lima, Eduardo. VII. Guerra, José Guilherme Marinho. VIII. Ferreira, Martinho Belo Costa. IX. Leal, Marco Antonio de Almeida. X. Campos, David Vilas Boas de. XI. Polidoro, José Carlos. XII. Embrapa Solos. XIII. Embrapa Agrobiologia. XIV. Editora Universidade Rural. XV. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural-Emater-Rio.

---

CDD 634.8

© Embrapa 2013

## **Editores Técnicos**

### **David Vilas Boas de Campos**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo),  
pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ  
david.campos@embrapa.br

### **Eduardo Lima**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo),  
professor associado do Instituto de Agronomia da Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
edulima@ufrj.br

### **Everaldo Zonta**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo),  
professor associado do Instituto de Agronomia da Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
ezonta@ufrj.br

### **Fabiano de Carvalho Balieiro**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo),  
pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ  
fabiano.balieiro@embrapa.br

### **José Guilherme Marinho Guerra**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo),  
pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ  
guilherme.guerra@embrapa.br

### **José Carlos Polidoro**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo),  
pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ  
jose.polidoro@embrapa.br

### **Lúcia Helena Cunha dos Anjos**

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Agronomia (Ciência do Solo),  
professora associada do Instituto de Agronomia da Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
lanjos@ufrj.br

**Luiz Rodrigues Freire**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Manejo e Fertilidade de Solos, professor titular da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ

lfreire@ufrj.br; luizrfreire@gmail.com

**Marco Antonio de Almeida Leal**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Rio de Janeiro, RJ

marcos.leal@embrapa.br

**Marcos Gervasio Pereira**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), professor associado do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ

gervasio@ufrj.br

**Martinho Belo Costa Ferreira**

Engenheiro-agrônomo, gerente técnico da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado (Emater-Rio), Niterói, RJ

martinhobelo.coper@emater.rj.gov.br

## **Autores**

**Adriano Portz**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), professor-adjunto do Polo Universitário de Volta Redonda da Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda, RJ

aportz@id.uff.br

**Alexander Silva de Resende**

Engenheiro-florestal, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Rio de Janeiro, RJ

alexander.resende@embrapa.br

**Alexandre Jacinto Teixeira**

Engenheiro-agrônomo, supervisor regional serrano da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado (Emater-Rio), Nova Friburgo, RJ

alexandrejteixeira@gmail.com.br

**Antonio Carlos de Souza Abboud**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Biologia (Agroecologia), professor associado do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
abboud@ufrj.br

**Avílio Antônio Franco**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciência do Solo, pesquisador aposentado da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ  
aviliofranco@gmail.com

**Caio Teves Inácio**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Engenharia de Produção (Gestão da Qualidade Ambiental), pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ  
caio.teves@embrapa.br

**Carla Andreia da Cunha Martins**

Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), profissional autônoma, Volta Redonda, RJ  
candcunha@yahoo.com.br

**Carlos Augusto Brandão de Carvalho**

Zootecnista, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), professor-adjunto do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
carloscarvalho@ufrj.br

**David Vilas Boas de Campos**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ  
david.campos@embrapa.br

**Dejair Lopes de Almeida**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador aposentado da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ  
dejair\_la@yahoo.com.br

**Ednaldo da Silva Araújo**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ  
ednaldo.araujo@embrapa.br

**Eduardo Lima**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), professor-associado do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
edulima@ufrj.br

**Everaldo Zonta**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), professor associado do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
ezonta@ufrj.br

**Fabiano de Carvalho Balieiro**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ  
fabiano.balieiro@embrapa.br

**Fernando Faria Duque (*in memoriam*)**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Rio de Janeiro, RJ

**Gabriel de Araújo Santos**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Química do Solo, professor titular do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
gasantos@ufrj.br

**Gisa Nara Castellini Moreira (*in memoriam*)**

Engenheira-agrônoma, D.Sc., pesquisadora da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Helvécio De-Polli**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciência do Solo e das Culturas, pesquisador aposentado da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ  
depollih@gmail.com

**João Batista Alves Pereira**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia (Fitotecnia), coordenador de planejamento da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado (Emater-Rio), Niterói, RJ  
joao.cplan@emater.rj.gov.br

**João Carlos de Carvalho Almeida**

Zootecnista, D.Sc. em Zootecnia, professor associado do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
jcarvalho@ufrj.br

**Jorge Ferreira de Souza**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia (Fitotecnia), assessor técnico regional do Rio Rural da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado (Emater-Rio), Cachoeiras de Macacu, RJ  
souzajfde@yahoo.com.br

**José Antonio Azevedo Espindola**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Rio de Janeiro, RJ  
jose.espindola@embrapa.br

**José Guilherme Marinho Guerra**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ  
guilherme.guerra@embrapa.br

**José Nestor de Souza**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia (Irrigação), supervisor local de Vassouras da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado (Emater-Rio), Vassouras, RJ  
nestor\_nsto@hotmail.com

**José Ronaldo de Macedo**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura), pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ  
jose.ronaldo@embrapa.br

**Lúcia Helena Cunha dos Anjos**

Engenheira-agrônoma, Ph.D. em Agronomia (Ciência do Solo), professora associada do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
lanjos@ufrj.br

**Luiz Rodrigues Freire**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Manejo e Fertilidade de Solos, professor titular da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ

lfreire@ufrj.br; luizrfreire@gmail.com

**Marco Antônio da Silva Vasconcelos**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Horticultura), professor associado do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ

masv@ufrj.br

**Marco Antonio de Almeida Leal**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Rio de Janeiro, RJ

marcos.leal@embrapa.br

**Marcos Gervasio Pereira**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), professor associado do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ

gervasio@ufrj.br

**Mariella Camardelli Uzêda**

Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Manejo de Recursos Naturais Renováveis, pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, Rio de Janeiro, RJ

mariella.uzeda@cnpab.embrapa.br

**Marta dos Santos Freire Ricci**

Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Fitotecnia, pesquisadora da Embrapa Agrobiologia, Rio de Janeiro, RJ

marta.ricci@cnpab.embrapa.br

**Martinho Belo Costa Ferreira**

Engenheiro-agrônomo, gerente técnico da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado (Emater-Rio), Niterói, RJ

martinhobelo.coper@emater.rj.gov.br

**Mauri Manhães**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador do Campo experimental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Campos dos Goytacazes, RJ  
maurimanhaes@ufrj.br

**Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), professor titular do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
nelmoura@ufrj.br

**Nilton Nélio Cometti**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), professor do Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, ES  
nilton.cometti@ifes.edu.br

**Paulo Augusto da Eira**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisador aposentado da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ  
eirapaulo@yahoo.com.br

**Pedro Roberto Furlani**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomia, pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Campinas, SP  
pfurlani@iac.sp.gov.br

**Raphael Minotti Bloise (*in memoriam*)**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc., pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Raul de Lucena Duarte Ribeiro**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Patologia de Plantas, professor aposentado do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
raul@ufrj.br

**Ricardo Berbara**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Biologia do Solo, professor associado do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
berbara@ufrj.br

**Rogério Faulha de Gouvea**

Engenheiro-agrônomo, M.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo),  
gerente técnico da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural  
do Estado (Emater-Rio), Niterói, RJ  
faulha.coper@emater.rj.gov.br

**Rubens N. Briançon Busquet**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo),  
professor aposentado do Instituto de Agronomia da Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
rbusquet@ufrj.br

**Sebastião Manhães Souto**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia (Ciência do Solo),  
pesquisador aposentado da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ  
sm.souto.bol@uol.com.br

**Sérgio Miana de Faria**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Ciências Biológicas, pesquisador da  
Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ  
sergio.defaria@embrapa.br

**Silvio Barge Bhering**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Geografia, pesquisador da Embrapa  
Solos, Rio de Janeiro, RJ  
silvio.bhering@cnps.embrapa.br

**Wellington Mary**

Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Engenharia Agrícola, professor  
adjunto do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ  
wmary2@hotmail.com

## Agradecimentos

No século 18, o Estado do Rio de Janeiro destacou-se no cenário agrícola brasileiro e mundial principalmente com a cultura do café. Ao longo do tempo, mudanças de uso da terra no estado fluminense foram acontecendo, assim como em outras regiões do Brasil, de acordo com a evolução da agricultura no País. A agricultura familiar em ambientes de montanha, por exemplo, ganhou outra dimensão no estado, pois representa um arranjo agrícola frente ao crescimento dos centros urbanos e à industrialização, os quais, juntos, intensificaram o êxodo rural, com efeito negativo sobre a agricultura fluminense, já que boa parte da mão de obra jovem busca, nas cidades, novos horizontes. No campo, permanecem agricultores que reconhecem a importância da terra para o seu sustento e de outros, mas encontram limitações diversas para se manter, entre elas as de ordem técnica, de mão de obra e de infraestrutura, além de dificuldades de comercialização de seus produtos.

A comunidade de Santo Antônio, localizada em Bom Jardim, região serrana do Estado do Rio de Janeiro, é um exemplo de interação homem-terra que perdura por gerações. Essa comunidade encontrou, graças à colaboração com instituições de ensino, pesquisa e extensão, uma forma de buscar soluções viáveis para um problema específico – reconhecer a agricultura migratória como a melhor forma de manejo da terra em áreas declivosas da região serrana do Estado do Rio de Janeiro, em ambiente de Floresta Atlântica.

Nesse contexto, agradecemos a todos os produtores rurais que direta ou indiretamente permitem que estudos sejam feitos em suas propriedades, facilitando o acesso à informação no contexto socioambiental local, que leva a realidade do campo para o campo das instituições de pesquisa e universidades, permitindo, assim, treinar futuras gerações de profissionais.

Representando esses produtores, elegemos o sr. Antônio Isaltino Sandre, produtor rural e dono do Sítio Cachoeira, em Bom Jardim, pelos anos de auxílio à pesquisa e à formação acadêmica de estudantes de graduação e pós-graduação no âmbito de diversos projetos (Prodetab 039 - 01/99 e 036/2002; Prodetab nº 10.200.03.0132-5; CNPq CTI-Hidro; MP2 -Transição Agroecológica da Produção Familiar na Região

Serrana Fluminense; Macroprograma 2 - Dinâmica da Paisagem; Pronex/PUC-Rio Geotecnia Aplicada a Previsão, Avaliação, Prevenção e Remediação de Problemas Geo-Hidro-Ambiental). O aprendizado dos alunos e seus orientadores, quanto ao sistema de produção adotado pelo sr. Antônio Isaltino em sua propriedade, e quanto à forma de lidar com os recursos naturais, base de sua atividade econômica e da produção de alimentos, foi tão importante quanto os resultados e as informações das pesquisas em todos esses anos. Sua cordialidade, sua presteza em nos servir, seu eterno sorriso, mesmo quando assistia a nossa equipe levar para longe parte de sua terra para as análises laboratoriais, e o inesquecível cafezinho ao final de um longo e suado dia de trabalho foram fatores essenciais para o sucesso de nossos estudos.

Reconhecemos que nosso método para fazer a informação obtida chegar aos produtores é limitado, mas mantemos nosso compromisso de viabilizar essa interação por meio de ações diversas, entre elas a oferta livre e gratuita desta obra a produtores rurais, técnicos, pesquisadores, estudantes e usuários diversos do conhecimento.

Muito obrigado.

## Apresentação

A necessidade de atualizar o *Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro*, cuja importância foi reconhecida desde sua primeira edição, em 1988, exigiu esforços conjuntos da parte de profissionais vinculados a instituições responsáveis pela agricultura estadual. Pesquisadores, professores e técnicos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, da Embrapa Solos, da Embrapa Agrobiologia e da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater-Rio), com o apoio do Programa Mais Alimentos (do Ministério do Desenvolvimento Agrário), da Divisão Técnica da Superintendência Federal de Agricultura no Estado do Rio de Janeiro e da Federação da Agricultura, Pecuária e Pesca do Estado do Rio de Janeiro, dedicaram-se, durante 11 meses, à revisão deste manual. O resultado desse trabalho está agora à disposição dos interessados em promover o desenvolvimento rural do Estado do Rio de Janeiro.

Conforme poderá ser examinado, foram reunidas informações básicas sobre o tema, para que técnicos extensionistas – para os quais, primordialmente, se destina este manual – e demais interessados pudessem dispor de mais uma ferramenta técnica, com sólidos conhecimentos científicos, para a tomada de decisões na área de fertilidade do solo e adubação das culturas.

A concepção geral adotada neste livro consistiu na inclusão dos dados gerados pela pesquisa e pela experiência de profissionais com as culturas apresentadas. Embora tenham se passado 24 anos desde a publicação do *Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro*, persiste a necessidade de avaliar métodos recomendados em outras regiões do País e de aprofundar as pesquisas para a definição dos níveis críticos de micro nutrientes e enxofre. Além disso, é imperioso analisar as curvas de calibração para tais nutrientes e aperfeiçoar as recomendações, com a inclusão de dados regionais para culturas emergentes na região fluminense. A expansão de tecnologias para a obtenção de energia com menor potencial poluente também exige atenção da pesquisa, a qual só poderá atingir plenamente os seus objetivos fazendo parceria com instituições públicas e privadas.

Na elaboração do trabalho, foi levada em conta a predominância, no Estado do Rio de Janeiro, de pequenas propriedades rurais, o que

implicou a utilização de tecnologia compatível com suas características. As exigências do mercado consumidor por produtos oriundos de sistemas orgânicos foram também atendidas, à medida que os capítulos que tratam do assunto foram ampliados. Na introdução deste trabalho, estão explicitadas as principais alterações feitas nesta publicação.

Pela sua natureza, esta publicação deve ser atualizada periodicamente, responsabilidade que os profissionais das áreas agronômicas e afins devem assumir plenamente, permitindo, assim, que o público fuminense tenha acesso aos resultados obtidos pela pesquisa agrônômica, os quais fortalecem a produção rural do Estado do Rio de Janeiro.

Os autores desta obra têm a expectativa de ter cooperado com informações importantes para o seu público-alvo, de quem espera receber contribuições para o aperfeiçoamento das futuras edições.

*Os autores.*

## Prefácio

A edição de um livro é sempre um momento nobre. Significa vencer muitos desafios, principalmente quando se expressam opiniões as mais variadas, emitidas por distintos autores e colaboradores. Esta obra, construída em duas etapas – a primeira na década de 1980 e a segunda na década atual –, tem para mim uma importância que transcende o estudo da fertilidade do solo. O fator que mais me sensibilizou foi o diálogo entre as gerações de profissionais da área agrônômica e afins. A troca de experiências, a reavaliação constante de conceitos e a mudança de paradigmas, que se deram ao longo das discussões, contribuíram para a construção de um texto final que precisava ter forte aspecto de síntese, com conteúdo consistente para aplicação pelo usuário final.

Outro aspecto notável desta obra foi a demonstração da cooperação entre as instituições dedicadas ao assunto no Estado do Rio de Janeiro. Isso facilitou sobremaneira o resgate e a consolidação das informações sobre fertilidade do solo, não como uma disciplina isolada, mas integrada a um complexo de conhecimentos sobre produção agrícola, pela perspectiva da sustentabilidade.

A experiência brasileira no assunto é grande, mas os ajustes às condições vigentes no Estado do Rio de Janeiro permitem que a obra tenha uma afinidade maior com o usuário final, atendendo às suas diferentes demandas.

A organização da obra, incluindo a dos capítulos sobre os aspectos básicos de classificação, fertilidade e biologia do solo, nutrição de plantas, cultivo protegido, manejo orgânico, adubos e corretivos e fitotecnia, resultam da integração de conhecimentos sobre esses temas, para uma correta interpretação da fertilidade do solo e para o uso adequado de corretivos e adubos.

Estou convencido de que o leitor saberá prestigiar esta nova edição!

*Helvécio De-Polli*

Pesquisador aposentado da Embrapa Agrobiologia e coordenador técnico do Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (1988)



# Sumário

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introdução .....</b>                                                         | <b>27</b> |
| <b>Capítulo 1. Produtividade vegetal e fertilidade do solo.....</b>             | <b>31</b> |
| 1.1 Planta .....                                                                | 32        |
| 1.2 Solo.....                                                                   | 33        |
| 1.3 Clima .....                                                                 | 33        |
| 1.4 Manejo .....                                                                | 34        |
| 1.5 Fatores limitantes .....                                                    | 35        |
| <b>Capítulo 2. Principais classes de solo do Estado do Rio de Janeiro .....</b> | <b>37</b> |
| 2.1 Latossolos .....                                                            | 39        |
| 2.1.1 Latossolos Amarelos .....                                                 | 40        |
| 2.1.2 Latossolos Vermelhos .....                                                | 41        |
| 2.1.3 Latossolos Vermelho-Amarelos .....                                        | 42        |
| 2.2 Argissolos .....                                                            | 42        |
| 2.2.1 Argissolos Acinzentados .....                                             | 43        |
| 2.2.2 Argissolos Amarelos .....                                                 | 44        |
| 2.2.3 Argissolos Vermelhos .....                                                | 45        |
| 2.2.4 Argissolos Vermelho-Amarelos .....                                        | 45        |
| 2.3 Cambissolos .....                                                           | 46        |
| 2.3.1 Cambissolos Húmicos.....                                                  | 46        |
| 2.3.2 Cambissolos Flúvicos.....                                                 | 47        |
| 2.3.3 Cambissolos Háplicos .....                                                | 48        |
| 2.4 Nitossolos .....                                                            | 48        |
| 2.5 Gleissolos .....                                                            | 49        |
| 2.5.1 Gleissolos Tiomórficos .....                                              | 50        |
| 2.5.2 Gleissolos Sálcos.....                                                    | 51        |
| 2.5.3 Gleissolos Melânicos .....                                                | 52        |
| 2.5.4 Gleissolos Háplicos .....                                                 | 53        |
| 2.6 Neossolos .....                                                             | 53        |
| 2.6.1 Neossolos Litólicos .....                                                 | 54        |
| 2.6.2 Neossolos Flúvicos .....                                                  | 54        |
| 2.6.3 Neossolos Regolíticos.....                                                | 55        |
| 2.6.4 Neossolos Quartzarênicos .....                                            | 56        |

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7 Organossolos .....                                                                 | 57        |
| 2.7.1 Organossolos Tiomórficos .....                                                   | 58        |
| 2.7.2 Organossolos Fólicos .....                                                       | 59        |
| 2.7.3 Organossolos Háplicos.....                                                       | 59        |
| 2.8 Planossolos .....                                                                  | 61        |
| 2.8.1 Planossolos Nátricos .....                                                       | 62        |
| 2.9 Espodossolos.....                                                                  | 62        |
| 2.10 Chernossolos .....                                                                | 63        |
| 2.11 Plintossolos.....                                                                 | 65        |
| 2.12 Vertissolos .....                                                                 | 66        |
| 2.13 Considerações sobre levantamentos<br>pedológicos e de fertilidade dos solos ..... | 67        |
| <b>Capítulo 3. Fertilidade do solo .....</b>                                           | <b>69</b> |
| 3.1 Avaliação da fertilidade do solo.....                                              | 70        |
| 3.1.1 Diagnose visual .....                                                            | 72        |
| 3.1.2 Aspersão foliar .....                                                            | 75        |
| 3.1.3 Ensaios exploratórios em potes .....                                             | 75        |
| 3.1.4 Métodos microbiológicos.....                                                     | 76        |
| 3.1.5 Análise de tecidos.....                                                          | 76        |
| 3.1.6 Análise química de amostras de terra .....                                       | 77        |
| 3.1.7 Ensaios de campo .....                                                           | 78        |
| 3.2 Matéria orgânica .....                                                             | 79        |
| 3.3 Propriedades físicas do solo e sua influência<br>na nutrição vegetal .....         | 79        |
| 3.3.1 Textura .....                                                                    | 80        |
| 3.3.2 Estrutura e porosidade .....                                                     | 81        |
| 3.3.3 Retenção de água .....                                                           | 84        |
| 3.3.4 Aeração .....                                                                    | 85        |
| <b>Capítulo 4. Análise química de amostras de terra .....</b>                          | <b>87</b> |
| 4.1 Amostragem .....                                                                   | 88        |
| 4.1.1 Separação de áreas .....                                                         | 88        |
| 4.1.2 Profundidade de amostragem.....                                                  | 90        |
| 4.1.3 Obtenção da amostra composta .....                                               | 93        |
| 4.2 Análises laboratoriais .....                                                       | 95        |
| 4.2.1 Preparo da amostra .....                                                         | 95        |
| 4.2.2 Textura (avaliação expedita) .....                                               | 96        |
| 4.2.3 pH.....                                                                          | 97        |

|                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.4 Carbono orgânico .....                                                                  | 97         |
| 4.2.5 Extração e determinação de elementos.....                                               | 97         |
| 4.2.6 Outras determinações.....                                                               | 99         |
| 4.2.7 Parâmetros derivados .....                                                              | 99         |
| 4.3 Interpretação dos resultados .....                                                        | 100        |
| <b>Capítulo 5. Adubos e corretivos.....</b>                                                   | <b>107</b> |
| 5.1 Fertilizantes ou adubos minerais .....                                                    | 110        |
| 5.1.1 Fertilizantes minerais nitrogenados.....                                                | 110        |
| 5.1.2 Fertilizantes minerais fosfatados.....                                                  | 111        |
| 5.1.3 Fertilizantes minerais potássicos .....                                                 | 113        |
| 5.1.4 Adubos com enxofre.....                                                                 | 114        |
| 5.1.5 Fertilizantes com micronutrientes.....                                                  | 115        |
| 5.1.6 Fórmulas NPK .....                                                                      | 117        |
| 5.2 Corretivos .....                                                                          | 120        |
| 5.3 Fiscalização de fertilizantes, corretivos e inoculantes.....                              | 127        |
| 5.3.1 Legislação sobre fertilizantes, corretivos,<br>inoculantes e biofertilizantes.....      | 128        |
| <b>Capítulo 6. Aplicação de adubos.....</b>                                                   | <b>131</b> |
| 6.1 Adubação no solo .....                                                                    | 131        |
| 6.1.1 Adubação localizada .....                                                               | 132        |
| 6.1.2 Adubação não localizada .....                                                           | 133        |
| 6.2 Adubação foliar .....                                                                     | 133        |
| 6.3 Adubação via fertirrigação.....                                                           | 134        |
| 6.4 Compatibilidade dos adubos.....                                                           | 135        |
| 6.5 Aplicação de adubo em culturas arbóreas .....                                             | 136        |
| 6.6 Especificidades .....                                                                     | 136        |
| 6.6.1 Nitrogênio.....                                                                         | 136        |
| 6.6.2 Fósforo .....                                                                           | 138        |
| 6.6.3 Potássio.....                                                                           | 140        |
| 6.6.4 Micronutrientes.....                                                                    | 141        |
| <b>Capítulo 7. Uso e manejo da matéria orgânica<br/>para fins de fertilidade do solo.....</b> | <b>143</b> |
| 7.1 Compartimentos e características da MOS .....                                             | 144        |
| 7.2 Ciclagem de nutrientes na unidade<br>de produção agrícola .....                           | 146        |
| 7.3 Adubação orgânica.....                                                                    | 148        |
| 7.4 Recomendações de adubação orgânica .....                                                  | 154        |

|                     |                                                                       |            |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.5                 | Maturidade e estabilidade.....                                        | 155        |
| 7.6                 | Fonte de nutrientes .....                                             | 158        |
| 7.7                 | Condicionamento de solos .....                                        | 159        |
| 7.8                 | Qualidade e valor do adubo orgânico.....                              | 161        |
| 7.9                 | Manejo da matéria orgânica<br>para conservação da fertilidade.....    | 161        |
| 7.9.1               | Adubação verde de sistemas<br>de produção de culturas anuais.....     | 162        |
| 7.9.2               | Arborização de pastagem e de agroecossistemas.....                    | 162        |
| 7.9.3               | Plantio em aleias .....                                               | 162        |
| 7.9.4               | Manejo do pousio.....                                                 | 163        |
| 7.9.5               | Plantio de contorno ou em terraços .....                              | 163        |
| 7.9.6               | Cercas vivas e moirão vivo.....                                       | 164        |
| <b>Capítulo 8.</b>  | <b>Insumos biológicos .....</b>                                       | <b>167</b> |
| 8.1                 | Fixação biológica de nitrogênio (FBN) .....                           | 169        |
| 8.1.1               | FBN em leguminosas.....                                               | 169        |
| 8.1.2               | Inoculante com bactéria diazotrófica.....                             | 170        |
| 8.1.3               | Escarificação das sementes.....                                       | 170        |
| 8.1.4               | Inoculação das sementes.....                                          | 171        |
| 8.2                 | Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) .....                          | 175        |
| 8.2.1               | Manejo de FMA .....                                                   | 180        |
| 8.2.2               | Inoculação .....                                                      | 180        |
| 8.3                 | Adubos verdes.....                                                    | 181        |
| 8.3.1               | Espécies de adubo verde .....                                         | 182        |
| <b>Capítulo 9.</b>  | <b>Manejo da fertilidade do<br/>solo na agricultura orgânica.....</b> | <b>189</b> |
| 9.1                 | Princípios .....                                                      | 190        |
| 9.2                 | Paisagem como base para a produção<br>e a conservação ambiental ..... | 190        |
| 9.3                 | Fertilidade do solo nas unidades de produção orgânica .....           | 192        |
| 9.4                 | Fertilização e calagem nas unidades<br>de produção orgânica.....      | 193        |
| <b>Capítulo 10.</b> | <b>Cultivo protegido .....</b>                                        | <b>197</b> |
| 10.1                | Manejo do solo .....                                                  | 198        |
| 10.2                | Salinização do solo .....                                             | 198        |
| 10.3                | Dimensionamento das estruturas.....                                   | 201        |
| 10.4                | Pulverização em cultivo protegido .....                               | 202        |

|                                                                                                      |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Capítulo 11. Cultivo hidropônico .....</b>                                                        | <b>203</b>     |
| 11.1 Soluções nutritivas.....                                                                        | 204            |
| 11.1.1 Composição das soluções nutritivas .....                                                      | 205            |
| 11.1.2 Sais e fertilizantes utilizados nas soluções nutritivas.....                                  | 218            |
| 11.1.3 Cálculo de formulação da solução nutritiva .....                                              | 219            |
| 11.1.4 Concentração e condutividade elétrica da solução nutritiva.....                               | 222            |
| 11.2 Manejo da solução nutritiva .....                                                               | 226            |
| 11.2.1 Reposição e ajuste da solução nutritiva .....                                                 | 226            |
| 11.2.2 Preparo e utilização de soluções-estoque .....                                                | 228            |
| 11.3 pH da solução nutritiva .....                                                                   | 230            |
| 11.4 Quelatos .....                                                                                  | 231            |
| 11.5 Considerações finais.....                                                                       | 231            |
| <br><b>Capítulo 12. Critérios econômicos relacionados com a seleção de adubos e corretivos .....</b> | <br><b>233</b> |
| 12.1 Calcário .....                                                                                  | 233            |
| 12.2 Adubos minerais .....                                                                           | 235            |
| 12.2.1 Adubos nitrogenados .....                                                                     | 235            |
| 12.2.2 Adubos fosfatados .....                                                                       | 236            |
| 12.2.3 Adubos potássicos .....                                                                       | 237            |
| 12.3 Adubos orgânicos .....                                                                          | 238            |
| 12.4 Adubos NPK.....                                                                                 | 239            |
| 12.4.1 Comparação entre adubos formulados .....                                                      | 239            |
| 12.4.2 Comparação entre fórmulas NPK e adubos simples .....                                          | 240            |
| <br><b>Capítulo 13. Recomendações gerais.....</b>                                                    | <br><b>243</b> |
| 13.1 Critérios gerais.....                                                                           | 243            |
| 13.1.1 Fósforo .....                                                                                 | 244            |
| 13.1.2 Potássio.....                                                                                 | 246            |
| 13.1.3 Calagem .....                                                                                 | 249            |
| 13.1.4 Nitrogênio.....                                                                               | 253            |
| 13.1.5 Adubação orgânica .....                                                                       | 254            |
| 13.1.6 Outras informações.....                                                                       | 255            |

**Capítulo 14. Recomendações de adubos,  
corretivos e de manejo da matéria orgânica  
para as principais culturas do Estado do Rio de Janeiro..... 257**

|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| <b>14.1 Grandes culturas .....</b>                | <b>267</b> |
| 14.1.1 Amendoim.....                              | 267        |
| 14.1.2 Arroz.....                                 | 268        |
| 14.1.3 Café.....                                  | 271        |
| 14.1.4 Cana-de-açúcar.....                        | 275        |
| 14.1.5 Feijão.....                                | 280        |
| 14.1.6 Feijão-mauá.....                           | 282        |
| 14.1.7 Mandioca.....                              | 284        |
| 14.1.8 Milho.....                                 | 285        |
| 14.1.9 Soja.....                                  | 287        |
| 14.1.10 Sorgo granífero.....                      | 288        |
| <b>14.2 Hortalças .....</b>                       | <b>290</b> |
| 14.2.1 Abóbora, abobrinha e moranga.....          | 290        |
| 14.2.2 Alface.....                                | 292        |
| 14.2.3 Alho.....                                  | 293        |
| 14.2.4 Aspargo.....                               | 295        |
| 14.2.5 Batata-doce.....                           | 297        |
| 14.2.6 Batata-inglesa.....                        | 298        |
| 14.2.7 Berinjela, jiló e pimentão.....            | 300        |
| 14.2.8 Beterraba e cenoura.....                   | 301        |
| 14.2.9 Brócolos, couve, couve-flor e repolho..... | 303        |
| 14.2.10 Cebola.....                               | 305        |
| 14.2.11 Chuchu.....                               | 306        |
| 14.2.12 Ervilha-vagem.....                        | 308        |
| 14.2.13 Feijão-de-vagem.....                      | 309        |
| 14.2.14 Inhame.....                               | 311        |
| 14.2.15 Mandioquinha-salsa.....                   | 313        |
| 14.2.16 Maxixe.....                               | 315        |
| 14.2.17 Melancia e melão.....                     | 317        |
| 14.2.18 Nabo e rabanete.....                      | 318        |
| 14.2.19 Pepino.....                               | 319        |
| 14.2.20 Pimenta.....                              | 321        |
| 14.2.21 Quiabo.....                               | 323        |
| 14.2.22 Tomate.....                               | 324        |
| <b>14.3 Frutíferas.....</b>                       | <b>328</b> |
| 14.3.1 Abacate.....                               | 328        |

|             |                                                                                                            |            |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 14.3.2      | Abacaxi .....                                                                                              | 331        |
| 14.3.3      | Banana .....                                                                                               | 334        |
| 14.3.4      | Caqui .....                                                                                                | 338        |
| 14.3.5      | Cítricas .....                                                                                             | 341        |
| 14.3.6      | Coco .....                                                                                                 | 343        |
| 14.3.7      | Figo .....                                                                                                 | 347        |
| 14.3.8      | Goiaba .....                                                                                               | 349        |
| 14.3.9      | Maçã .....                                                                                                 | 352        |
| 14.3.10     | Mamão .....                                                                                                | 355        |
| 14.3.11     | Manga .....                                                                                                | 357        |
| 14.3.12     | Maracujá.....                                                                                              | 360        |
| 14.3.13     | Pera .....                                                                                                 | 363        |
| 14.3.14     | Pêssego e nectarina.....                                                                                   | 366        |
| <b>14.4</b> | <b>Forrageiras .....</b>                                                                                   | <b>370</b> |
| 14.4.1      | Capineiras e bancos de proteínas .....                                                                     | 370        |
| 14.4.2      | Milho e sorgo para ensilagem .....                                                                         | 375        |
| 14.4.3      | Pastagens exclusivas e consorciadas .....                                                                  | 376        |
| <b>14.5</b> | <b>Ornamentais .....</b>                                                                                   | <b>383</b> |
| 14.5.1      | Antúrio.....                                                                                               | 383        |
| 14.5.2      | Crisântemo.....                                                                                            | 385        |
| 14.5.3      | Gladiolo .....                                                                                             | 387        |
| 14.5.4      | Orquídeas.....                                                                                             | 389        |
| 14.5.5      | Rosa .....                                                                                                 | 395        |
| <b>14.6</b> | <b>Florestais .....</b>                                                                                    | <b>397</b> |
| 14.6.1      | Eucalipto.....                                                                                             | 397        |
| 14.6.2      | Leguminosas arbustivas e arbóreas<br>fixadoras de N <sub>2</sub> .....                                     | 401        |
| 14.6.3      | Seringueira .....                                                                                          | 404        |
| 14.6.4      | Urucu.....                                                                                                 | 406        |
| <b>14.7</b> | <b>Oleaginosas .....</b>                                                                                   | <b>407</b> |
| 14.7.1      | Mamona .....                                                                                               | 407        |
| 14.7.2      | Girassol .....                                                                                             | 409        |
| 14.7.3      | Pinhão-manso.....                                                                                          | 411        |
|             | <b>Referências.....</b>                                                                                    | <b>414</b> |
|             | <b>Anexo 1. Fotos dos perfis representativos<br/>de classes de solos do Estado do Rio de Janeiro .....</b> | <b>423</b> |
|             | <b>Anexo 2. Unidades e conversões .....</b>                                                                | <b>427</b> |



# Introdução

O *Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro*, ora apresentado, representa a segunda exposição de recomendações de técnicas e insumos sugeridos para a superação dos problemas relacionados com a fertilidade dos solos cultivados no território fluminense.

Neste Manual, foi mantida a estrutura básica da obra original – *Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro*, de 1988 – com ampliação representada pela inclusão de novos capítulos e a atualização daqueles presentes anteriormente.

Não se pretendeu, com esta obra, esgotar os temas apresentados; por isso, sugere-se, para quem esteja interessado em aprofundar as informações, que as complemente consultando a bibliografia citada.

O Capítulo 1, que foi introduzido nesta edição, aborda sucintamente a importância dos fatores que afetam a produtividade vegetal e a fertilidade do solo.

O Capítulo 2 descreve as principais classes de solo do Estado do Rio de Janeiro, com a atualização da designação de cada classe e seu paralelo em relação à classificação constante da primeira edição do *Manual*, além de aspectos importantes a serem considerados em seu manejo. Soma-se a ele o Anexo 1, que ilustra, por meio de fotos, aqueles perfis mais representativos do Estado.

Os capítulos 3 (*Fertilidade do solo*), 4 (*Análise química de terra*) e 5 (*Adubos minerais e corretivos*) mantiveram, essencialmente, o formato da obra original, mas com acréscimos e atualizações específicas de cada um, tendo sido introduzido o Capítulo 6 (*Aplicação de adubos*) para detalhar as implicações decorrentes do uso correto de fertilizantes e corretivos.

Por conta da importância da matéria orgânica do solo e da sua utilização crescente na agricultura orgânica no Estado do Rio de Janeiro, tais temas foram ampliados e atualizados com informações oriundas da pesquisa e da experimentação regional, notadamente desenvolvidas pela Embrapa Agrobiologia. As condições próprias da agricultura fluminense ensejam oportunidade para a consolidação do uso de técnicas mais favoráveis ao ambiente e apropriadas à implantação de uma agricultura que atenda aos ditames da sociedade. Assim, os capítulos 7

(*Uso e manejo da matéria orgânica para fins de fertilidade do solo*), 8 (Insumos *biológicos*) e 9 (*Manejo da fertilidade do solo na agricultura orgânica*) expõem os principais cuidados, técnicas e insumos recomendados para atingir esse objetivo.

A tecnologia de cultivo em ambientes menos expostos às variações sazonais do clima ensejou a introdução do Capítulo 10 (*Cultivo protegido*). Esse capítulo trata das instalações de estruturas e dos cuidados apropriados para a utilização e o manejo dessa forma de exploração vegetal.

A limitação física para a expansão da produção vegetal em algumas culturas pode ser superada com o uso da hidroponia. A dificuldade na obtenção de informações sobre esse assunto estimulou a elaboração do Capítulo 11 (*Cultivo hidropônico*), com mais detalhes do que os demais capítulos.

Para garantir mais precisão ao conteúdo, foi alterado o título do Capítulo 12 – *Aspectos econômicos relacionados com o uso de adubos e corretivos* – da obra original, para *Critérios econômicos relacionados com a seleção de adubos e corretivos*.

No Capítulo 13 (*Recomendações gerais*), estão descritos os critérios adotados para a confecção das planilhas específicas, com o detalhamento dos procedimentos aí abordados. E, para facilitar as conversões e a atualização das unidades de medidas empregadas no *Manual*, foi gerado o Anexo 2.

As recomendações específicas sugeridas para as culturas estão detalhadas no Capítulo 14, que abrange mais de 70 culturas. Em algumas das planilhas, foram agrupadas espécies com características similares, como a que trata das crucíferas (brócolos, couve, couve-flor e repolho). As planilhas compreendem culturas classificadas em grupos: grandes culturas, hortaliças, fruteiras, forrageiras, ornamentais, florestais e oleaginosas. A terminologia adotada buscou simplificar a consulta ao

*Manual*, sem, contudo, ser rigorosa. Por exemplo, no grupo oleaginosas, não foram estudadas as culturas da soja e do amendoim, mas apenas aquelas cujo cultivo no Estado do Rio de Janeiro está atualmente mais associado à produção de biodiesel.

Objetivando dar reconhecimento ao esforço feito pela comissão<sup>1</sup> da obra original *Manual de Adubação do Estado do Rio de Janeiro*, de 1988, e especialmente aos técnicos, professores e pesquisadores envolvidos na elaboração das planilhas das culturas, foi elaborada uma tabela onde o leitor pudesse reconhecer, para cada cultura, os profissionais responsáveis pela sua elaboração e/ou atualização. Essa Tabela é apresentada no início do Capítulo 14 e precede as planilhas de recomendação das culturas.

É importante destacar que as planilhas são sugestões que servirão de base para a tomada de decisão pelo técnico responsável pela atividade. Assim, não precisam ser seguidas rigorosamente, mas podem ser adaptadas às peculiaridades de cada situação.

---

<sup>1</sup> Comissão da obra original: Dejair Lopes de Almeida, Gabriel de Araújo dos Santos, Helvécio De-Polli (Coordenador), Lúcia Helena da Cunha, Luiz Rodrigues Freire, Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho, Newton Novo Costa Pereira, Paulo Augusto Eira, Rafael Minotti Bloise, Ronaldo Correa Salek.



## Capítulo 1

# **Produtividade vegetal e fertilidade do solo**

*Luiz Rodrigues Freire*

Ao explorar uma propriedade rural, a intenção do produtor é aliar maiores rendimentos a menores custos. Essa equação, entretanto, não é facilmente alcançada; aliás, a experiência demonstra o contrário – é comum a ocorrência de prejuízos, que contrariam as expectativas iniciais. As variáveis envolvidas no processo produtivo são muitas e oscilam desde algumas de fácil compreensão até aquelas cuja complexidade exige sólidos conhecimentos técnicos e científicos.

Para a adequada exploração de qualquer sistema de produção, é conveniente o exame dessas variáveis e o diagnóstico da situação específica encontrada em uma área agrícola. Sem a pretensão de esgotar o tema, em razão do escopo do *Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro*, a seguir serão apresentados os fatores que mais afetam a produtividade das culturas.

Produtividade é aqui definida como a expressão da produção vegetal em quantidade, por unidade de área e por unidade de tempo. Ao comparar a produtividade obtida com a produtividade potencial, o técnico poderá verificar se as diferenças são marcantes e, assim, buscar identificar as razões para tal.

Em qualquer situação, a produtividade obtida é resultante da ação integrada e simultânea dos fatores que compõem cada agroecossistema: planta, solo, clima e manejo. Tais fatores são interdependentes; assim, qualquer modificação em um deles pode se refletir tanto na ação de outro(s) quanto na sua alteração. Por exemplo, ao adotar o manejo do plantio direto, podem ser positivamente modificadas a biota do solo, a profundidade de exploração das raízes, a retenção de umidade do solo, as condições microclimáticas nos arredores da planta, entre outras.

Qualquer que seja a situação, é imprescindível que práticas de conservação do solo sejam adotadas em todos os sistemas de produção, visando à proteção dos recursos naturais e à manutenção da oferta de serviços e bens ambientais.

A seguir, é feita uma breve descrição dos fatores mais importantes para a adequação do sistema de produção.

## 1.1 Planta

O fator que determina o máximo de produtividade a ser atingido (produtividade potencial) pelas plantas cultivadas é o seu código genético. A produtividade máxima, entretanto, somente será alcançada quando todos os demais fatores estiverem em condições ótimas. A fotossíntese – conjunto de reações bioquímicas que permitem a captação e a transformação da energia luminosa em energia química – é o processo mais importante da natureza e a garantia da vida em nosso planeta.

Para a realização da fotossíntese, a planta utiliza seus cloroplastos, cuja quantidade depende, além do código genético do vegetal, do suprimento de nutrientes essenciais para sua formação e seu funcionamento. A captação do gás carbônico e a assimilação de carbono pelas plantas são, em geral, condicionadas pela arquitetura da planta, pela quantidade de folhas e pela sua distribuição na copa, pelas suas anatomia e morfologia, pelo fornecimento de água e nutrientes, e pelas condições meteorológicas vigentes em um dado momento, entre outros fatores relevantes.

De qualquer forma, consideradas todas as variáveis envolvidas, é a planta que define a produtividade máxima, e o melhoramento vegetal

é a ferramenta tecnológica que deve ser utilizada para a ampliação da meta a ser atingida.

## 1.2 Solo

Entre o conjunto de fatores que afetam a produtividade vegetal, geralmente os mais rápidos são os que alteram as características do solo. Com efeito, para atender às funções de sustentação da planta e de fornecimento de ar, água e nutrientes, as características físicas têm uma importância fundamental e, infelizmente, com frequência indesejada, não têm recebido a devida atenção. No Capítulo 3, esse tema é abordado com detalhes.

É relativamente comum as expressões “produtividade” e “fertilidade do solo” serem tomadas como sinônimos, o que deve ser evitado. Fertilidade corresponde à capacidade de o solo fornecer nutrientes em quantidade e em oportunidade compatíveis com a necessidade do vegetal. Nesse contexto, fertilidade faz parte do conjunto de fatores que influenciam a produtividade, e a sua correção não implica necessariamente em aumento da produção.

Ao afetar o desenvolvimento vegetal, a fertilidade pode alterar a manifestação de atributos da planta, com destaque para o crescimento, a expansão e o aprofundamento do sistema radicular no solo. Há nutrientes, como o cálcio, que interferem diretamente na multiplicação celular; em solos deficientes desse elemento, haverá restrição do desenvolvimento radicular, que é passível de correção com a adequada aplicação de cálcio. Isso tem particular importância para culturas permanentes, para as quais se pode amenizar os efeitos do déficit hídrico no campo durante o período seco, com uma aplicação mais bem localizada de cálcio ou de outros insumos capazes de permitir o transporte de Ca (e outros nutrientes) para camadas subsuperficiais do solo, como é o caso do gesso agrícola.

## 1.3 Clima

Os componentes do fator clima – radiação solar, precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa do ar, ventos, composição

do ar, por exemplo – afetam direta e indiretamente o processo fotossintético e, obviamente, o resultado do empreendimento rural. O conhecimento quantitativo dessas variáveis e de seus efeitos sobre a planta é fundamental para a definição de espécies, cultivares e até de manejos a serem adotados na propriedade.

As estações do ano e a expressão do clima nas diversas regiões do Estado do Rio de Janeiro tornam imprescindível a caracterização climática dessas regiões para o planejamento da exploração rural, com destaque para a elaboração do balanço hídrico para uma determinada cultivar. Deve ser ressaltado que a caracterização baseada em médias anuais não pode ser usada, pois oscilações naturais entre os anos criam uma imagem distorcida da realidade, principalmente em épocas de alterações climáticas.

## **1.4 Manejo**

A intervenção positiva do homem para a obtenção dos resultados pretendidos com o processo produtivo dá-se por meio da adoção de técnicas que compatibilizem o atendimento das necessidades do vegetal às condições edafoclimáticas. Entre essas técnicas, pode-se citar: a definição da época de semeadura/plantio, o espaçamento a ser utilizado, o método de preparo do solo e de irrigação, a possibilidade ou a exigência de drenagem, o controle fitossanitário, a profundidade de semeadura/plantio e a aplicação de corretivos e adubos. Nesta publicação, será abordada apenas uma parcela dessas técnicas, o que não implica desconsiderar que é crucial a adoção de todas as técnicas disponíveis.

Um aspecto importante é a aplicação correta das técnicas preconizadas para garantir uma adequada exploração da cultura. Por exemplo: partindo do pressuposto de que o emprego da irrigação considera, entre outras variáveis, a profundidade efetiva das raízes, se a quantidade de água aplicada exceder essa profundidade, ocorrerão perdas por lixiviação de nutrientes, cujas consequências imediatas serão uma adubação mais pesada que a recomendada e a contaminação ambiental por espécies iônicas, como o nitrato. Em outras palavras: perda da eficiência da adubação e aumento do passivo ambiental.

É bastante provável que isso esteja ocorrendo em áreas com exploração olerícola do Estado do Rio de Janeiro.

## **1.5 Fatores limitantes**

Conforme comentado, a produtividade vegetal é consequência da ação integrada dos fatores descritos, não havendo, então, um fator mais importante do que outro. Assim, basta que um deles não atenda às necessidades da planta, para que essa não atinja seu potencial produtivo. Isso importa dizer que é fundamental fazer um diagnóstico antes do planejamento da exploração vegetal. Caso se constate, por exemplo, que o fator que está limitando a produção reside na irregularidade de fornecimento de água, não será a utilização de cultivares de alta produtividade que alterará o resultado final.

Como não poderia deixar de ser, está nas mãos do técnico responsável a definição da estratégia a ser adotada para cada cultivo e cada propriedade. E – recorrendo a um lugar-comum – cada caso é um caso, e, como tal, cada um exige uma solução peculiar.



## Capítulo 2

# Principais classes de solo do Estado do Rio de Janeiro

*Lúcia Helena Cunha dos Anjos  
Marcos Gervasio Pereira*

O solo pode ser definido sob muitos pontos de vista, conforme o alvo de interesse do usuário. Assim, um geólogo ou engenheiro-civil pode considerar o solo como material alterado que se sobrepõe à rocha, ou, então, como material inerte a ser utilizado em edificações e construções. Sob o ponto de vista agrônomo, solo é a cobertura superficial da crosta terrestre, constituída por material mineral e orgânico, com capacidade de armazenar água e ar e de fornecer suporte ao crescimento de plantas e de outros organismos do solo. Como meio de crescimento para as plantas, o solo tem quatro principais funções: a) dar suporte ao crescimento das raízes; b) armazenar água e suprir as plantas desse elemento; c) armazenar ar para as raízes das plantas; e d) fornecer nutrientes para as plantas.

O solo, como entidade natural, possui características herdadas e adquiridas, cujas relações quantitativas variam com o tempo. Sendo o solo um sistema dinâmico, sua formação e suas propriedades dependem de outros fatores além do tempo, quais sejam: material de origem, relevo, clima e organismos. A ação modificadora do homem (efeito

antrópico) está incluída no fator organismos e reflete-se no relevo (erosão e práticas de conservação) e no clima (irrigação e drenagem), além da modificação no próprio fator organismos, pela retirada da vegetação primária.

O Estado do Rio de Janeiro possui diversos ambientes de formação de solos, evidenciados pela existência de regiões geomorfologicamente distintas, tais como: a) Região Serrana, que abrange a Serra do Mar, a Serra dos Órgãos e o complexo Paraíba do Sul; b) planaltos e vales interiores; c) planícies costeiras ou litorâneas, tendo como exemplos a Baixada Fluminense e a Região dos Lagos; d) tabuleiros costeiros, na Região Norte Fluminense; e) delta do Rio Paraíba, na Baixada dos Goytacazes, e as várzeas de outros rios; f) restingas e dunas litorâneas, como a Restinga da Marambaia, na Região dos Lagos. Essa heterogeneidade de ambientes conduz a uma diversidade geográfica de classes de solos no Estado do Rio de Janeiro (CARVALHO FILHO et al., 2000; CENTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1958; EMBRAPA, 1980a, 1980b; INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ALCOOL, 1985; PROJETO RADAMBRASIL, 1983).

Os solos apresentam grande variabilidade de características e propriedades em virtude de seu ambiente de formação e das modificações antrópicas. Para agrupar os diversos tipos de solo, são usados sistemas de classificação ou sistemas taxonômicos, permitindo, assim, reunir solos com similaridades de atributos em uma mesma classe e, dessa forma, favorecendo a interpretação desses solos para diversos fins, incluindo a potencialidade agrícola e riscos de degradação. No Brasil, é adotado o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS), desenvolvido pela Embrapa Solos, com a colaboração de várias instituições de ensino e pesquisa do País.

As definições e os conceitos das principais classes de solos no Estado do Rio de Janeiro, apresentados no texto, têm como base as referências Embrapa (2006) e IBGE (2005). Para a interpretação da potencialidade agrícola e a identificação das limitações de uso dos solos, são adotados conceitos do sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (RAMALHO FILHO, BEEK, 1995).

As classes de solos apresentadas a seguir estão em ordem de importância ou de expressão geográfica no Estado do Rio de Janeiro. No Anexo 1, encontram-se fotos de perfis característicos das principais classes.

## 2.1 Latossolos

Compreendem solos com horizonte B latossólico, em sequência a qualquer tipo de horizonte A, com incremento do teor de argila de A para B nulo ou pouco acentuado. Esse horizonte apresenta evolução muito avançada, com atuação expressiva de processo de latolização, resultando em intemperização intensa dos constituintes minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes (argilominerais 1:1, caulinita) e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Em virtude da mineralogia de argila dominante, apresentam baixa capacidade de troca de cátions (CTC), ou seja, argila de atividade baixa (Tb), com valores de CTC da fração argila inferiores a  $17 \text{ cmolc kg}^{-1}$  de argila, no horizonte B. Essa classe inclui os solos antes classificados como Latossolos, à exceção de alguns Latossolos plínticos.

Os níveis de soma de bases (valor  $S = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}$ ) e de saturação por bases (valor  $V$ ) são geralmente reduzidos, sendo menores que  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  TFSA para o valor  $S$  e inferiores a 50% para valor  $V$ , evidenciando o caráter distrófico ( $V\%$  menor que 50) para a maioria dos Latossolos no Estado do Rio de Janeiro. Os teores de fósforo assimilável são também reduzidos e ocorrem, com frequência, níveis tóxicos de alumínio. Exceções para áreas com uso agrícola intenso, onde, na camada superficial do solo, são encontradas melhores condições de fertilidade.

Os Latossolos (L) em condições naturais são profundos (mais de 2,00 m de espessura dos horizontes A + B), com porosidade alta (maior que 50% do volume total), sendo bem drenados e, por isso, menos suscetíveis à erosão do que outras classes. No entanto, também ocorrem em situações de relevo ondulado e mesmo forte-ondulado, onde suas características físicas favoráveis podem ser negativamente alteradas pelo desmatamento da vegetação nativa e pelo manejo agrícola inadequado, tornando essencial a adoção de práticas de controle à erosão ou de manejo com sistemas de menor intensidade de mecanização e com maior cobertura do solo, como em lavouras perenes e sistemas agroflorestais. Em áreas de relevo plano ou suave-ondulado, a elevada porosidade dos Latossolos e a baixa CTC provocam a perda de nutrientes no perfil por lixiviação, justificando a adoção de

manejo mais elaborado de adubação nesses solos. Pelo mesmo motivo, a adoção de práticas agrícolas que aumentem o nível de matéria orgânica do solo é essencial, aumentando a capacidade de troca de cátions e de retenção de água.

A ordem Latossolos é subdividida em quatro subordens: Latossolos Brunos, Amarelos, Vermelhos e Vermelho-Amarelos. Os Latossolos Brunos têm sido identificados, até a presente data, nos planaltos do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina, do Paraná e na região de Poços de Caldas, em Minas Gerais, situados em ambiente de maior altitude e condições de clima frio. Os demais ocorrem no Estado do Rio de Janeiro e serão analisados a seguir.

### **2.1.1 Latossolos Amarelos**

Compreendem solos em geral distróficos, com domínio de argila do tipo 1:1 (caulinita) em relação aos óxidos de ferro e/ou alumínio. Caracterizam-se pela coloração amarela (matiz 7,5YR ou mais amarelo) do horizonte B e, em alguns grupos, a existência de um aspecto “coeso” (intenso endurecimento do solo quando seco), sobretudo na transição entre os horizontes A e B (de 20 cm a 40 cm de profundidade). Nesses horizontes coesos, há redução da porosidade total e aumento da densidade do solo (Ds), o que acarreta impedimento ao desenvolvimento das raízes e à livre drenagem da água, restringindo o volume de solo a ser explorado pela cultura, além de dificultar a incorporação de corretivos e fertilizantes em maior profundidade.

Os Latossolos Amarelos (LA) têm grande expressão nos municípios de São João da Barra, Macaé e Campos dos Goytacazes, na Região Norte Fluminense, em ambiente de tabuleiros costeiros, e na Bacia de Resende, estando frequentemente associados aos Argissolos Amarelos. Ocorrem principalmente em relevo suave-ondulado a plano, nas partes mais altas dos tabuleiros, sendo cultivados com cana-de-açúcar e algumas frutíferas, e com pastagens de braquiária. Ocorrem em outras regiões no Estado do Rio de Janeiro, na paisagem de Mar de Morros, em relevo que varia de suave-ondulado a ondulado.

Resultados de Nascimento (2001) mostram que, na Região Norte Fluminense, em ambiente de tabuleiros costeiros, os Latossolos Amarelos, em geral, apresentam reduzidos teores de matéria orgânica

e são distróficos, com menor expressão de solos com caráter alumínico (elevada toxidez por Al, alumínio extraível  $\geq 4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de solo), como ocorre nos ambientes da região Amazônica.

Portanto, no Estado do Rio de Janeiro, os Latossolos Amarelos apresentam como principais limitações ao uso agrícola a baixa fertilidade natural e a dificuldade de aprofundamento do sistema radicular, nos horizontes coesos. Essa limitação tende a ser acentuada quando são usadas tecnologias de cultivo da cana-de-açúcar com mecanização intensa e quando se queima a palhada da cana antes da colheita, como mostrado em estudos de Ceddia et al. (1999) e Mendonza et al. (2000) em solos de tabuleiros.

## **2.1.2 Latossolos Vermelhos**

Caracterizam-se pela coloração vermelha (matiz 2,5YR ou mais vermelho) do horizonte B e são formados a partir de rochas de caráter básico ou intermediário, ou de outras, com maiores teores de minerais primários ricos em Fe e Mg (basaltos, diabásios, anfíbolitos, migmatitos), podendo também ser formados de sedimentos originados dessas rochas. Ocorrem solos eutróficos e distróficos (V% maior, ou igual, ou inferior a 50, respectivamente).

Os Latossolos Vermelhos (LV) ocorrem na Região Noroeste Fluminense, em relevo ondulado a forte-ondulado, e até mesmo montanhoso. O relevo acidentado desfavorece seu uso com culturas anuais ou em lavouras onde são necessárias práticas intensas de preparo do solo. Seu potencial é maior para lavouras perenes, silvicultura e pastagens, exigindo manejo com práticas conservacionistas, incluindo a adoção de sistemas silvipastoris.

Apresentam, como principais limitações ao uso agrícola, a elevada suscetibilidade a erosão, sendo frequente a ocorrência de sulcos profundos e ravinamentos. A textura, argilosa ou muito argilosa, é outro impedimento ao cultivo, quando associada ao declive acentuado. Os maiores teores de óxidos de ferro nos Latossolos Vermelhos intensificam a baixa disponibilidade de fósforo no solo, já que parte do elemento adicionado por meio de fertilizantes é fortemente adsorvido ("fixado") pelos minerais da fração argila.

### 2.1.3 Latossolos Vermelho-Amarelos

Caracterizam-se pela coloração vermelho amarelada e amarelo avermelhada do horizonte B e são formados a partir de rochas de caráter ácido, predominando granitos e gnaisses, ou de sedimentos originados da intemperização dessas rochas. Em geral, são solos com altos teores de Al no complexo sortivo e de textura média a argilosa. Os solos distróficos, com valor V inferior a 50%, ocupam uma área expressiva no Estado do Rio de Janeiro, ao passo que os eutróficos (valor V igual ou superior a 50%) são de ocorrência menos comum.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) ocorrem em quase todas as regiões do Estado do Rio de Janeiro, em relevo que varia de ondulado a forte-ondulado, ou até mesmo montanhoso, na Região Serrana e nos planaltos interiores. Apesar do relevo movimentado, são bastante utilizados com pecuária extensiva, culturas de café, milho e cana-de-açúcar, olericultura e também silvicultura.

Apresentam, como principais limitações ao uso agrícola, a baixa fertilidade natural e a elevada suscetibilidade a erosão. O uso desses solos deve ser restrito à produção de culturas semiperenes ou perenes, com pouca mecanização do solo e com técnicas conservacionistas, ou, ainda, a silvicultura e sistemas agroflorestais. As áreas de ocorrências dos Latossolos Vermelho-Amarelos com maior declive devem ser reservadas para Áreas de Preservação Permanente (APPs).

## 2.2 Argissolos

Compreendem solos com horizonte B textural, isto é, que apresentam um incremento marcante de argila no horizonte B em relação ao horizonte A, e, na maioria das classes, atividade de argila baixa (CTC menor que  $27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila, no horizonte B). Os perfis são profundos (de 1,50 m a 2,50 m), bem a moderadamente drenados e, por causa da diferença entre a textura e a permeabilidade à água do horizonte A para o B, são mais suscetíveis à erosão que os Latossolos, quando ambas as classes ocorrem na mesma paisagem.

Estão incluídos nos Argissolos (P): solos que foram classificados anteriormente como Podzólico Vermelho-Amarelo argila de atividade

baixa; Terra Roxa Estruturada Similar e Terra Bruna, quando apresentam gradiente textural; Podzólico Bruno-Acinzentado; Podzólico Vermelho-Escuro; Podzólico Amarelo; e Podzólico Acinzentado.

A fertilidade natural é variável. Os Argissolos podem ser distróficos, eutróficos ou, em alguns casos, podem apresentar saturação por alumínio elevada (igual ou superior a 50%) e com argila de alta atividade (CTC igual ou superior a 27  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de argila, no horizonte B). Porém, em geral, têm baixos valores de soma de bases e de Valor V%, com níveis reduzidos de fósforo e potássio.

Os Argissolos podem ocorrer em posições da paisagem que favorecem a remoção superficial de argilas em intensidade maior do que nos Latossolos, sendo esse um dos mecanismos que contribuem para a formação do gradiente textural. São encontrados em relevo que varia de suave-ondulado a forte-ondulado. Distribuem-se por praticamente todo o Estado do Rio de Janeiro, com grande diversidade de culturas, incluindo pastagens e silvicultura. Em todas as formas de exploração, ressalta-se a elevada suscetibilidade à erosão desses solos, evidenciada em várias regiões do estado, pela presença de sulcos e voçorocas no terreno.

A Ordem dos Argissolos é subdividida em cinco subordens: Argissolos Bruno-Acinzentados, Acinzentados, Amarelos, Vermelhos e Vermelho-Amarelos. Entre elas os Argissolos Bruno-Acinzentados (PBAC) têm sido identificados, até a presente data, em clima subtropical, nos planaltos do Rio Grande do Sul, do Paraná, de Santa Catarina e na região gaúcha dos Pampas. Os demais ocorrem no estado e serão analisados a seguir.

### **2.2.1 Argissolos Acinzentados**

Compreendem solos com cores acinzentadas (com matiz 7,5YR ou mais amarelo, valor maior ou igual a 5 e cromas menores que 4) na maior parte do horizonte B. Estão associados a condições de drenagem imperfeita do perfil ou, em menor proporção, são moderadamente drenados. Situam-se na parte inferior das encostas (pé da encosta), em zonas de transição para a várzea de relevo plano.

Os Argissolos Acinzentados (PAC) ocorrem em várias regiões do Estado do Rio de Janeiro, porém apresentam pequena expressão geográfica, estando associados a outras classes de solos, como os Planossolos, os Gleissolos e alguns Argissolos Amarelos ou os Cambissolos.

A principal limitação ao uso desses solos está na restrição ao desenvolvimento das raízes por conta das condições de aeração limitada, em especial no período chuvoso, o que afeta principalmente lavouras perenes e a maior parte das espécies frutíferas. Entretanto, pelo relevo, em geral plano, podem ser utilizados com olericultura ou lavouras anuais.

## **2.2.2 Argissolos Amarelos**

Compreendem solos com cores amarelas (com matiz 7,5YR ou mais amarelo) na maior parte do horizonte B. Apresentam características físicas, químicas e mineralógicas semelhantes às dos Latossolos Amarelos, estando frequentemente associados na paisagem. Diferencia-se do LA pela presença do horizonte B textural, o que acentua a suscetibilidade à erosão dos Argissolos Amarelos, mesmo quando em relevo suave-ondulado (ANJOS, 1985). Podem também apresentar o horizonte coeso, como se dá com os Latossolos Amarelos.

Os Argissolos Amarelos (PA) ocorrem no ambiente de tabuleiros costeiros, em cotas em geral inferiores às do Latossolos Amarelos, em relevo suave-ondulado com rampas longas. Também são originados de sedimentos do Grupo Barreiras (Terciário) (ANJOS, 1985). A maior expressão geográfica dá-se na região Norte-Fluminense, no limite com o Espírito Santo, nos municípios de São João da Barra, Campos dos Goytacazes e Macaé, onde é cultivado com cana-de-açúcar (principalmente), abacaxi, maracujá e outras frutíferas, lavouras anuais e pasto. Ocorre em outras regiões no Estado do Rio de Janeiro, na paisagem de Mar de Morros, associado aos Argissolos Vermelho-Amarelos, e na Bacia de Resende, relacionado a sedimentos do Terciário que margeiam o rio Paraíba do Sul.

Apresentam as mesmas limitações ao uso agrícola observadas para os Latossolos Amarelos, com maior intensidade da erosão (pela presença do gradiente textural), menor fertilidade natural e maior deficiência de água, por conta da textura mais arenosa no horizonte superficial.

### **2.2.3 Argissolos Vermelhos**

Caracterizam-se pela coloração vermelha (matiz 2,5YR ou mais vermelho) do horizonte B e são formados de rochas de caráter básico ou intermediário ou outras com maior teor de minerais primários ricos em Fe e Mg (basaltos, diabásios, anfíbolitos, migmatitos). Também podem ser formados dos sedimentos resultantes do intemperismo dessas rochas.

No Estado do Rio de Janeiro, ocorrem Argissolos Vermelhos (PV) eutróficos (valor V igual ou superior a 50%) e distróficos. Apresentam menor profundidade do solo que os Latossolos Vermelhos e predominam em relevo forte-ondulado, nas bordas das superfícies mais altas; portanto, com grau acentuado de suscetibilidade à erosão, que é a principal limitação ao uso desses solos, além apresentar impedimentos à mecanização. Como nos Latossolos Vermelhos, a baixa disponibilidade de fósforo é influenciada pelo maior teor de óxidos de ferro na fração argila.

Como principal uso desses solos tem-se as pastagens, podendo ser também ser observados os cultivos de hortaliças e algumas frutíferas, em pequenas áreas de menor declive, em regiões de maior altitude. Os Argissolos Vermelhos ocorrem principalmente na Região Noroeste Fluminense e sob vegetação de floresta tropical subcaducifólia.

### **2.2.4 Argissolos Vermelho-Amarelos**

Caracterizam-se pelas cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas na maior parte do horizonte B e são formados a partir de rochas de caráter ácido, predominando granitos e gnaisses, ou sedimentos destas rochas. A classe agrupa solos distróficos, com altos teores de Al ou, em menor proporção, eutróficos, sendo comuns os baixos teores de fósforo e potássio.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) ocorrem em todas as regiões do Estado do Rio de Janeiro, predominando em relevo ondulado e forte-ondulado, no ambiente de Mar de Morros e nas áreas de cobertura original de floresta da Mata Atlântica. Estão associados aos Latossolos Vermelho-Amarelos e ambos foram intensamente utilizados nos ciclos de café e cana-de açúcar da agricultura do Estado do Rio de

Janeiro, estando hoje, principalmente, com cobertura de pastagens de braquiária e em algum grau de degradação. É frequente a ocorrência de voçorocas profundas nesses solos, em especial em áreas de nascentes e cabeceiras de drenagem onde a floresta original foi removida.

A principal limitação ao uso agrícola desses solos é o risco de erosão, mesmo para culturas perenes, sendo essencial a adoção de técnicas conservacionistas. O impedimento à mecanização, pelo elevado declive, e a baixa fertilidade natural tornam esses solos de aptidão restrita para lavouras anuais. Podem ser usados para a silvicultura e sistemas agroflorestais. Nas áreas de maior declive e cotas elevadas, esses solos devem ser reservados para Áreas de Preservação Permanente (APPs).

## **2.3 Cambissolos**

Compreendem solos pouco desenvolvidos e não hidromórficos com horizonte B incipiente subjacente ao horizonte A, com pedogênese pouco avançada, ou seja, em que há pequena transformação do material de origem do solo, sendo esse baixo grau de evolução caracterizado pela presença na fração areia de minerais primários facilmente intemperizáveis (micas e feldspatos) ou fragmentos de rocha não alterada no horizonte B, ou pela semelhança de propriedades físicas, químicas e mineralógicas com o material de origem, ou ainda pela falta de expressão de um processo pedogenético. Portanto, os Cambissolos (C) apresentam níveis de fertilidade natural, classes de textura e de potencialidades e limitações ao uso agrícola variáveis, decorrentes das distintas localizações em que ocorrem na paisagem.

Essa classe compreende os solos anteriormente classificados como Cambissolos, inclusive os desenvolvidos em sedimentos aluviais.

A Ordem Cambissolos é subdividida em três subordens: Cambissolos Húmicos, Flúvicos e Háplicos, que são analisados a seguir.

### **2.3.1 Cambissolos Húmicos**

São solos com A húmico ou horizonte hístico associado a condições de clima frio e elevada altitude, ou em ambiente de baixada

com lençol freático elevado, que favoreçam a preservação de maiores teores de matéria orgânica na camada superficial do solo. No primeiro caso, ocorrem em áreas de relevo forte-ondulado a montanhoso, nas regiões serranas do Estado do Rio de Janeiro, associados, nas escarpas, aos Neossolos Litólicos e a afloramentos de rocha. Como exemplo, citam-se os Cambissolos Húmicos em Nova Friburgo e no Parque Nacional de Itatiaia, estes últimos com vegetação de campo altimontano. No segundo, estão associados aos Gleissolos e Organossolos nas baixadas e nas várzeas úmidas. Em ambos os ambientes, podem estar em áreas destinadas à preservação permanente.

No primeiro grupo, as principais limitações referem-se ao risco de erosão e os impedimentos à mecanização, decorrentes da topografia e da presença de pedregosidade e rochosidade. Também é frequente, neste grupo de Cambissolos, o alto teor de alumínio. Nos Cambissolos Húmicos em ambiente de baixada, um impedimento eventual por deficiência de aeração limita lavouras perenes, mas podem ser cultivados com lavouras anuais ou tolerantes a encharcamento e olericultura, com grande potencial para a agricultura familiar.

### **2.3.2 Cambissolos Flúvicos**

São solos com caráter flúvico dentro de 120 cm da superfície do solo, ou seja, solos formados sob forte influência de sedimentos de natureza aluvionar, que apresentam distribuição irregular (errática) de carbono orgânico (Corg.) em profundidade e/ou em camadas estratificadas, em geral com textura variável, no perfil do solo.

Nos Cambissolos Flúvicos (CY) situados nos vales interiores, nas baixadas e nas planícies fluviais, e também no baixo curso do Rio Paraíba do Sul, em geral, há maior fertilidade natural. Nessas condições, os solos têm elevado potencial para a agricultura familiar, com culturas anuais ou olericultura, desde que não ocorram restrições devidas à salinidade (planícies costeiras) ou um forte impedimento de drenagem. Na região de Campos dos Goytacazes, os sedimentos quaternários fluviais são mais espessos, e predominam solos argilosos e com teores elevados de silte, eutróficos e com maior atividade da argila, o que ocasiona fendilhamentos no período seco e maior dificuldade de mecanização, embora o relevo seja plano. Esses solos são largamente

cultivados com cana-de-açúcar, com rendimentos superiores aos encontrados nos tabuleiros.

### **2.3.3 Cambissolos Háplicos**

Em geral, esses solos estão associados aos Argissolos e aos Latossolos Vermelho-Amarelos, diferenciando-se dos Argissolos pela ausência de gradiente textural, e dos Latossolos pela menor espessura do horizonte B incipiente e pela presença de micas e feldspatos ou fragmentos de rocha alterada no perfil. São encontrados em relevo montanhoso e forte-ondulado, sob floresta perenifólia ou subperenifólia. Também ocorrem associados aos Neossolos Litólicos e a afloramentos de rocha, em relevo montanhoso e nas escarpas serranas.

Como a classe dos Cambissolos Háplicos (CX) inclui perfis de solos bastante diferenciados, em virtude da heterogeneidade do material de origem, tais solos são também variáveis quanto às limitações e ao potencial de uso agrícola. De modo geral, suas limitações estão condicionadas pelo relevo, como alta suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização. Podem ser utilizados para a silvicultura, quando os perfis têm maior profundidade do solum (A+B), sistemas silvipastoris e, em determinados sítios geográficos, frutíferas de maior valor comercial. Pastagens extensivas não são recomendadas nesses solos, e muitas áreas do estado estão em unidades de conservação ou APPs.

## **2.4 Nitossolos**

Compreendem solos de textura argilosa ( $350 \text{ g kg}^{-1}$  ou mais de argila, inclusive no horizonte A), sem incremento distinto de argila do horizonte A para o B e com horizonte B nítico. Esse horizonte é caracterizado por relação textural B/A inferior a 1,5 e, na maioria das classes, possui atividade de argila baixa, tendo a estrutura e a cerosidade como principais características diagnósticas. Os perfis são profundos (em geral, mais de 2,00 m), têm pequena diferenciação entre os horizontes, são bem drenados e com boa agregação.

Os Nitossolos (N) abrangem solos antes classificados como: Terra Roxa Estruturada, Terra Bruna Estruturada, e parte dos Podzólicos Vermelho-Escuros e Vermelho-Amarelos.

Os Nitossolos identificados no Estado do Rio de Janeiro possuem geralmente estrutura prismática moderada ou forte, composta de blocos angulares e subangulares, com superfície dos agregados revestida por finas camadas de argila de origem iluvial, característica descrita no campo como cerosidade, que ocorre em quantidade no mínimo comum e com grau de nitidez forte ou moderado (SANTOS et al., 2005).

Os Nitossolos podem ser eutróficos ou distróficos. Em geral, no Estado do Rio de Janeiro, possuem menor toxidez por alumínio do que os Latossolos e os Argissolos Vermelho-Amarelos. Alguns solos apresentam teores de cálcio e magnésio elevados e níveis médios de potássio, porém o fósforo é deficiente, e sua disponibilidade é afetada pelo maior teor de óxidos de ferro em alguns Nitossolos.

A ocorrência da classe no Rio de Janeiro é bastante restrita, sendo identificados em pequenas manchas nos municípios de Cordeiro, Italva, Cantagalo, Vassouras e Pinheiral. O relevo predominante é o ondulado a forte-ondulado. Foram bastante utilizados para a lavoura cafeeira, mas, atualmente, encontram-se predominantemente sob pastagens; embora, em algumas regiões, como a Região Noroeste do estado, estejam sendo cultivados com eucalipto. Ressalta-se sua elevada suscetibilidade à erosão, evidenciada pela presença de sulcos e voçorocas no terreno. Apresentam potencial para a fruticultura e a silvicultura, graças ao relevo, mas exigem práticas intensivas de conservação do solo. Devem ser cultivados com baixa intensidade de mecanização, já que o teor elevado de argila torna os solos mais pesados e mais suscetíveis à compactação.

A ordem Nitossolos é subdivida em três subordens: Nitossolos Brunos, Vermelhos e Háplicos. No estado, foram identificados os Nitossolos Vermelhos, associados aos Argissolos Vermelhos e a outros solos desenvolvidos em áreas de calcário na Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

## 2.5 Gleissolos

Compreendem solos pouco profundos, constituídos por material mineral com horizonte glei (horizonte de cores cinzentas com ou sem mosqueado ou variegado de cores mais vivas), imediatamente abaixo

de horizonte A ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. A base para sua classificação é o predomínio de condições hidromórficas, que se refletem na forte gleização, resultante de processos de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica, em regime de excesso de umidade permanente ou periódico.

Correspondem aos solos antes classificados como Glei Pouco Húmico, Glei Húmico e Glei Tiomórfico, e parte dos Hidromórficos Cinzentos e o Solonchak com horizonte glei.

Os solos são rasos, mal drenados ou muito mal drenados, e têm estrutura do horizonte Bg ou Cg fracamente desenvolvida ou maciça ou, em áreas drenadas artificialmente, prismas grandes, compostos ou não por blocos, com rachaduras e fendilhamentos no período seco.

Na paisagem, os Gleissolos (G) são frequentemente associados aos Neossolos Flúvicos, aos Organossolos e a alguns Cambissolos Flúvicos, e representam, em conjunto, o grupamento de solos de várzea e, em alguns casos, o complexo de solos hidromórficos. Os Gleissolos, como os demais solos de várzea, são relativamente jovens, pouco desenvolvidos, e originados de sedimentos do quaternário de origem fluvial, ou marinha, ou mista, apresentando grande variabilidade espacial e de características físicas, químicas e mineralógicas. Podem ser distróficos, eutróficos, com atividade de argila alta ou baixa e de classes de textura variáveis.

Os Gleissolos ocorrem em relevo plano, em vales interiores, baixadas e planícies fluviais e marinhas, no Estado do Rio de Janeiro. Podem ocorrer em ambientes de maior altitude, em condições de drenagem impedida pela presença de rocha sã em áreas abaciadas, em locais de formação de nascentes (áreas de surgência).

A Ordem Gleissolos é subdividida em quatro subordens: Gleissolos Tiomórficos, Sállicos, Melânicos e Háplicos, que são analisados a seguir.

### **2.5.1 Gleissolos Tiomórficos**

São solos com horizonte sulfúrico e/ou materiais sulfídricos dentro de 1,0 m da superfície, com material de solo mineral ou orgânico rico em sulfetos, evidenciado por altos teores de compostos de enxofre solúveis e/ou do mineral jarosita (de cor amarela). Quando esses solos

são drenados artificialmente, o valor de pH (1:2,5; solo:água) é de 3,5 ou menor, evidenciando a presença do horizonte sulfúrico. Tal horizonte apresenta condições de acidez altamente tóxicas para a maioria das plantas.

Os Gleissolos Tiomórficos ocorrem no Estado do Rio de Janeiro, nas planícies costeiras, principalmente em ambiente de mangue, onde devem se constituir em APPs. A presença do caráter tiomórfico é evidenciada no solo molhado, pelo odor de gás sulfídrico que exalam, ou em torrões secos, pela presença de veios amarelados, que indicam a presença da jarosita. Além das limitações ao uso agrícola, relacionadas à presença de enxofre e do horizonte sulfúrico, estão frequentemente associados à presença de altos teores de sais, sendo inaptos à produção agrícola.

Em algumas áreas dos municípios de Campos dos Goytacazes, Magé, Itaguaí e na Zona Oeste do Rio de Janeiro, os Gleissolos Tiomórficos são cultivados, respectivamente com cana-de-açúcar e pastagens, olericultura, lavouras de mandioca e coco, e plantas ornamentais. Entretanto, esses usos devem ser feitos apenas quando o horizonte sulfúrico ou os materiais sulfídricos estão a grande profundidade, ou quando a drenagem não é intensa, mantendo o nível do lençol freático em pelo menos 50 cm da superfície. Mesmo assim, os Gleissolos Tiomórficos são solos de uso agrícola restrito e oferecem maior risco de produção e maior potencial de degradação.

As áreas de maior possibilidade de ocorrência dos Gleissolos Tiomórficos são: a) margens da Lagoa Feia e em parte do canal Macaé-Campos; b) planícies de inundação dos rios Pedro, em Macaé, e São João e Una, em São Pedro da Aldeia; c) margens da Lagoa de Saquarema; e d) orla marítima da Baía da Guanabara, municípios de Duque de Caxias e Magé, e da Baía de Sepetiba, municípios do Rio de Janeiro e de Itaguaí. Nessas áreas, a drenagem para fins agrícolas não deve ser realizada sem a caracterização dos teores de enxofre, da profundidade do horizonte tiomórfico e do nível de salinidade.

### **2.5.2 Gleissolos Sálícos**

Solos com caráter sálico (condutividade elétrica  $\geq 7$  dS/m, a 25 °C) em um ou mais horizontes, dentro de 1,0 m da superfície, ou

seja, com material de solo rico em sais solúveis. Constituem parte dos solos ditos salinos e apresentam limitações por salinidade muito forte para espécies não tolerantes. Quando esses solos são drenados artificialmente, a salinidade é intensificada e podem se tornar completamente incapazes de permitir o crescimento de qualquer planta, o que conduz à degradação desses solos, por vezes expressa na forma de crostas de sal na superfície.

Ocorrem nas planícies costeiras, onde há influência marinha atual no lençol freático. Com frequência estão sob vegetação de campo halófilo de várzea, ocorrendo espécies características como a *Salicornia* sp., e estão associados a Gleissolos Tiomórficos. A aptidão natural dos Gleissolos Sálcos (GZ) é para a preservação da fauna e da flora, não devendo ser utilizados para a agricultura ou a pecuária em virtude das fortes limitações, pelo excesso de água e sais. Devem ser reservados para APPs.

### 2.5.3 Gleissolos Melânicos

São solos com horizonte H hístico com menos de 40 cm de espessura, ou horizonte A húmico, A proeminente, ou, mais raramente, A chernozêmico. São Gleissolos com horizonte superficial (H ou A) com maior teor de matéria orgânica e mais espesso. Em geral, esses solos são distróficos (exceto o A chernozêmico) e apresentam acidez expressa por altos níveis de  $H^+$  no horizonte superficial. Possuem limitações por ter elevada acidez; exigem manejo cuidadoso da calagem, uma vez que o poder tampão do solo é elevado, e altas doses de calcário podem acelerar a decomposição da matéria orgânica, principal responsável pela fertilidade natural destes solos. O mesmo é sugerido para a drenagem, que é praticada para um uso mais intenso com lavouras anuais.

Os Gleissolos Melânicos (GM) ocorrem em várzeas úmidas no interior, em alguns vales na Região Serrana, ou em planícies extensas, como a Baixada Fluminense, a Baixada Campista e várzeas extensas em Macaé; associados aos Organossolos e Neossolos Flúvicos. Esses solos são cultivados principalmente com lavouras anuais, com olerícolas, espécies ornamentais, cana-de-açúcar (com drenagem artificial) e pastagens. Possuem elevado potencial para a agricultura familiar e permitem seu uso durante boa parte do ano, desde que drenados, uma

vez que apresentam, em condições naturais, forte restrição por deficiência de aeração. Alguns Gleissolos Melânicos estão em APPs e são extremamente importantes para a preservação de aquíferos e habitats associados a várzeas úmidas, lagos e margens de rios.

### **2.5.4 Gleissolos Háplicos**

São solos cujas características não os enquadram nas classes anteriores de Gleissolos, isto é, não apresentam tiomorfismo ou salinidade, nem teores elevados de matéria orgânica no horizonte superficial. Em geral, são distróficos e possuem horizonte A moderado sobre o horizonte glei (B ou C). Possuem limitações por fertilidade maiores que os Gleissolos Melânicos e, quando drenados, respondem bem à calagem e à adubação. Apresentam limitações para a mecanização, em especial quando são de textura mais argilosa e/ou de atividade de argila alta, ou, ainda, quando não foram drenados.

Os Gleissolos Háplicos (GX) ocorrem em vários ambientes de várzeas no Estado do Rio de Janeiro, e são intensamente utilizados com lavouras anuais, olericultura, fruticultura, mandioca, pastagens e mesmo para desenvolvimento urbano. Estão associados aos Cambissolos Flúvicos e Neossolos Flúvicos.

## **2.6 Neossolos**

Compreendem um grupo de solos pouco evoluídos, sem horizonte B diagnóstico definido, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos, seja por características inerentes ao material originário que limitaram a pedogênese desses solos. A base para sua classificação é a pequena diferenciação de horizontes, apenas com horizonte A seguido de C ou R, ou de um pequeno Bi, onde ainda há predomínio de características herdadas do material originário no solo. Como em outros solos pouco desenvolvidos, há grande variação de características e ambientes de formação; portanto, apresentam distintos potenciais e limitações ao uso agrícola.

Nesta classe, incluem-se os solos antes classificados como Litosolos e Solos Litólicos, Solos Aluviais, Regossolos e Areias Quartzosas (Distróficas, Marinhas e Hidromórficas).

A ordem dos Neossolos (R) é subdividida em quatro subordens: a dos Neossolos Litólicos, Flúvicos, Regolíticos e Quartzarênicos, que se diferenciam principalmente conforme a natureza do material originário e da paisagem onde ocorrem, cujas características são apresentadas a seguir.

### **2.6.1 Neossolos Litólicos**

São solos com horizonte A ou horizonte hístico, sobreposto diretamente a rocha ou horizonte C ou Cr, ou ainda sobre material com 90% (por volume), ou mais, de sua massa constituída por fragmentos de rocha, e que ocorrem dentro de 50 cm da superfície do solo. Admite um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico para definir outras classes. São, portanto, solos rasos, com rochosidade e pedregosidade acentuadas (SANTOS et al., 2005) e com pequena espessura para o desenvolvimento do sistema radicular e de suporte físico para as plantas de maior porte.

Os Neossolos Litólicos (RL) ocorrem nas regiões serranas do Estado do Rio de Janeiro, nas escarpas da Serra do Mar, associados a afloramentos de rocha e a alguns Cambissolos rasos, sob vegetação de Mata Atlântica. Tais solos apresentam limitações de ordem física a um intenso uso agrícola, além de comumente estarem situados em áreas de preservação permanente (APPs). Para pequenos produtores, é possível sua exploração com a olericultura ou com plantas medicinais, como na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro; recomenda-se, porém, o uso de sistemas orgânicos, uma vez que a limitada profundidade do solo representa um obstáculo para que o solo exerça seu papel de filtro de produtos usados para o controle de pragas e doenças, ou mesmo de fertilizantes, representando, assim, risco de poluição de áreas adjacentes.

### **2.6.2 Neossolos Flúvicos**

São solos com sequência de horizontes AC, derivados de sedimentos aluviais recentes e que apresentam caráter flúvico, definido na classe dos Cambissolos Flúvicos (item 2.3.2), ao qual está associado na paisagem. Ocorrem em margens de rios, diques atuais ou anteriores

e em deltas de rios. São imperfeita ou moderadamente drenados, podendo ocorrer horizonte glei em maior profundidade, o que indica sazonalidade dos riscos de inundação das áreas onde ocorrem.

As áreas mais expressivas desses solos são ao longo do Rio Paraíba do Sul, em especial a Baixada Campista, onde, às vezes, apresentam teores mais elevados de sais, e as baixadas Fluminense e Litorânea, originalmente com floresta subperenifólia ou perenifólia de várzea, associados a Cambissolos Flúvicos e a Gleissolos.

A fertilidade natural dos Neossolos Flúvicos (RY) é variável, porém, por se localizarem em áreas de relevo plano e com menor deficiência de aeração que os Gleissolos, bem como pela sua proximidade de cursos de água, esses solos têm elevado potencial para a agricultura familiar, com olericultura, lavouras anuais, mandioca, feijão e fruticultura (espécies de sistema radicular superficial ou tolerantes ao encharcamento eventual), além de cana-de-açúcar e pastagens, entre outras. A mesma situação geográfica implica, porém, conflitos ambientais, pois grande parte dos Neossolos Flúvicos está em APPs na margem dos rios, exigindo, assim, a proteção da vegetação ripária.

### **2.6.3 Neossolos Regolíticos**

São solos com contato com a rocha (lítico) a uma profundidade maior que 50 cm, e com horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr. Esses solos apresentam minerais primários facilmente intemperizáveis na fração areia total e/ou cascalho, ou fragmentos de rocha pouco alterada, ou saprolito nos horizontes A ou C, indicando pequena alteração do material de origem.

Ocorrem no sopé de encostas, em seções com menor declive, onde sedimentos coluviais (transportados pela ação da gravidade nas encostas) são depositados, acumulando o produto de alteração das rochas. Os Neossolos Regolíticos (RR) possuem textura grosseira, com a presença das frações calhaus e cascalhos, são moderadamente drenados, e podem apresentar pedregosidade na massa do solo ou em superfície, o que limita a mecanização do solo. Pela sua maior permeabilidade a água e por sua textura, apresentam maior deficiência de água que outros solos na mesma posição da paisagem. A fertilidade varia conforme o material de origem.

Os Neossolos Regolíticos ocorrem em áreas muito pequenas, ou seja, com menor expressão geográfica no Estado do Rio de Janeiro.

## **2.6.4 Neossolos Quartzarênicos**

São solos sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade e com sequência de horizontes A-C, porém apresentando textura areia ou areia franca em todos os horizontes, até, no mínimo, a profundidade de 1,5 m a partir da superfície do solo. A mineralogia da areia é essencialmente de quartzo, e os minerais primários facilmente intemperizáveis (micas, feldspatos e outros) estão praticamente ausentes no solo.

O material de origem é constituído por sedimentos eólicos arenosos, depositados em áreas de dunas e cordões arenosos costeiros ou restingas. Portanto, a maior expressão é na planície litorânea, com destaque para o município de Cabo Frio e outros municípios na Região dos Lagos, e a Restinga da Marambaia, no município do Rio de Janeiro, além da Baixada Campista e do delta do Rio Paraíba do Sul, e municípios da Região Norte Fluminense. Estão associados aos Espodossolos e ocorrem sob vegetação natural de campo de restinga e arbóreo-arbustiva.

Os Neossolos Quartzarênicos (RQ) apresentam limitações ao uso agrícola, como a reduzida fertilidade natural, decorrente do domínio da fração areia, e o alto potencial de lixiviação de nutrientes, quando as lavouras são adubadas. Têm baixa capacidade de retenção de água, resultante, também, da textura arenosa, embora não apresentem deficiência de aeração. Mesmo em relevo plano ou suave-ondulado, os solos são altamente suscetíveis à erosão eólica, apresentando falta de capacidade de suporte para operações com máquinas agrícolas, por conta de sua textura arenosa, que causa grande desgaste aos implementos. Apesar disso, são usados para a agricultura com manejo intenso de matéria orgânica, da adubação e, em alguns casos, da irrigação.

Quando não ocorrem em APPs, como nas restingas e nas dunas litorâneas, podem ser cultivados com algumas frutíferas adaptadas – como coco, caju e abacaxi –, desde que o sistema de produção permita o uso de irrigação localizada e o uso eficiente de insumos, que aumentem a capacidade de retenção de água e nutrientes do solo,

como, por exemplo, compostagem e adição de material orgânico. Não apresentam potencial para lavouras anuais ou espécies perenes não adaptadas, nem para pastagens plantadas, nem mesmo para a silvicultura. Em sistemas de agricultura de subsistência, são utilizados para a produção de mandioca, porém, com baixíssimo rendimento.

## 2.7 Organossolos

Compreendem solos pouco evoluídos, com características fortemente influenciadas pelo material de solo orgânico, o qual se origina do acúmulo de restos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (mal a muito mal drenados), ou em ambientes úmidos de altitudes elevadas, saturados por água durante poucos dias, no período chuvoso.

Nessa classe estão incluídos os Solos Orgânicos, os Semiorgânicos, os Solos Tiomórficos de constituição orgânica e parte dos Solos Litólicos com horizonte O hístico espesso.

No ambiente tropical e subtropical do território brasileiro, nos Organossolos (O) predominam horizontes hísticos com espessuras de até 1,2 m a partir da superfície do solo (VALLADARES, 2003). Em geral, apresentam baixos valores de densidade do solo, inversamente proporcional ao teor de carbono orgânico. São predominantemente ácidos, em especial os Organossolos com materiais sulfídricos, apresentam alta capacidade de troca catiônica, soma de bases variável e saturação por bases baixa. No Estado do Rio de Janeiro, Conceição (1989) e Mendonça (1999), estudando Organossolos na região de Itaguaí e no município de Santa Cruz, RJ, observaram o predomínio de solos ácidos e uma correlação positiva dos teores de alumínio trocável com o conteúdo de matéria orgânica, e que o manejo agrícola dos solos afetou a distribuição e a quantidade das frações húmicas da matéria orgânica do solo. São solos originalmente muito mal drenados, sob vegetação dominante de campo tropical hidrófilo de várzea, onde predominam espécies como taboa, junco e lírio-do-brejo.

Os Organossolos podem apresentar as cores preta, cinzenta muito escura e brunada no horizonte superficial, teor de carbono orgânico maior ou igual a 80 g kg<sup>-1</sup> de TFSA, horizonte hístico (H ou O) com espessura variável conforme o grau de transformação do material

orgânico, sobreposto, em geral, a horizontes ou camadas C, ou à própria rocha (em ambientes de altitude). Nos Organossolos formados em ambiente palustre – que são áreas abaciadas com acumulações orgânicas sobre sedimentos fluviais e lacustres, ou fluviomarinhas recentes, originalmente caracterizadas por condições de anaerobiose –, a drenagem para o uso agrícola acarreta intensas transformações do material orgânico, e, se excessiva, pode implicar o desaparecimento desse material. O processo inicia-se pela subsidência do solo, que se caracteriza pela redução de volume, com a retirada da água, e prossegue com a entrada de oxigênio, que promove a oxidação e a mineralização da matéria orgânica, além de favorecer a ação de microrganismos aeróbicos (PEREIRA et al., 2005). Dessa forma, os Organossolos são facilmente alterados e podem até mudar de classe conforme for a intensidade do manejo agrícola. Seu potencial de uso agrícola deve ser avaliado de forma diferente daquela utilizada para solos minerais. São solos com alta capacidade de retenção de água e de cátions (CTC), e a matéria orgânica confere um elevado poder tampão, que vai interferir no manejo da fertilidade do solo, em especial nas práticas de correção da acidez. Geralmente, não apresentam respostas proporcionais à aplicação de altas doses de calcário, e os métodos rotineiros não são eficientes para avaliar a acidez ou determinar a dose de calcário para o controle da acidez.

No Estado do Rio de Janeiro, os Organossolos apresentam maior expressão nos municípios de Macaé, Campos dos Goytacazes, Silva Jardim, Itaguaí e Rezende (em ambiente de altitude), e, no município do Rio de Janeiro, na região de Santa Cruz. Neste último, ocupam uma área de 43 km<sup>2</sup>, o que representa 3,41% dos solos, segundo levantamento semidetalhado dos solos do município realizado pela Embrapa (EMBRAPA, 1980b).

A ordem dos Organossolos é subdividida em três subordens: os Organossolos Tiomórficos, os Fólicos e os Háplicos, que são analisados a seguir.

### **2.7.1 Organossolos Tiomórficos**

São solos que apresentam horizonte sulfúrico e/ou materiais sulfídricos dentro de 1,0 m da superfície, ou seja, material de solo rico em sulfetos, com altos teores de compostos de enxofre solúveis e/ou

do mineral jarosita (de cor amarela). Quando drenados, na seção do solo com tiomorfismo o pH (1:2,5; solo/água), atinge o valor de 3,5 ou menor, evidenciando a presença do horizonte sulfúrico.

Os Organossolos Tiomórficos (OJ) estão associados aos Gleissolos Tiomórficos e Sálícos, nas planícies litorâneas e nos deltas dos rios São João e Paraíba, na Baixada Fluminense, e na borda da Baía de Sepetiba e da Baía da Guanabara (municípios do Rio de Janeiro e Magé), e possuem maior influência de sedimentos marinhos e de vegetação de mangue ou campos halófilos. Nas áreas de mangue, devem se constituir em APPs, uma vez que, além das restrições apresentadas pela legislação ambiental, têm sérias limitações ao uso agrícola por causa da presença de enxofre e do horizonte sulfúrico e dos altos teores de sais.

### **2.7.2 Organossolos Fólicos**

São solos que ficam saturados por água, no máximo por 30 dias consecutivos por ano, durante o período mais chuvoso, e que apresentam horizonte O hístico originado da acumulação de folhas, galhos finos, raízes, cascas de árvores e outros, em diferentes graus de decomposição, sobrejacente a contato lítico (R, rocha) ou ocupando os interstícios de material constituído de fragmentos de rocha (cascalhos, calhaus e matacões) ou ainda horizontes B ou C com pequena espessura. Em geral, esses solos localizam-se em ambientes úmidos de clima altimontano. Ocorrem em áreas de alta fragilidade ambiental e não devem ser utilizados para agricultura, pois têm destacada importância ecológica e, portanto, áreas de ocorrência desse solo devem constituir-se em APPs.

### **2.7.3 Organossolos Háplícos**

Correspondem aos demais tipos de Organossolos e são os mais utilizados e de maior potencial para a agricultura. Apesar da variação de características químicas, esses solos representam, no Estado do Rio de Janeiro, grande potencial para culturas como hortaliças, plantas ornamentais e algumas lavouras anuais, que se beneficiam do mercado consumidor próximo à área de produção, e de modelos de agricultura familiar.

O manejo agrícola dos Organossolos Háplicos (OX) requer inicialmente a drenagem, no que reside a principal dificuldade de seu uso e de sua conservação. A drenagem excessiva conduz a intensa subsidência, com rebaixamento do terreno, e a rápida transformação da matéria orgânica. A secagem intensa do solo origina características hidrofóbicas (dificuldade de molhamento do solo), com formação de torrões grandes e maciços, que dificultam operações agrícolas de preparo e cultivo do solo, além de aumentar a frequência de incêndios de ocorrência natural. Esses efeitos podem ser atenuados das seguintes formas: reduzindo a profundidade dos drenos, recorrendo à irrigação, por adição ou incorporação de matéria orgânica ao solo, ou, pelo menos, fazendo pousio em parte do ano.

Entre os atributos dos Organossolos que dificultam a interpretação e o manejo de sua fertilidade estão: a) reduzida resposta à aplicação de nutrientes, especialmente de nitrogênio; b) liberação rápida de nutrientes nos primeiros ciclos de produção agrícola; c) deficiência ou excesso de micronutrientes (como o ferro, manganês e cobre); d) ausência de critérios próprios de recomendação de calcário e de fertilizantes; e e) falta de métodos próprios de análise química. Quanto à calagem, o uso de altas quantidades de corretivo, recomendadas com base nos critérios para solos minerais, poderá aumentar a velocidade de decomposição da matéria orgânica e, portanto, conduzir os Organossolos à degradação. O uso da queimada como prática de limpeza, especialmente em pastagens, tem efeito devastador.

Em geral, para avaliar a aptidão agrícola dos Organossolos, devem ser observados os seguintes parâmetros: a) teor de carbono e quantidade de fibras no horizonte hístico que, em maior quantidade, indicam maior potencial de subsidência; b) espessura do horizonte hístico – quanto menor, maior o risco de degradação dos Organossolos; c) proporção entre material mineral e orgânico, conforme a natureza da matéria orgânica e a qualidade do material mineral, pode favorecer a subsidência; e d) qualidade dos horizontes ou camadas minerais subjacentes, classe de textura, tipo de argila, salinidade, tiomorfismo, uma vez que, com a perda do horizonte hístico, esse material será exposto na camada arável.

Até que se tenham obtido mais informações sobre sistemas de manejo adequados, não devem ser utilizados para a agricultura os Organossolos que apresentem as seguintes características: a) pequena

espessura do horizonte hístico sobre rocha ou material fragmentar, ou ainda material de textura arenosa; b) presença de tiomorfismo dentro de 0,60 m; e c) salinidade ou sodicidade nos horizontes ou camadas dentro de 1,00 m. O uso desses solos como fonte de energia e sua retirada para a produção de substrato (turfa) são atitudes condenáveis, já que, mesmo em áreas inaptas para a agricultura, eles são importantes para a preservação de aquíferos e de ecossistemas frágeis, além de serem importantes reservatórios de carbono no solo.

## 2.8 Planossolos

Compreendem solos imperfeitamente ou mal drenados, com marcante mudança textural entre o horizonte superficial (A) ou eluvial (E) e o horizonte B subjacente, de tal forma que o acúmulo de argila em B conduz à permeabilidade da água lenta ou muito lenta, resultando, periodicamente, em uma zona de acumulação de água (lençol freático suspenso) entre os horizontes. O horizonte B é identificado como plânico, e sua estrutura é prismática, ou colunar, ou em blocos grandes ou médios, e, às vezes, maciça. Apresentam cores acinzentadas ou escurecidas, podendo ou não ter cores neutras de redução, com ou sem mosqueados.

Esta classe inclui solos anteriormente classificados como Planossolos, Solonetz-Solodizado e parte dos Hidromórficos Cinzentos.

No Estado do Rio de Janeiro, em geral, formam-se a partir de sedimentos coluviais (de rochas gnáissicas ou graníticas), que podem estar cobertos por sedimentos alúvio-coluvionares de textura arenosa. Os Planossolos (S) ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave-ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem um regime sazonal de excesso de água, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada. Quando em áreas de baixadas e várzeas, sob clima úmido, esses solos estão associados aos Gleissolos e, às vezes, aos Neossolos Flúvicos, e podem também ter horizonte glei. O B plânico apresenta densidade do solo relativamente maior do que os demais horizontes, restringindo o desenvolvimento de raízes.

A Ordem dos Planossolos é subdividida em duas subordens: os Planossolos Nátricos (SN) e os Háplicos (SX). Ambos ocorrem em pequenas áreas do Estado do Rio de Janeiro.

### 2.8.1 Planossolos Nátricos e Háplicos

São solos com horizonte B, com estrutura geralmente do tipo colunar e caráter sódico ( $100 \text{ Na}^+/\text{T}$  igual ou superior a 15%), que ocorrem em ambientes com maior influência de sedimentos marinhos, nas planícies litorâneas da Região dos Lagos, em Cabo Frio e em São Pedro da Aldeia.

Os Planossolos Háplicos (SX) são geralmente hidromórficos, possuem fertilidade variável e podem ter argilas de alta ou baixa atividade. Na Baixada Fluminense, são frequentemente distróficos e com elevada acidez do horizonte B. Já na Região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, onde ocupam pequenas áreas aplainadas, podem ter caráter eutrófico. Os Planossolos também ocorrem nos municípios de Campos dos Goytacazes, Macaé, Seropédica, Itaguaí e Rio de Janeiro, entre outros.

O principal uso agrícola dos Planossolos, em especial os Planossolos Háplicos, são pastagens e algumas áreas com lavouras de subsistência. As principais limitações devem-se à deficiência de água no período seco, em virtude da textura arenosa dos horizontes superficiais, à deficiência de oxigênio no período chuvoso, por conta da lenta permeabilidade do solo, e à reduzida fertilidade. Nos Planossolos Nátricos, além da limitação por fertilidade, imposta pelo alto teor de sódio trocável, o Na interfere negativamente nas propriedades físicas do solo (estrutura, porosidade e retenção de água), dificultando o desenvolvimento do sistema radicular.

## 2.9 Espodossolos

Compreendem solos constituídos por material mineral com horizonte B espódico subjacente a horizonte eluvial (E) ou superficial A. O horizonte B espódico apresenta acumulação iluvial de matéria orgânica, associada a complexos de sílica-alumínio ou húmus-alumínio, podendo ou não conter ferro. Em geral, têm estrutura em grãos simples ou maciça, e textura arenosa ou franco-arenosa (SANTOS et al., 2005) em todo o perfil. Compreendem os solos anteriormente classificados como Podzol e Podzol Hidromórfico.

No Estado do Rio de Janeiro, os Espodossolos (E) são desenvolvidos principalmente a partir de sedimentos areno-quartzosos eólicos ou marinhos, que constituem os cordões litorâneos – mais expressivos na Restinga da Marambaia, na Região dos Lagos e no Delta do Rio Paraíba do Sul –, e sob condições de umidade elevada. Localizam-se em relevo plano, em áreas abaciadas e depressões, podendo ocorrer em relevo mais movimentado, em ambientes altimontanos (DIAS et al., 2003). Em geral, estão associados à vegetação de restingas (GOMES et al., 1998) do tipo campestre ou arbóreo-arbustiva, mas ocorrem em outros ambientes.

A Ordem dos Espodossolos é subdividida em três subordens: Espodossolos Humilúvicos (EK), Ferrilúvicos (ES) e Ferri-humilúvicos (ESK), que se diferenciam pela iluviação de matéria orgânica, ou de compostos de alumínio com ou sem ferro, ou de ambos, respectivamente. Embora as subordens representem diferenças nos compostos iluviados, não há grande variação nas limitações e nas potencialidades entre as classes.

Os Espodossolos, em geral, têm reduzida fertilidade, são de moderada a intensamente ácidos, e têm baixa soma de bases. São muito arenosos e têm baixa capacidade de retenção de água, podendo ser hidromórficos e apresentar camadas permanentemente cimentadas (*orstein*). São utilizados com pastagens, além de alguns plantios de coco. Entretanto, nas áreas de restinga, devem ser destinados para APPs.

## 2.10 Chernossolos

Compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais: alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textural ou B incipiente com argila de atividade alta, ou sobre horizonte C carbonático ou horizonte cálcico, ou, ainda, sobre a rocha ou material de origem rico em carbonatos. O horizonte A chernozêmico apresenta boas propriedades físicas e químicas, tais como: valor V maior ou igual a 65%, altos teores de cálcio e de carbono orgânico, boa agregação e profundidade adequada ao desenvolvimento do sistema radicular.

Os Chernossolos (M) são solos escuros, ou de cores brunadas, ou bruno-avermelhadas, bem a imperfeitamente drenados, rasos a pouco profundos (horizontes A + B de cerca de 1,20 m), com textura argilosa e estrutura em blocos ou prismática composta por blocos. Embora sejam formados sob várias condições climáticas e de diferentes materiais de origem, predominam no Estado do Rio de Janeiro a partir de rochas alcalinas, básicas ou intermediárias, como sienitos, basaltos e diabásios, respectivamente, em ambientes de maior altitude e temperaturas mais baixas, ou de rochas calcárias e em clima mais seco (município de Itaiva). Ocorrem em condições de relevo ondulado e forte-ondulado, sob floresta caducifolia ou subcaducifolia.

A Ordem Chernossolos é subdividida em quatro subordens: os Chernossolos Rêndzicos (MD), os Ebânicos (ME), os Argilúvicos (MT) e os Háplicos (MX), que se diferenciam pelo material de origem calcário ou carbonático (MD), pelo maior teor de matéria orgânica e cores mais escuras (ME), pela presença de B textural (MT) ou B incipiente (MX).

Nessa classe, foram incluídos solos antes classificados como Brunizém, Rendzina e os Cambissolos Eutróficos com argila de atividade alta e A chernozêmico.

Quanto à fertilidade natural, têm saturação por base e capacidade de troca de cátions elevada, pH neutro a moderadamente ácido (de 5,5 a 7,0), alumínio trocável baixo ou ausente, teores elevados de cálcio e magnésio, e níveis variáveis de fósforo e potássio. A principal limitação ao uso desses solos refere-se à suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização, resultantes da textura argilosa e da mineralogia da argila com argilominerais 2:1, do relevo movimentado e de fragmentos de rocha em algumas classes de Chernossolos.

Embora tenham pequena expressão geográfica no Estado do Rio de Janeiro, estando localizados em pequenas manchas, nos municípios de Cordeiro, Itaperuna, Itaiva, Pinheiral e do Rio de Janeiro (no Mendanha), os Chernossolos têm alto potencial agrícola em sistemas tecnológicos de baixa intensidade de mecanização, com agricultura familiar. Em virtude da elevada reserva de nutrientes e dos riscos de erosão e mecanização, acentuados em sistemas agrícolas com alta mecanização, esses solos têm melhor aptidão para a fruticultura e a olericultura. Encontram-se, porém, utilizados principalmente com pastagens de braquiária.

## 2.11 Plintossolos

Compreendem solos minerais, formados em condições de restrição temporária à livre percolação da água, em geral imperfeitamente ou mal drenados, que apresentam expressiva plintitização em horizonte subsuperficial Bf ou Cf plíntico logo abaixo do horizonte A ou E, ou, em condições de hidromorfismo após horizonte glei. Esse processo é caracterizado pela segregação localizada de ferro no perfil. Com a secagem da plintita e repetidos ciclos, os óxidos de ferro podem cimentar (concreções ou petroplintita) ou mesmo consolidar o material de solo, formando horizonte permanentemente endurecido (litoplíntico).

Apesar da coloração variável dos Plintossolos (F), predominam cores pálidas, com mosqueados de cores alaranjadas a vermelhas, ou coloração variegada, acima do horizonte diagnóstico (plíntico, concrecionário ou litoplíntico) (EMBRAPA, 2006). Parte dos Plintossolos ocorre em várzeas, com relevo plano ou suavemente ondulado, ou, ainda, no terço inferior de encostas ou áreas de surgentes, onde há oscilação do lençol freático, quer por alagamento no período chuvoso, quer pela restrição à percolação, quer, ainda, pelo escoamento de água no perfil.

A Ordem Plintossolos é subdividida em três subordens: os Plintossolos Pétricos (FF), os Argilúvicos (FT) e os Háplicos (FX), que se diferenciam pela presença de material concrecionário ou com petroplintita (FT), pela presença de B plíntico e incremento de argila com Bt (FT) e os demais Plintossolos (FX).

Nesta classe, estão incluídos solos antes identificados como Lateritas Hidromórficas, parte dos Podzólicos plínticos e Latossolos plínticos e os solos Concrecionários.

No Estado do Rio de Janeiro, predominam os Plintossolos Argilúvicos e os Háplicos, em geral associados ao ambiente de tabuleiros costeiros no município de Campos dos Goytacazes. Ocorrem em menor expressão geográfica em associações de Latossolos Amarelos com Argissolos Amarelos, sendo cultivados com cana-de-açúcar e pastagens.

No Estado do Rio de Janeiro, predominam os Plintossolos distróficos, ácidos e de argila de baixa atividade; todavia, em alguns ambientes no Brasil, ocorrem Plintossolos com argila de alta atividade, porém com altos teores de alumínio e elevada acidez (ANJOS et al., 2007). As principais restrições ao uso agrícola dos Plintossolos Argilúvicos e

Háplicos são a sua fertilidade e a deficiência de oxigênio. Como estão em áreas com pequena declividade ou planas, é menor a sua suscetibilidade à erosão, embora o gradiente textural (Argilúvicos) favoreça a erosão.

## 2.12 Vertissolos

Compreendem solos com horizonte vértico (Cv ou Biv) e pequena variação textural ao longo do perfil, de textura argilosa, ou, pelo menos, com mais de 300 g de argila por quilograma de solo no horizonte A. Apresentam pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo, indicadas por fendas profundas (com mais de 30 cm de profundidade e 1 cm de largura) na época seca, e evidências de movimentação da massa do solo, sob a forma de superfícies de fricção (*slickensides*). Essa classe inclui todos os antigos Vertissolos, inclusive os hidromórficos.

Os Vertissolos (V) podem apresentar microrrelevos (*gilgai*), e a estrutura é prismática, composta por blocos, em forma de cunha ou de paralelepípedo (SANTOS et al., 2005). Essas características resultam da grande movimentação da massa do solo, que se contrai e fendilha quando seca, e se expande quando úmida. A consistência do solo é muito plástica e pegajosa por causa da presença de argilas expansíveis (argilominerais 2:1 do grupo da esmectita) ou da mistura dessas com outros argilominerais.

No Estado do Rio de Janeiro, foram identificados em bacias sedimentares, formados a partir de sedimentos com granulometria fina e altos teores de cálcio e magnésio, como nos municípios de Italva e Campos dos Goytacazes. Ocorrem em condições de clima com estação seca bem definida e em relevo plano. Os perfis são pouco profundos, variando de imperfeitamente a mal drenados, e, quando úmidos, apresentam lentíssima permeabilidade à água. A CTC é elevada, sendo principalmente eutróficos e com altos teores de cálcio e magnésio.

A Ordem Vertissolos é subdividida em três subordens: os Vertissolos Hidromórficos (VG), os Ebânicos (VE) e os Háplicos (VX), que se diferenciam pelas condições de má drenagem e pela presença de horizonte glei de tonalidades da cor cinzenta (VG), atribuída ao maior

teor de matéria orgânica, e de cores mais escuras (VE), e os demais Vertissolos (VX).

Os Vertissolos têm pequena expressão geográfica no Estado do Rio de Janeiro e são explorados principalmente com pastagens de braquiária e com cana-de-açúcar. Apresentam fortes limitações para a mecanização, por deficiência de oxigênio e pelo encharcamento, especialmente para lavouras perenes, embora tenham alta reserva de nutrientes.

## **2.13 Considerações sobre levantamentos pedológicos e de fertilidade dos solos**

Os levantamentos pedológicos têm objetivos diversos: na geração de conhecimentos sobre o recurso solo do país, da região ou do estado; para o planejamento de uso da terra para zoneamentos; como base para relatórios de impacto ambiental e para o estabelecimento de APPs; e, na propriedade, em projetos de irrigação ou avaliação para assentamentos.

Os levantamentos ou mapas de solos realizados pela Embrapa Solos, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), entre outros, expressam a distribuição das principais classes de solos, de uma dada região, município ou estado, em uma escala de publicação definida pelo objetivo do trabalho. Embora os mapas de solos tenham como importante informação a espacialização dos solos, essa é limitada pela escala e pela abrangência do levantamento.

Por exemplo, em um levantamento de reconhecimento de média intensidade, de escala 1:200.000, a distância no terreno para cada 1 cm no mapa é de 2 km, e a área mínima mapeável (determinada pelas menores dimensões que podem ser legivelmente delineadas num mapa ou carta, sem prejuízo da informação gerada nos trabalhos de campo), é de 160 ha. Já para um levantamento semidetalhado em escala de 1:50.000, a distância é de 0,5 km, e a área mínima mapeável é de 10 ha (IBGE, 2005).

Assim, para investigações detalhadas, ou para a recomendação de fertilizantes e corretivos, ou, então, para estabelecer a potencialidade

agrícola de uma propriedade rural, são necessárias análises complementares e dados coletados em glebas ou talhões, na propriedade. Se possível, associados ao levantamento de solo em escala compatível com o tamanho da propriedade e a variabilidade dos solos.

O conhecimento da distribuição dos solos permite, por seu turno, planejar as atividades agrícolas, recomendar práticas conservacionistas e sistemas de produção agrícola (como sistemas agroflorestais, plantio direto, práticas de controle da erosão), maximizando a produtividade das lavouras e reduzindo a degradação ambiental. Assim, a interação entre a pedologia e a fertilidade do solo é benéfica para a obtenção de sistemas agrícolas sustentáveis e para a preservação de ambientes frágeis no Estado do Rio de Janeiro e em outras regiões do País.

## Capítulo 3

# Fertilidade do solo

*Luiz Rodrigues Freire*

*Lúcia Helena Cunha dos Anjos*

*Marcos Gervasio Pereira*

*Everaldo Zonta*

*Eduardo Lima*

*Gabriel de Araújo Santos*

*Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho*

*Paulo Augusto da Eira*

Solo fértil é aquele que apresenta quantidades suficientes e balanceadas de todos os nutrientes, em condições de serem absorvidos pelas plantas.

Os solos diferem entre si por uma série de características e propriedades, como visto no Capítulo 2. Por serem um dos fatores que afetam o crescimento das plantas, as características dos solos podem determinar a produtividade das culturas. Entre essas características, destacam-se: a capacidade de suprimento de nutrientes minerais, a matéria orgânica, a disponibilidade de água para as plantas, a porosidade de aeração e o suporte físico ao desenvolvimento do sistema radicular.

A fertilidade do solo consiste, pois, num conjunto de características químicas, físicas e biológicas, que o solo deve apresentar, para que uma planta expresse seu potencial máximo de produtividade.

A camada arável do solo, situada até os primeiros 25 cm da superfície, é a mais facilmente modificável, por meio de adubação e calagem. É frequentemente objeto de estudos que visam determinar as condições atuais de fertilidade do solo e as necessidades de sua correção. Entretanto, a parte do solo situada abaixo dessa camada arável também é importante e, dependendo das condições que apresenta para o desenvolvimento das raízes e de suprimento de nutrientes e água, pode afetar favorável ou desfavoravelmente o crescimento das plantas. Assim, em especial nas lavouras perenes, os aspectos físicos e químicos dos horizontes ou das camadas subsuperficiais do solo, pelo menos até 1,00 m de espessura, também devem ser levados em consideração na avaliação da fertilidade do solo.

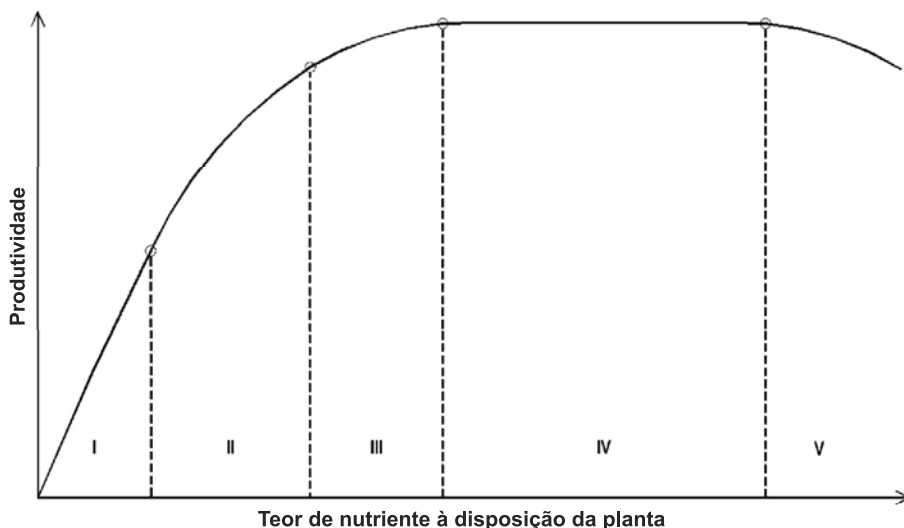
Neste capítulo, além dos métodos de avaliação da fertilidade do solo quanto ao nível de nutrientes, são discutidos alguns aspectos relacionados com a matéria orgânica e com outras propriedades do solo que afetam sua fertilidade.

### **3.1 Avaliação da fertilidade do solo**

A avaliação da fertilidade do solo é a primeira etapa a ser cumprida para se estabelecer adequadamente qual ou quais as medidas a serem adotadas no tocante ao manejo da fertilidade de um solo.

É oportuno ressaltar que a preocupação do técnico não deve restringir-se à avaliação da fertilidade do solo, pois é importante que, para o correto diagnóstico do problema, sejam verificados todos os fatores que interferem na produtividade das culturas. Por vezes, o que está limitando a produção não é o nível baixo de um ou mais nutrientes no solo; se a produtividade está reduzida porque a cultivar ou variedade empregada é de baixo potencial genético, o problema não será resolvido somente com a calagem e a adubação. Nesse exemplo, torna-se necessária a substituição da cultivar ou da variedade, além da correção dos baixos níveis de nutrientes, para se poder contar com a expectativa de aumento da produção. Assim, ao proceder ao levantamento do estado nutricional de uma gleba, o técnico deve ter em mente a necessidade de avaliar os demais fatores de produção e elaborar um exame apropriado que lhe permita diagnosticar corretamente o problema.

A possibilidade de se obter produtividade vegetal elevada está relacionada com a quantidade de nutrientes presentes na solução do solo. Essa relação é apresentada esquematicamente na Figura 1.



**Figura 1.** Relação entre produtividade e teor de nutriente disponível.

A Figura 1 está dividida em intervalos, descritos a seguir:

I – Deficiência visível: a pequena quantidade do nutriente à disposição do vegetal leva ao aparecimento de sintomas visíveis dessa deficiência, isto é, a planta exibe crescimento reduzido e/ou alterações do seu aspecto normal, tal como mudança na coloração usual das suas folhas.

II – Deficiência oculta: o desenvolvimento da planta é aparentemente normal, porém, ao se fornecer o nutriente à planta, ocorrem aumentos sensíveis na produção.

III – Teor ótimo: faixa de teores do nutriente em que a cultura apresenta produtividade elevada.

IV – Consumo de luxo: a existência de quantidade alta do nutriente à disposição da planta conduz a uma absorção também alta, mas que não se traduz em incremento da produção.

V – Toxidez: o excesso do nutriente absorvido leva a distúrbios metabólicos, que podem provocar decréscimos na produção e, em casos extremos, a morte do vegetal.

Para as condições dos solos do Estado do Rio de Janeiro (Capítulo 2), e do Brasil, em geral, raramente será observada a faixa V (toxidez) para macronutrientes, pois os solos são intemperizados e pobres. Para os micronutrientes, em virtude da pequena quantidade em que são requeridos, a faixa V pode ocorrer com maior frequência.

A conceituação de resposta da planta à aplicação de adubos leva ao reconhecimento da existência de respostas positivas (aumento na produção), nulas e negativas (diminuição na produção). As respostas positivas ocorrem quando o teor do nutriente à disposição da planta é insuficiente para seu desenvolvimento normal e é fator limitante. A resposta nula pode ocorrer em dois casos:

- a) Quando o teor do nutriente está na faixa de consumo de luxo.
- b) Quando, apesar de ser baixo o teor do nutriente, existe outro fator limitando a produção.

A resposta negativa pode ser resultante da existência de teor muito alto do nutriente, o que ocorre mais frequentemente com micronutrientes, ou por outra condição, decorrente da má aplicação do adubo, o que pode provocar, por exemplo, problemas de salinidade temporária no solo.

Os métodos para diagnosticar a fertilidade do solo podem ser divididos em duas grandes categorias: qualitativos e quantitativos. Na primeira categoria, destacam-se os métodos de diagnose visual, aspersão foliar e ensaio exploratório em potes. Nos métodos quantitativos, podem ser ressaltados, entre outros, os microbiológicos, os de análise química da planta e da terra, e ensaios de campo. Particularmente, os ensaios de microparcelas são considerados de cunho semiquantitativos.

### **3.1.1 Diagnose visual**

A diagnose visual compreende a utilização de três métodos distintos, que devem ser usados, preferencialmente, como complementares: sintomas de deficiência/excesso nas culturas, plantas indicadoras e ocorrência de doenças.

### **3.1.1.1 Sintomas de deficiência ou de excesso**

É um método qualitativo, que fornece um diagnóstico preliminar. O método consiste na observação das plantas e baseia-se no fato de que os vegetais exibem sintomas bem definidos, característicos, quando estão sendo submetidos a severas deficiências ou a excesso de elementos nutritivos essenciais. Geralmente, os sintomas são observados nas folhas, mas o distúrbio nutricional pode manifestar-se em outras partes do vegetal. Os sintomas mais comuns são: redução do crescimento, perda ou mudança de cor das folhas, perda da qualidade dos frutos e deformação das raízes ou das partes aéreas.

Esse método tem a vantagem de ser rápido e de não exigir equipamento especial, mas é necessária uma considerável experiência para distinguir e interpretar corretamente os sintomas. É pertinente lembrar que danos provocados por outras causas (doenças, pragas, adversidades climáticas) podem confundir ou mascarar os sintomas decorrentes de distúrbios nutricionais. Além disso, apresenta as desvantagens de não permitir o diagnóstico da deficiência oculta, e de detectar os sintomas apenas quando já ocorreram danos, às vezes irreversíveis, que não permitirão recuperar a produtividade. A possibilidade da ocorrência de mais uma deficiência simultânea é outro fator que dificulta o emprego desse método. Assim sendo, a diagnose por meio de sintomas visuais de deficiência nutricional é uma técnica de avaliação da fertilidade do solo que, por ser de caráter complementar, não deve ser usada isoladamente. Contudo, particularmente para o nitrogênio, é um método que deve ser considerado, especialmente no que concerne à deficiência, porque há a possibilidade de rápida correção com a utilização da aspersão foliar com ureia ou complementação com a adubação no solo.

A característica principal da deficiência de N é a falta de vigor e amarelecimento generalizado da planta. Deve-se destacar que isso não significa que se possa assegurar completa restauração do nível de produtividade, que seria obtível com adequado suprimento de nitrogênio em todo o ciclo da planta. É importante lembrar que a deficiência de nitrogênio poderá ser causada pela falta de molibdênio em quantidade adequada para a síntese da nitratorredutase, se a absorção de N se der na forma nítrica.

Os principais sintomas que ocorrem em diversas culturas, com indicação de excesso de nutrientes, são tratados em muitas publicações e estão disponíveis em páginas de internet de várias instituições de ensino e pesquisa.

### **3.1.1.2 Plantas indicadoras**

O aparecimento de “plantas concorrentes<sup>1</sup>” prende-se a fatores do solo e de seu manejo, que beneficiam essa ocorrência. Entre os inúmeros fatores que atuam no sistema agropastoril, merece destaque aquele que proporciona o aparecimento de plantas concorrentes em virtude da deficiência de nutrientes no solo. Entende-se que essas plantas dominem um campo de cultivo que apresenta fertilidade reduzida simplesmente pelo fato de esse ambiente ser desfavorável ao desenvolvimento da cultura, sem ser limitante ao da planta concorrente. Há indicações de que existem plantas associadas a alta ou a baixa fertilidade do solo. Na literatura, encontram-se alguns exemplos de relação entre a presença de determinadas plantas e algumas características favoráveis ou desfavoráveis dos solos. Entretanto, esse é um assunto que requer mais estudos.

### **3.1.1.3 Ocorrência de doenças e pragas**

A planta hospedeira, o patógeno e o ambiente constituem três fatores fundamentais que condicionam a ocorrência ou não de uma doença. O ambiente influencia tanto o patógeno (direta ou indiretamente) quanto a planta hospedeira.

Entre os efeitos do ambiente, destacam-se os da umidade, da temperatura e da fertilidade do solo. O efeito da fertilidade deve-se ao fato de que os nutrientes podem aumentar ou diminuir a suscetibilidade da planta a determinada doença, dependendo, nesse caso, da combinação hospedeiro-patógeno, das inter-relações com outros fatores e do balanço entre os teores de nutrientes.

É importante ressaltar que nem sempre a ocorrência de doença indica subnutrição da planta, pois alguns patógenos preferem plantas

---

<sup>1</sup> Termo utilizado em substituição às seguintes expressões: plantas invasoras, plantas daninhas, plantas espontâneas, entre outras.

vigorosas. Em alguns casos, teores elevados de nitrogênio podem estar relacionados com a suscetibilidade da planta a algumas doenças. Entretanto, teores adequados de potássio e cálcio podem reduzir a incidência de certas doenças. Apesar de não ser considerado um elemento essencial, é conhecido o efeito do silício na tolerância das plantas, tanto ao ataque de pragas quanto ao de doenças, principalmente fúngicas. Essas associações doenças/fertilidade do solo e pragas/fertilidade do solo também merecem estudos mais acurados.

### **3.1.2 Aspersão foliar**

Este método consiste em aplicar, nas folhas, solução contendo o nutriente de cuja deficiência se suspeita. É recomendável o seu uso para a confirmação da diagnose visual.

A eficiência do método é garantida pela rápida resposta das plantas à aspersão foliar, desde que sejam usadas soluções com concentrações apropriadas e aplicadas em folhas relativamente novas, o que assegura pronta absorção do nutriente em teste. A confirmação da deficiência é obtida pela regressão dos sintomas (ver Capítulo 4).

As desvantagens desse método são semelhantes às do método anterior, no que diz respeito a ser uma avaliação qualitativa e aplicável a plantas cuja produção já pode ter sido prejudicada pela deficiência.

### **3.1.3 Ensaios exploratórios em potes**

Os experimentos em potes para a avaliação da fertilidade do solo têm a virtude de permitir a obtenção de dados em época mais favorável para a adoção de medidas preventivas. A maior limitação desse método é o seu caráter qualitativo, não fornecendo diretamente informação sobre as doses de adubos a empregar no campo. Contudo, podem ser obtidos resultados que orientem o uso de nitrogênio, enxofre e micronutrientes, que não são ainda conseguidos com o emprego da análise química desses elementos de forma rotineira, na maioria dos laboratórios do Estado do Rio de Janeiro.

A condução do experimento consiste no seguinte: são coletadas amostras representativas da terra em estudo; a terra é colocada em potes, que recebem distintos tratamentos; e é semeada uma espécie

vegetal para servir como indicador biológico dos efeitos dos nutrientes empregados. Frequentemente, é utilizado o milho como planta indicadora, pelas suas características de crescimento rápido e relativa rusticidade, além de ser possível o uso de linhagens geneticamente homogêneas. A avaliação é feita pela determinação da matéria seca, produzida em um período de 4 a 6 semanas.

Os tratamentos adotados são ditados pelo interesse do técnico, sendo comumente utilizado o sistema de diagnose por subtração, ou seja, há um tratamento completo, no qual se aplicam todos os nutrientes, omitindo-se, nos demais, um ou mais desses nutrientes. Note-se que não são usadas doses variadas de cada nutriente, pois só se podem extrapolar para o campo as informações qualitativas, uma vez que as condições experimentais não são diretamente comparáveis com as do campo.

### **3.1.4 Métodos microbiológicos**

O uso dos métodos microbiológicos para a avaliação de deficiências de nutrientes no solo baseia-se na semelhança das necessidades nutricionais entre as plantas e os microrganismos. Os métodos usam algas, bactérias e fungos, e geralmente apresentam complexidade maior do que a avaliação feita por meio da análise química de amostras de terra, especialmente para fósforo e potássio. Entretanto, para nitrogênio, enxofre e micronutrientes, podem representar alternativas atraentes.

### **3.1.5 Análise de tecidos**

Mais conhecida como análise foliar, por serem geralmente utilizadas folhas como parte da planta a ser analisada, a análise de tecidos vegetais é um método importante para culturas perenes. Seu uso baseia-se na premissa de que existe, dentro de certos limites, correlação entre a produção da cultura e o teor do nutriente no tecido vegetal analisado, e esse teor, por sua vez, apresenta correlação com a quantidade do elemento disponível no solo.

Para que o método possa ser adequadamente utilizado, é necessário consultar uma literatura específica, que oriente sobre a época de amostragem, a parte do vegetal a ser analisada e a interpretação dos resultados, características que são peculiares às espécies e, em certo grau, dependentes da cultivar ou da variedade explorada. Essas informações atualmente estão disponíveis em diversas publicações ou em páginas de internet de várias instituições de ensino e pesquisa.

Por meio de correlações entre respostas das culturas e teores de nutrientes nas folhas, são estabelecidos intervalos dos teores que indicam deficiência, suficiência e toxidez. Durante o desenvolvimento das plantas, ocorre a transferência de nutrientes de algumas partes da planta para outras. Daí a necessidade da padronização rigorosa da amostragem, no que se refere tanto ao período vegetativo quanto ao tipo e à posição das folhas ou dos órgãos, a fim de que seja possível obter resultados comparáveis para amostragens em situações diferentes.

Para culturas anuais, deficiências nutricionais identificadas por análise foliar dificilmente podem ser corrigidas a tempo de evitar que a produtividade das culturas seja prejudicada. No entanto, esse é o melhor método para identificar a necessidade de adubação de culturas perenes ou semiperenes, tais como citros, abacaxi, cana-de-açúcar e banana, por meio de programas bem conduzidos.

### **3.1.6 Análise química de amostras de terra**

Entre os métodos atualmente disponíveis para a avaliação da fertilidade do solo, o que reúne maior número de vantagens é a análise química de amostras de terra representativas da área em estudo. Tais vantagens compreendem a rapidez, a facilidade de execução, o baixo custo e a viabilidade de serem obtidos os resultados em tempo hábil para o planejamento agrícola, antes da implantação das lavouras. Entretanto, para o seu uso mais eficiente, é necessário o estabelecimento, em âmbito regional, dos padrões de interpretação dos resultados das análises, por meio dos estudos de calibração dos métodos disponíveis.

As etapas sucessivas que compõem o método são detalhadas no Capítulo 4 e são as seguintes: amostragem, preparo da amostra, extração, análise, interpretação e recomendações.

### **3.1.7 Ensaios de campo**

Os ensaios de campo utilizados para a avaliação da fertilidade do solo podem ser divididos em duas categorias: microparcelsas e ensaios convencionais.

#### **3.1.7.1 Ensaios em microparcelsas**

Os ensaios em microparcelsas recebem esse nome por utilizarem parcelas experimentais de dimensão reduzida, constituídas por quadradinhos com 60 cm de lado, as quais são semeadas três linhas com milho, de maneira a se obter, após o desbaste, 30 plantas por microparcelsa. Essas plantas são cortadas rente ao solo, em torno de 6 semanas após o plantio, e a produção da parte aérea é determinada por peso da matéria fresca e seca. Cada microparcelsa recebe a aplicação de fertilizantes, em doses definidas de acordo com o objetivo do ensaio, e são adotados os procedimentos experimentais recomendados para a avaliação estatística dos dados.

Por conta de suas características, o ensaio em microparcelsas é considerado um experimento intermediário entre o ensaio de campo convencional e o desenvolvido em potes. Os resultados obtidos permitem a avaliação semiquantitativa da fertilidade do solo, com a possibilidade de se proceder à recomendação de adubos em uma primeira aproximação, a ser refinada conforme as respostas, no campo, da cultura de interesse econômico. A expressão “avaliação semiquantitativa da fertilidade do solo” é usada para evitar que se dê aos resultados uma dimensão maior do que a que se pode obter com os dados experimentais. Convém usar microparcelsas para ser avaliada, sem a análise química, a probabilidade de resposta à adição de nitrogênio, enxofre e micronutrientes, apesar das limitações do método. O milho é usado como planta indicadora, pelas razões mencionadas no item sobre ensaios em potes.

#### **3.1.7.2 Ensaios de campo convencionais**

Os ensaios de campo convencionais são experimentos que, em última análise, referendam os resultados dos demais métodos. Seu maior emprego é justamente para a calibração dos outros processos de avaliação da fertilidade do solo.

Os experimentos de campo convencionais são instalados com a cultura de interesse econômico, usando-se tratamentos que nos permitam determinar as respostas dessa espécie ou cultivar às doses de nutrientes, nas épocas mais adequadas ao seu cultivo.

Para a obtenção de dados confiáveis, é importante que seja considerada a influência climática, o que reporta à necessidade de se prolongar a experimentação por, pelo menos, três ciclos de produção, sendo desejável atingir cinco ciclos, em diferentes tipos de solo e variadas condições de paisagem.

Nos ensaios de campo convencionais, são adotadas todas as providências e cuidados preconizados pelo sistema de produção da cultura (época de plantio, tratamento fitossanitário, espaçamento, etc.) que conduzam a uma exploração correta da espécie vegetal em estudo.

Pelas suas características, o ensaio convencional é o mais desenvolvido pelas instituições de ensino e pesquisa, o que, evidentemente, não impede que produtores com nível tecnológico mais alto instalem em suas glebas experimentos dessa natureza para a obtenção de dados específicos da sua propriedade.

## **3.2 Matéria orgânica**

O atributo “matéria orgânica” é extremamente importante na fertilidade do solo. Por esse motivo será apresentado separadamente, no Capítulo 7.

## **3.3 Propriedades físicas do solo e sua influência na nutrição vegetal**

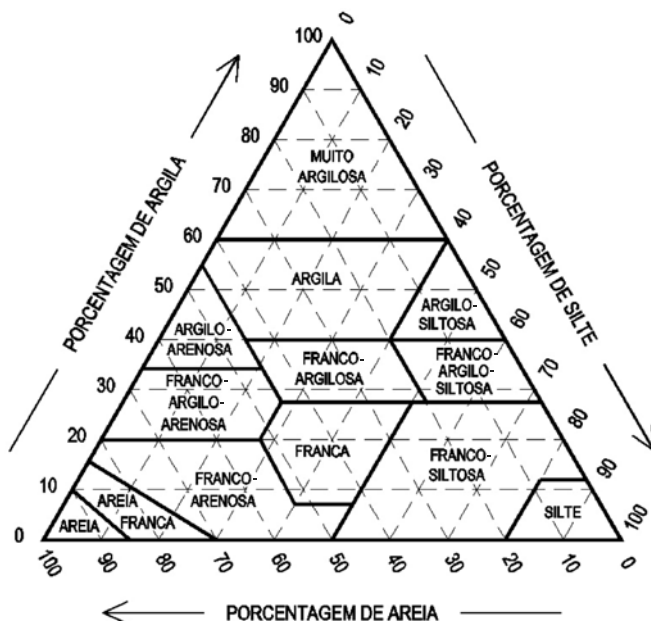
Entre outras contribuições, a participação do solo como fator de produção agrícola dá-se pelo fornecimento de nutrientes, água e oxigênio, e servindo como suporte para a fixação e posterior desenvolvimento dos vegetais. O solo pode ser considerado como um sistema trifásico, constituído por uma fase sólida, uma líquida e uma gasosa. A fase sólida é composta por partículas de tamanhos variados, que podem ser de constituição mineral ou orgânica. Essas partículas

podem estar individualizadas ou reunidas formando agregados. Entre as partículas, ou entre e dentro dos agregados, surgem os poros, que podem apresentar diferentes tamanhos (macro e micro), no qual se encontram as fases líquida e gasosa, denominadas de solução do solo e atmosfera do solo, respectivamente.

Vários estudos têm demonstrado os efeitos das propriedades físicas do solo sobre a nutrição vegetal. Alguns aspectos relevantes são analisados a seguir.

### 3.3.1 Textura

A textura pode ser definida como a proporção relativa das frações granulométricas areia, silte e argila, componentes minerais da fase sólida, que são definidos por escalas de tamanho. No Brasil, adota-se a escala estabelecida pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). As combinações dessas frações originam as chamadas classes de textura, conforme se vê na Figura 2.



**Figura 2.** Classes texturais do solo.

Fonte: adaptado de Santos et al. (2005).

Além desses termos, empregam-se as expressões “solos leves” ou de “textura grosseira” para os solos de textura arenosa. Já os solos de textura argilosa ou muito argilosa são ditos “pesados” ou de “textura fina”. Essa terminologia resulta da menor ou da maior resistência oferecida pelos solos à mecanização.

Na avaliação da textura do solo, não é considerada a fração orgânica, já que essa apresenta menor estabilidade em comparação à fração mineral, podendo ser alterada com o uso agrícola. No caso de solos com elevados teores de matéria orgânica, como os Organossolos ou solos de turfa, utiliza-se a expressão “material turfoso” em substituição à “classe de textura”.

A importância de as partículas minerais serem reunidas em classes, conforme o seu tamanho, deve-se à relação entre esta característica e a superfície exposta pelas partículas, isto é, a superfície do solo, que será tanto maior quanto maior for a proporção de partículas finas no solo. Dessa forma, solos de textura argilosa poderão apresentar maiores retenção de água e adsorção de íons quando comparados aos solos de textura arenosa. O mesmo se dá para solos com altos teores de matéria orgânica na forma coloidal, como as substâncias húmicas.

É importante ressaltar a influência da natureza mineralógica da fração textural. Solos com idêntica textura, mas formados a partir de diferentes materiais de origem, poderão exibir diferenças no que concerne às suas características químicas, tal como a capacidade de troca iônica. A fração granulométrica (argila, silte e areia) refere-se ao tamanho das partículas e não define a qualidade mineralógica dessa fração.

A textura do solo está inter-relacionada com outros atributos físicos, tais como a estrutura e a porosidade, e, em consequência, com as propriedades hídricas do solo. Dessa forma, a textura do solo, além de permitir avaliações sobre a capacidade de troca iônica, é de grande relevância nos mecanismos de absorção de nutrientes pelas raízes, tais como a difusão de nutrientes e o fluxo de massa.

### **3.3.2 Estrutura e porosidade**

Estrutura do solo consiste na organização das suas partículas unitárias (minerais e orgânicas), podendo haver a formação de agregados,

e o espaço poroso resultante desse arranjo. As diferentes formas de organização da fase sólida levam à formação de dois tipos de estrutura, ditos com e sem agregação. Algumas estruturas são mais favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular do que outras. Há vários tipos de estrutura:

- Sem agregação: podendo ser do tipo grãos simples, em horizontes que apresentam textura arenosa e baixos teores de matéria orgânica, ou maciça, nos horizontes formados em condições de hidromorfismo, especialmente nos horizontes Cg dos Gleissolos.
- Com agregação, que se subdivide em:
  - a) Granular – Associada diretamente com a atividade biológica de vegetais e organismos do solo, sendo esse tipo de estrutura verificado normalmente nos horizontes superficiais A, H e O. Em virtude de elevados teores de óxidos de ferro, o horizonte B de alguns Latossolos (por exemplo, o Latossolo Vermelho) podem também apresentar esse tipo de estrutura.
  - b) Blocos angulares e subangulares – Mais desenvolvida no horizonte B, em especial em solos onde se observa acumulação de argila, como os Argissolos e Luvisolos.
  - c) Prismática – Que abrange dois subtipos: a prismática propriamente dita e a colunar. Elas diferem-se quanto à forma da extremidade superior, que é aproximadamente plana na primeira e arredondada na segunda. Ambas são típicas do horizonte B.

A prismática ocorre particularmente em solos que apresentam textura muito argilosa, em ambiente que favorece a retração e a expansão das argilas, como em Nitossolos (prismática composta de blocos), ou em solos com argila de atividade alta (capacidade de troca catiônica da fração argila maior ou igual a  $27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  argila), como nos Chernossolos Argilúvicos.

A colunar é verificada em solos que possuem saturação por sódio  $[(\text{Na}/\text{T}) \times 100]$  maior ou igual a 15% ou, pelo menos, Na + Mg elevados, como em Planossolos Nátricos. Pode ainda ocorrer em horizontes C de solos com alta expansibilidade das argilas, como nos Vertissolos.

As fases líquida e gasosa ocupam o espaço poroso resultante da organização da fase sólida. Essas fases são interdependentes. A porosidade resultante dessa organização é denominada de porosidade total, que pode ser dividida em macroporos (que apresentam diâmetro maior ou igual a 0,06 mm) e microporos (que possuem dimensões inferiores àquela). Os macroporos são responsáveis pela circulação de água e pelas trocas gasosas, sendo essa porosidade denominada de “porosidade de aeração”. A função dos microporos está relacionada ao armazenamento da água, sendo essa retenção feita por capilaridade. Essa porosidade é denominada de “porosidade para água”.

Com base na relação entre massa e volume de solo, pode-se calcular a densidade do solo (Ds); alguns cálculos de fertilidade utilizam esse atributo. O valor de Ds pode variar de 0,20 Mg m<sup>-3</sup> para solos ou horizontes de constituição orgânica, até valores de 1,80 Mg m<sup>-3</sup> para solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica, ou solos compactados ou adensados.

Em muitas circunstâncias, a absorção de nutrientes pelos vegetais pode ser limitada pela falta de água, pela deficiência de oxigênio ou pelo inadequado crescimento das raízes. Portanto, uma agregação desfavorável no solo pode ser fator limitante à produção agrícola.

Dependendo da cultura a ser implantada, o tipo de estrutura pode ser favorável ou não ao seu desenvolvimento. Para arroz irrigado, por exemplo, a estrutura maciça, que condiciona uma baixa permeabilidade do solo à água, é extremamente favorável. O oposto ocorre para lavouras para as quais o sistema radicular é a parte essencial da produção, como em plantas tuberosas.

Os usos agrícolas, dependendo do manejo do solo – com cultivo manual, mecanizado, plantio direto, entre outros –, acarretam modificações na estrutura do solo, que variam conforme a intensidade das práticas adotadas e as propriedades físicas do solo. As principais modificações, quando usadas medidas de manejo inadequadas, são a diminuição da porosidade e o aumento da resistência do solo ao desenvolvimento das raízes, alterações que podem ser verificadas pelo aumento da densidade do solo e por mudanças na estrutura e na porosidade do solo.

A diminuição da porosidade implica a redução do volume de ar e água, os quais poderiam ser armazenados no solo, e posteriormente

fornecidos para as plantas. O aumento da densidade do solo é um indicativo da existência de camadas e/ou horizontes compactados ou adensados, que vão impedir ou reduzir o desenvolvimento e o aprofundamento do sistema radicular e o fluxo interno de água e ar. Com relação à aeração do solo, a absorção de nutrientes é afetada, principalmente no caso do nitrogênio, ao interferir no ciclo do N, na transformação da matéria orgânica e na fixação biológica do  $N_2$ . A redução da reserva de água também influencia a nutrição do vegetal, pois os nutrientes são absorvidos a partir da solução do solo, e os processos de absorção também dependem do crescimento e da respiração das raízes.

As raízes apresentarão um melhor desenvolvimento em resposta à presença de água e nutrientes e, não havendo compactação, ou adensamento, ou acidez, em profundidade, o sistema radicular poderá atingir maiores comprimentos no solo. O maior volume de solo explorado aumentará a superfície de contato das raízes com o solo, o que implicará um melhor aproveitamento de nutrientes. Um sistema radicular superficial implica em uma cultura mais suscetível a estiagens, e também em menor volume de solo explorado. Para as culturas perenes, em especial as espécies arbóreas, um sistema radicular superficial também poderá propiciar tombamento da planta.

A atividade microbiana e da fauna edáfica também será reduzida em solos compactados ou com deficiência de aeração, o que vai interferir nos processos de transformação da matéria orgânica e na ciclagem e na dinâmica dos nutrientes.

### **3.3.3 Retenção de água**

A quantidade de água armazenada em um dado instante no solo é denominada de “umidade atual”. Ela depende do equilíbrio entre a água que é adicionada pela chuva ou pelo sistema de irrigação e aquela que é removida pela drenagem e pela evapotranspiração.

A capacidade de armazenamento de água no solo depende da estrutura do solo, da microporosidade e da capacidade de retenção de água dos componentes orgânicos e minerais do solo. Em solos que apresentam estruturas com o domínio de macroporos e onde os componentes sólidos tenham baixa capacidade de retenção de água,

haverá uma menor capacidade de armazenamento e maior drenagem, a exemplo dos Neossolos Quartzarênicos, que são solos de textura arenosa, profundos e, em geral, com baixos teores de matéria orgânica, e estrutura em grãos simples sem agregação.

A quantidade de água armazenada em um perfil de solo depende da espessura dos horizontes e/ou das camadas permeáveis à água. Em solos rasos, como os Neossolos Litólicos (solos com sequência de horizontes AR ou ACR), o volume disponível para armazenamento da água é limitado, interferindo no crescimento das raízes e na absorção de nutrientes e água pelas plantas. Para aumentar a quantidade de água a ser utilizada pelos vegetais, é preciso favorecer o sistema radicular a explorar maiores profundidades. Para isso, é necessário que o solo não possua impedimentos físicos e/ou químicos que dificultem o crescimento das raízes. A textura e a estrutura do solo têm papel relevante nesse processo.

A água é o veículo de solubilização dos adubos e de transporte dos nutrientes até as raízes. Entretanto, altos conteúdos de água no solo podem levar à perda de N por desnitrificação do nitrato, ou pela interferência direta no desenvolvimento do sistema radicular. Em solos com alta macroporosidade, a água favorece a lixiviação dos nutrientes que apresentam maior mobilidade.

### **3.3.4 Aeração**

Na composição da atmosfera do solo, que corresponde à fase gasosa, de maneira geral, verificam-se menores teores de  $O_2$  e maiores de  $CO_2$ , se comparados aos valores observados na atmosfera terrestre. Essa diferença quantitativa resulta da atividade biológica das raízes e organismos aeróbicos no solo, consumindo  $O_2$  e liberando  $CO_2$  pela respiração e pela decomposição da matéria orgânica.

Quando o solo é saturado, em uma situação de má drenagem ou de excesso de água, e permanece nessa condição por algum tempo, há redução da disponibilidade de  $O_2$ . Esse efeito interfere nos processos físicos, químicos e biológicos do solo, além de reduzir a eficiência de absorção e o crescimento das raízes de culturas não adaptadas a essas condições.

A influência dessa propriedade física na nutrição da maioria das plantas cultivadas está relacionada com a respiração das raízes e a atividade dos organismos do solo. O suprimento de ar no solo é inversamente proporcional ao suprimento de água; assim, em solos mal drenados, com lençol freático alto, a aeração é reduzida.

O manejo inadequado do solo, feito fora da faixa de friabilidade, conduz à compactação, reduzindo a aeração ao diminuir o volume de macroporos. Nessas condições, a desnitrificação também é favorecida, o que implica a redução do nitrogênio passível de ser absorvido pelas plantas.

Em condições de baixa aeração, a dinâmica e a disponibilidade do enxofre, do ferro e do manganês para as plantas também são afetadas. Os processos de transformação da matéria orgânica adicionada ao solo são afetados em ambiente com baixa aeração, com maior perda de nutrientes por volatilização e a possibilidade de produção de gases de efeito estufa. O mesmo ocorre para fertilizantes nitrogenados adicionados às lavouras, a depender da forma iônica e do tipo de adubo.

Em resumo, a adição de nutrientes ao solo por meio de adubação, a calagem do solo para a correção da acidez, a incorporação de resíduos orgânicos e a determinação das doses (quantidade e parcelamento) e das formas de adubos dependem das propriedades físicas e das características das classes de solo. Seu conhecimento é decisivo para aumentar a eficácia das práticas de manejo da fertilidade do solo, evitando, assim, perdas na forma de gases, que podem contribuir para o aquecimento global e para perdas por lixiviação, as quais, por sua vez, podem contaminar o lençol freático e os mananciais hídricos.

## Capítulo 4

# **Análise química de amostras de terra**

*Luiz Rodrigues Freire*

*David Vilas Boas de Campos*

*Lúcia Helena Cunha dos Anjos*

*Everaldo Zonta*

*Marcos Gervasio Pereira*

*Raphael Minotti Bloise<sup>†</sup>*

*Gisa Nara Castellini Moreira<sup>†</sup>*

*Paulo Augusto da Eira*

A análise química de amostras de terra é feita com o objetivo de obter informações que sirvam como base para a recomendação de calagem e adubação, e para o manejo adequado da fertilidade do solo. Quando se trata da avaliação da fertilidade do solo, a expressão “análise química do solo” é imprópria, pois o que se analisa não é toda a extensão do perfil do solo, e, sim, o material coletado nas suas camadas mais superficiais.

Entre as vantagens apresentadas por essa análise, citam-se: o baixo custo operacional, a disponibilidade de laboratórios, a rapidez e a possibilidade de prever doses de adubos e corretivos que devem ser aplicados antes e durante o manejo da cultura.

A avaliação da fertilidade do solo compreende as seguintes etapas: amostragem, análise química, interpretação dos resultados analíticos e recomendação de adubação e/ou corretivo, baseada nos resultados das análises, de acordo com as informações contidas nas planilhas referentes às necessidades nutricionais de cada cultura.

## **4.1 Amostragem**

A amostragem deve ser muito benfeita. Recomenda-se a consulta a técnicos de laboratórios ou a extensionistas, para efetuar uma boa amostragem. É necessário lembrar que a amostra de terra entregue ao laboratório deve representar, com o máximo de aproximação possível, a área onde a cultura foi ou será implantada.

Uma amostragem inadequada gera resultados falsos e acarreta uma série de prejuízos, como: perda de tempo e desperdício dos reagentes nos laboratórios; mau emprego do tempo dos técnicos de extensão e de pesquisa envolvidos com a análise; e, principalmente, prejuízo no investimento feito pelo produtor. Com efeito, por conta dos resultados falsos, pode-se aplicar mais ou menos adubo do que seria necessário para a cultura, o que, em última instância, pode acarretar redução do lucro do produtor, em virtude da baixa produtividade decorrente da adubação incorreta.

### **4.1.1 Separação de áreas**

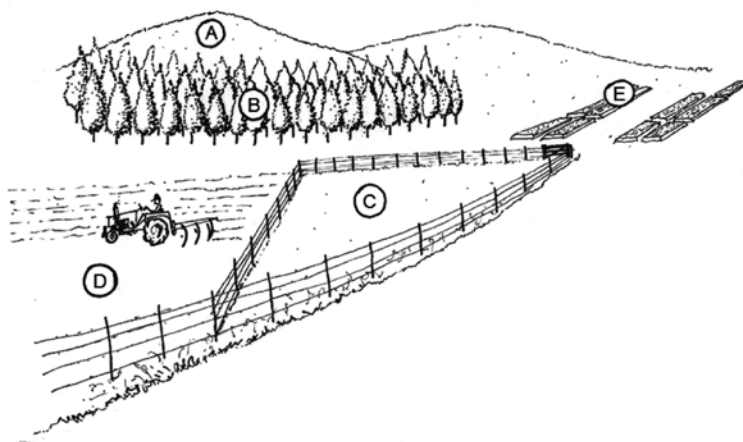
Todo solo apresenta grande variabilidade espacial e de atributos, de modo que amostras em número muito pequeno e/ou mal localizadas e distribuídas na área resultarão em sub ou superestimativa do nível de fertilidade.

Para garantia da representatividade das amostras, o terreno em estudo deve ser subdividido em glebas tanto mais homogêneas quanto possível. De cada uma dessas glebas, deve-se coletar uma amostra composta, constituída pela homogeneização das amostras simples. A amostra simples é a obtida em cada um dos pontos da amostragem.

Há diversos critérios que devem ser seguidos para essa subdivisão (formação de glebas homogêneas). Os principais aspectos a serem observados são os seguintes:

- Tipo de cobertura vegetal, compreendendo as formas naturais (vegetação espontânea) e implantadas (diversas culturas).
- Forma do relevo e drenagem do solo, delimitadas pelas mudanças na declividade.
- Diferenças nos atributos morfológicos do solo, principalmente cor e textura.
- Histórico de uso da área, especialmente no que concerne ao emprego de corretivos e adubos.
- Destinação agrícola da gleba.

Na Figura 1, é representada uma gleba hipotética, com três tipos de vegetação (pasto, eucalipto e culturas temporárias), de limites aproximadamente coincidentes com três formas de terreno: encosta de morro, pequeno vale de encosta e várzea. Nesse caso, ter-se-ia uma subdivisão inicial em três glebas, cada uma das quais seria novamente subdividida de acordo com as variações dos atributos do solo, com o histórico de uso e com a destinação que se pretenda dar ao terreno.



**Figura 1.** Exemplo de subdivisão de gleba, com vista à coleta de amostras para avaliação da fertilidade do solo, por meio da análise química: A) encosta de morro (pasto); B) terço inferior da encosta (plantio de eucalipto); C) várzea (pasto); D) várzea (área em preparo para a implantação de cultura anual); e E) várzea (olerícolas).

Ilustrador: Fabiano de Carvalho Balieiro.

### 4.1.2 Profundidade de amostragem

Em cada local de coleta da amostra simples, retira-se o material de solo até uma determinada profundidade. A amostragem deve ser feita até a profundidade onde se verifica a maior concentração das raízes secundárias da cultura, por serem essas mais ativas na absorção de nutrientes. A seção é comumente denominada de “profundidade efetiva do sistema radicular”. Com essa orientação, pretende-se evitar que se fixe uma profundidade rígida para a amostragem, generalizada para distintas culturas, pois é importante que se pesquise o solo até a profundidade determinada pelo hábito radicular do vegetal. Em certos casos, a profundidade será definida pelo sistema de preparo do solo, até o limite de penetração do disco de arado, por exemplo.

É conveniente, em determinados casos, conhecer o estado de fertilidade da camada subjacente à superficialmente coletada. Isso acontece especialmente nas classes de solos que apresentam gradiente textural, como os Argissolos e os Planossolos, ou quando existe a suspeita de teores elevados de alumínio nas camadas mais profundas, ou, então, quando existem indicativos da presença de salinidade ou tiomorfismo (ver Capítulo 2) em profundidade. Na coleta de material subsuperficial, é necessário grande cuidado para não misturá-lo com o material de superfície, sendo que a amostra deve ser analisada separadamente.

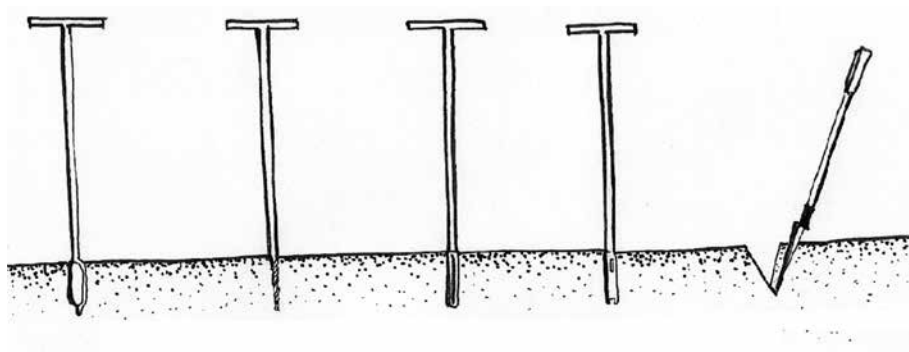
Apesar de ser frequente a recomendação de retirada de amostras simples até a profundidade de 20 cm, ela nem sempre deve ser adotada, especialmente no caso de implantação de culturas perenes ou semiperenes. Para cana-de-açúcar, por exemplo, especialistas sugerem, após o estabelecimento de áreas homogêneas, a coleta de amostras simples até a profundidade de 30 cm. E, no caso de algumas olerícolas, pode-se adotar uma profundidade de amostragem superficial menor que 20 cm. Logo, é sempre recomendável a obtenção de uma amostra composta superficial e uma amostra composta subsuperficial, sendo a primeira de acordo com a profundidade efetiva do sistema radicular, podendo a segunda variar conforme as características do solo.

No caso de área ainda não trabalhada, antes da coleta deve-se ter o cuidado de se preparar a superfície do solo nos locais escolhidos, para que seja feita a coleta de amostras simples, removendo pedras,

vegetação espontânea, folhas e outros materiais, com a devida cautela, para que não seja feita a remoção de parte do solo.

Quando a amostragem é praticada em áreas de culturas perenes, já implantadas e nunca adubadas, as amostras simples devem ser retiradas nos locais em que serão feitas as aplicações de adubo, de acordo com a área de projeção da copa (ver Figura 1 do Capítulo 6). Em áreas de culturas perenes implantadas e que têm recebido aplicação de adubos na superfície, devem ser retiradas duas amostras simples em cada local, sendo a primeira superficial, de 0 a 5 cm, e a segunda subsuperficial, de 5 cm até à profundidade efetiva das raízes, sempre coletadas de acordo com o descrito anteriormente. Em alguns casos, ainda se pode gerar três amostras compostas por área homogênea, a saber: 0 a 5 cm, 5 cm até a profundidade efetiva do sistema radicular e a subsuperficial, a partir do limite superior da segunda profundidade.

Para uma mesma amostra composta, todas as amostras simples devem ser coletadas a uma mesma profundidade e devem contribuir com o mesmo volume de material de solo. Preferencialmente, as amostras devem ser coletadas com o uso de trados (Figura 2), mas há casos em que, estando o terreno muito seco, é preciso abrir pequenas covas com o uso de enxada ou de outra ferramenta disponível para coleta.

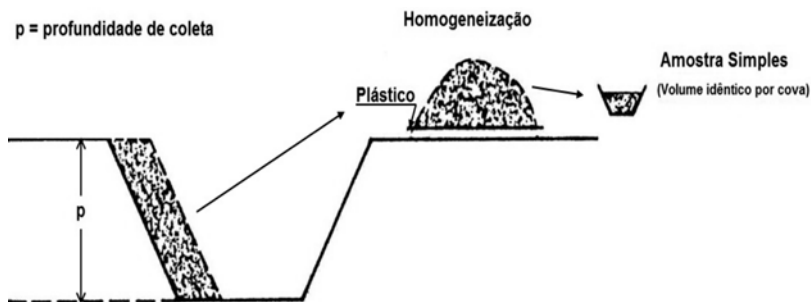


**Figura 2.** Ferramentas para a coleta de amostras de terra.

Ilustrador: Fabiano de Carvalho Balieiro

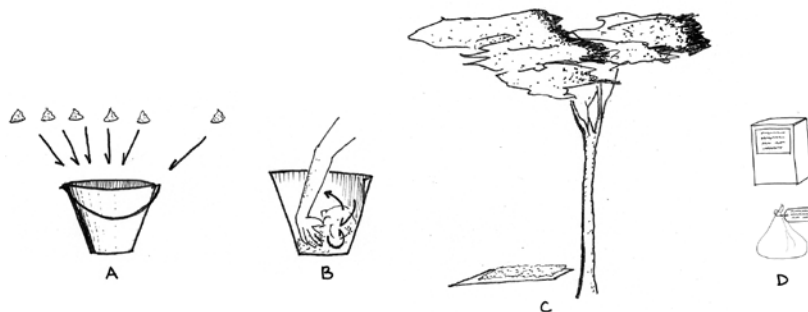
Para padronizar o volume de terra de cada amostra simples a ser utilizado para formar a amostra composta, é conveniente o uso de uma

medida única, que pode ser uma lata pequena ou um copo. A quantidade de material de solo é retirada após a homogeneização de uma fatia de terra até a profundidade desejada. Nesse procedimento, é necessário que a fatia apresente a mesma espessura em toda a sua extensão, de forma a existir idêntica contribuição das camadas que a compõem. A Figura 3 mostra, esquematicamente, o sistema recomendado para terrenos muito secos, onde a coleta deve ser feita com o auxílio de enxada e/ou pá reta. A Figura 4 ilustra a confecção de amostras compostas a partir de amostras coletadas com trado, e o envio ao laboratório para análise de terra.



**Figura 3.** Esquema para a obtenção de amostras simples, em terrenos muito secos.

Fonte: adaptado de De Polli et al. (1988).



**Figura 4.** Esquema para a obtenção de amostras compostas e posterior envio para análise: A) coleta de  $n$  amostras simples; B) mistura das amostras simples e homogeneização; C) secagem ao ar e à sombra; e D) identificação das amostras para envio ao laboratório.

Ilustrador: Fabiano de Carvalho Balieiro

### 4.1.3 Obtenção da amostra composta

O material das amostras simples referentes a cada amostra composta é reunido e misturado em um recipiente; por exemplo, um balde ou uma lata de 10 L ou 20 L, previamente limpo, em local em que não haja perigo de contaminação com material estranho. É sempre importante lembrar que não é rara a contaminação por cinza de cigarros, o que altera drasticamente os resultados da análise. Nesse recipiente, as amostras simples devem ser muito bem homogeneizadas. Em seguida, deve-se retirar uma amostra composta de cerca de 200 g a 300 g de terra, que deve ser acondicionada em um saco de plástico limpo, devidamente identificado. Mas, para análises complementares, inclusive a de atributos físicos, essa quantidade deve ser duplicada.

Uma amostra composta resulta da reunião e mistura do material de solo coletado em diversos pontos do terreno. Cada amostra composta deve representar uma área de até 10 ha. A rigor, quando ultrapassado esse limite, a gleba, presumidamente homogênea, deve ser novamente subdividida.

Idealmente, para constituir uma amostra composta, devem ser coletadas de 10 a 20 amostras por hectare, sendo o menor número para áreas homogêneas com menor variabilidade. A retirada de um número maior que 20 amostras simples por hectare provavelmente não aumenta, de maneira significativa, a qualidade da amostragem, no que concerne à sua representatividade. E, mesmo que a área seja considerada muito homogênea, não se deve retirar menos que 10 amostras simples por hectare para constituir a amostra composta.

Quando a gleba homogênea possui área igual ou menor que 2 ha, devem ser coletadas de 20 a 40 amostras simples para formar a amostra composta que será encaminhada para análise. Amostras compostas constituídas por menos de 20 amostras simples não são representativas do terreno, mesmo que esse tenha dimensões diminutas.

Os locais de onde serão coletadas as amostras simples devem ser determinados ao acaso, por caminharmento pela gleba, em intervalos predeterminados, que cubram toda a área, em geral de 20 a 30 passos. Devem ser evitados os locais em que o solo natural está visivelmente alterado pela atividade de formigas e termitas, ou por outra razão qualquer (como despejo de cal, de adubos, de cinzas, de esterco, entre

outros). Também devem ser evitadas as áreas próximas a currais, construções, estradas, drenos e canais de irrigação, bem como as áreas muito encharcadas. Se o solo estiver molhado, convém deixá-lo secar ao ar; as amostras simples, à sombra, para só depois misturá-las e retirar a amostra composta, que deve ser colocada na embalagem para remessa ao laboratório.

Se a amostragem for feita ainda com os restos da cultura anterior no campo, deve-se evitar a retirada de amostras simples nos sulcos de plantio. Se a cultura anterior tiver recebido adubo nos sulcos, a coleta de amostras simples apenas nos sulcos induzirá resultados que indicariam fertilidade maior do que a real, em virtude do efeito residual da adubação, principalmente para fósforo. Por sua vez, se a cultura anterior for esgotante, por exemplo, milho não adubado, a amostragem apenas nos sulcos de plantio levará a resultados mais baixos do que os do solo entre os sulcos, uma vez que houve retirada de nutrientes pela cultura conduzida anteriormente. Nesse caso, é preferível efetuar a amostragem nas entrelinhas da cultura anterior, pois convém lembrar que, após uma aração ou outra operação qualquer, caso não tenha sido feita uma marcação precisa, dificilmente os sulcos vão poder ser feitos exatamente em cima dos sulcos em que foi plantada a cultura anterior.

Em áreas em que a cultura ainda não foi estabelecida, seja ela de ciclo longo, seja curto, a amostragem deve ser feita pelo menos 90 dias antes do preparo do solo, visto que pode haver necessidade de aplicação de corretivos, que demandam um determinado tempo para a neutralização da acidez (Capítulo 5).

Para glebas homogêneas com mais de 100 ha, como ocorre nos tabuleiros costeiros do Estado do Rio de Janeiro, é economicamente pouco viável manter o critério numérico de 10 a 20 amostras simples por hectare e de uma amostra composta para, no máximo, 10 ha. Nessas áreas, essa intensidade de amostragem não traz resultados práticos para a recomendação de corretivos e/ou fertilizantes. Recorre-se, então, à estratégia de coletar amostras compostas em setores distribuídos pela área, em distâncias predeterminadas. Em cada setor, faz-se a coleta de 20 a 40 amostras simples, com o intervalo de uns 30 passos ao longo de um caminhar em espiral, para constituírem a amostra composta. Novamente, o menor número se aplica a áreas presumivelmente mais homogêneas.

Ao acondicionar cada amostra em saco de plástico limpo, o proprietário deve identificar perfeitamente cada uma delas por um número, que corresponde, em suas anotações, à localização na gleba de sua propriedade. É recomendável a identificação externa e a interna da amostra. Externamente, pode ser feita diretamente na embalagem, com o uso de caneta ou marcador. Internamente, recomenda-se o uso de um cartão, devendo as informações serem escritas a lápis.

Além da completa identificação da amostra, no momento de entrega no laboratório, devem ser fornecidas as seguintes informações: número da amostra; profundidade de amostragem; nome e contatos do interessado; nome da propriedade; município e estado; cultura a ser implantada; cultura anterior e sua produtividade; histórico de adubação e/ou calagem anterior; e sistema de produção (plantio direto, convencional ou orgânico). Tal procedimento é imprescindível para que a indicação de adubação e/ou calagem possa ser emitida pelos profissionais habilitados.

## **4.2 Análises laboratoriais**

No laboratório, as amostras de terra são protocoladas, registradas com um número de identificação e preparadas para as determinações analíticas. Após o preparo da amostra, pode ser feita a avaliação da textura pelo método expedito, além das seguintes análises: pH, carbono orgânico, quantificação dos teores de alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, sódio e acidez potencial (H+Al). É comum, em alguns laboratórios, a não determinação dos teores de carbono orgânico, de sódio e da acidez potencial. Porém, recomenda-se expressamente a realização dessas análises, uma vez que elas acrescentam informações importantes sobre o manejo da fertilidade do solo, bem como sobre riscos de degradação.

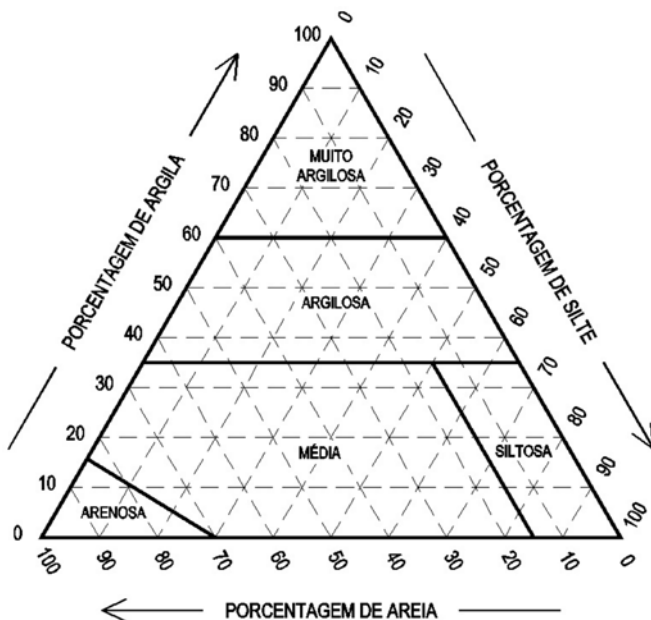
### **4.2.1 Preparo da amostra**

Consiste na secagem da terra, à sombra ou em estufa com circulação forçada, à temperatura de 40 °C. Em seguida, é feito o destorroamento, que consiste na destruição dos agregados; o material é, então, peneirado, utilizando-se peneira com malha de 2 mm. A amostra,

assim preparada, constitui a chamada “terra fina secada ao ar” (TFSA), que é usada para as determinações analíticas.

#### 4.2.2 Textura (avaliação expedita)

A textura pode ser determinada no campo, por meio do método expedito. Por esse método, os teores das frações granulométricas (areia, silte e argila) são estimados, tendo como base as sensações táteis que cada uma das frações confere quando submetida a manuseio (areia – aspereza; silte – sedosidade; entre outras) e a plasticidade (capacidade de moldar) e pegajosidade (capacidade de aderir) oferecida pelas amostras indicam o teor de argila. Para garantir uma correta avaliação, é necessário recorrer a um técnico bem treinado e ao emprego, quando possível, de padrões – amostras com composição granulométrica definida previamente, por meio da análise granulométrica. A textura é identificada por agrupamentos de classes texturais, conforme ilustrado na Figura 5 abaixo.



**Figura 5.** Triângulo generalizado para agrupamento de classes texturais.

Fonte: adaptado de Embrapa (2006).

### 4.2.3 pH

A determinação do pH é feita em suspensão terra-água, na proporção de 1:2,5. Após o preparo da suspensão, deve ser feita a agitação, seguida de repouso, por período de, no mínimo, 1 hora. No momento da leitura em potenciômetro, faz-se nova agitação.

### 4.2.4 Carbono orgânico

O carbono orgânico é determinado pelo método volumétrico do dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ , 0,2 mol L<sup>-1</sup>). O carbono da matéria orgânica da amostra é oxidado a  $CO_2$ , e o cromo (Cr) da solução extratora é reduzido (de  $Cr^{+6}$  a  $Cr^{+3}$ ). O excesso de dicromato é titulado com sulfato ferroso amoniacal. Os resultados são expressos em g kg<sup>-1</sup>.

Para o cálculo do teor de matéria orgânica do solo, multiplica-se o valor de C % por 1,724 (presumindo-se que a matéria orgânica do solo contenha 58% de carbono).

Para solos com teores elevados de carbono, como os Organosolos (Capítulo 2), outros métodos devem ser utilizados.

### 4.2.5 Extração e determinação de elementos

Extrator é o nome que se dá à substância teoricamente capaz de extrair da amostra de terra apenas a fração do elemento que a raiz poderia absorver. Frequentemente, essa fração é denominada de assimilável, embora tal designação não seja correta, pois o processo de assimilação dá-se no interior da célula e é uma etapa posterior à absorção radicular. Assim, entende-se por P-assimilável a fração do fósforo que pode ser absorvida, e por K-assimilável a fração do potássio que pode ser absorvida, e assim por diante.

Não existe um extrator ideal, isto é, que seja capaz de simular o comportamento da planta. Mesmo que isso fosse possível, seria necessário empregar um extrator não só para cada elemento, como também para cada planta, pois a capacidade extratora varia conforme a espécie, a cultivar/variedade e o estágio vegetativo.

A extração é uma etapa extremamente crítica. Se a amostragem tiver sido realizada corretamente, a eficiência da interpretação passará

a depender diretamente da natureza do extrator empregado. A finalidade do extrator, como se mencionou, é retirar da amostra tão somente a fração trocável do elemento. Contudo, não há extrator cuja eficiência seja igual a 100%. Existem extratores que retiram menos do que a planta (eficiência menor que 100%) e os que retiram mais do que a planta (eficiência maior que 100%). Se seguido à risca o resultado da análise, no primeiro caso, se adubaria em excesso, e, no segundo caso, menos do que a necessidade do vegetal. Por essa razão, é fundamental o estabelecimento de curvas de calibração para uma adequada interpretação dos resultados das análises.

Os métodos de análise de amostras de terra para fins de fertilidade adotados nos laboratórios do Estado do Rio de Janeiro são detalhados no *Manual de Métodos de Análises de Solos* (EMBRAPA, 1997). De acordo com esses métodos, os extratores utilizados são: para Ca, Mg e Al, solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; e, para K, P e Na, a solução de Mehlich-1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup> + HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>). Se forem determinados os teores de H+Al, utiliza-se a solução de acetato de cálcio (0,5 mol L<sup>-1</sup>, ajustada a pH 7,1).

Para amostras provenientes de área com agricultura orgânica, ou de áreas onde foram aplicados recentemente fosfatos de baixa solubilidade, é recomendado o uso do extrator bicarbonato de cálcio (método de Olsen).

Para a cana-de-açúcar, o extrator para K e P utilizado é o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pois as pesquisas desenvolvidas com essa cultura indicaram o estabelecimento de correlações mais estreitas do que as obtidas com o extrator Mehlich-1.

Após as determinações analíticas, os resultados são expressos da seguinte forma: Ca, Mg, Al, Na e H+Al, em centímol de carga por decímetro cúbico (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) de TFSA; e P e K, em miligrama por decímetro cúbico (mg dm<sup>-3</sup>).

Para solos com teores elevados de carbono, como os Organosolos (Capítulo 2), outros métodos devem ser utilizados para a avaliação dos teores de alumínio e de acidez potencial. Os resultados obtidos pelos métodos comumente utilizados para solos minerais superestimam esses valores e, em consequência, a necessidade de calagem.

## 4.2.6 Outras determinações

Além das determinações mencionadas, podem também ser quantificados os teores trocáveis de micronutrientes. No caso de solos salinos (Capítulo 2) ou com riscos de salinização, além do sódio e do pH, deve ser solicitada a análise da condutividade elétrica (C. E.) do extrato de saturação.

Entre os micronutrientes, os mais comumente determinados são cobre, ferro, manganês e zinco trocáveis. A quantificação é feita por espectrofotômetro de absorção atômica, após a extração com solução Mehlich-1.

## 4.2.7 Parâmetros derivados

De posse dos resultados da análise química de terra, podem ser calculados o valor S, o valor T, o valor V e a saturação por alumínio e por sódio. Esses índices são importantes para os estudos e o manejo da fertilidade do solo.

O valor S é a soma de bases trocáveis, expressa em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de TFSA:

$$S = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

A CTC (capacidade de troca de cátions) ou valor T é obtida pela soma das bases trocáveis mais a acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$ ), e é expressa em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de TFSA:

$$\text{Valor T} = \text{Valor S} + \text{Valor H (H} + \text{Al)}$$

Para o cálculo da saturação por bases (valor V), expressa em porcentagem (%), usar:

$$V = 100 \times \text{Valor S} / \text{Valor T}$$

A saturação por alumínio é calculada conforme a seguinte expressão:

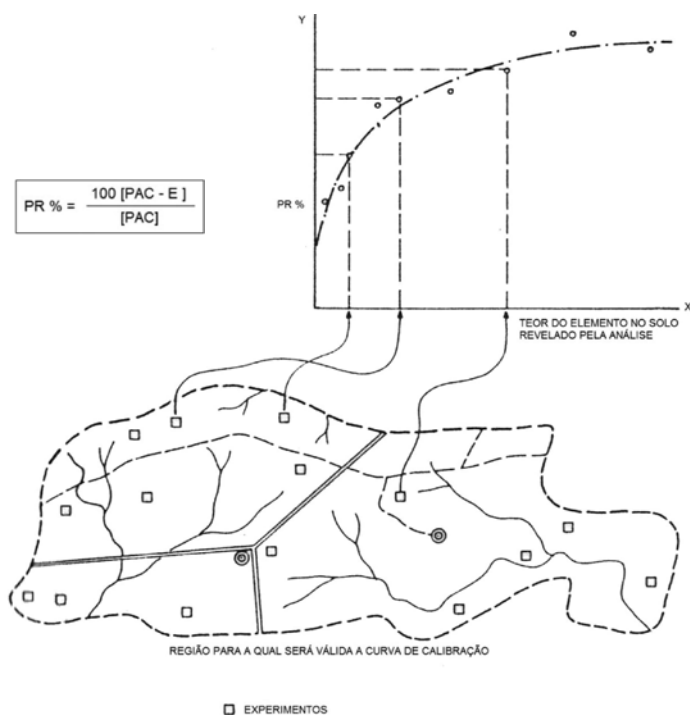
$$\text{Al sat} = 100 \text{ Al}^{+++} / S + \text{Al}^{+++}, \text{ e o resultado é expresso em \%}.$$

A saturação por sódio é calculada pela expressão:

Na sat =  $100 \text{ Na}/T$ , e o resultado é expresso em %.

## 4.3 Interpretação dos resultados

A interpretação dos resultados das análises é feita após o estabelecimento de níveis para os elementos, o que se faz a partir de estudos de correlação entre os teores do elemento revelados pela análise e a resposta da planta à adição de quantidades suplementares do elemento ao solo. Essa correlação faz-se mediante o preparo de curvas de calibração – cada uma válida para um dado elemento e preparada com os resultados das pesquisas de laboratório e campo. A Figura 6 fornece informações de como é construída uma curva de calibração.



**Figura 6.** Preparo de curva de calibração.

Fonte: Almeida et al. (1988).

Na região para a qual essa curva é válida, instalam-se experimentos com uma ou mais culturas. Nesses experimentos, o solo é previamente analisado, empregando-se, nessa análise, o mesmo extrator da análise química de rotina. Cada cultura é plantada em dois tipos de talhão (parcelas experimentais): um recebe adubação completa, e o outro, adubação idêntica, porém, sem o elemento para o qual será construída a curva de calibração. Na colheita, estabelece-se a produção relativa (PR %), que é a relação percentual entre a produção dos talhões que não receberam o elemento (PAC-E) e a produção dos talhões que o receberam (PAC), ou seja:

$$PR \% = 100 (PAC - E)/PAC.$$

A produção dos talhões que receberam adubação completa (PAC) é considerada como 100%.

Na curva de calibração, o teor do elemento no solo é plotado no eixo das abcissas (X), e a produção relativa, no das ordenadas (Y). Assim, o resultado de cada área de experimentação corresponde a um ponto da curva.

Mediante análise estatística, determina-se a curva que melhor se ajusta a esses pontos. Se o extrator é adequado, isto é, se os teores retirados pelo extrator e os valores determinados na análise refletem o status do nutriente no solo, a curva resultante tende a corresponder a uma hipérbole quadrática bastante semelhante à da cinética de absorção.

A partir da curva de calibração, são estabelecidos os teores do elemento que limitam as classes de fertilidade. Convencionalmente, os teores que correspondem a produções relativas de 70%, 90% e 98%, respectivamente, definem os limites superiores das classes de fertilidade “muito baixa”, “baixa”, e “média”. O valor que corresponde ao limite superior da classe média, multiplicado por 2, dará o extremo superior da classe “alta”. Acima desse teor, os valores obtidos nas análises compreenderão a classe de fertilidade “muito alta”.

Para a obtenção de curva de calibração com o detalhamento de interpretação em cinco níveis ou classes de fertilidade, é necessária a instalação de um grande número de experimentos. Quando isso não é possível, adotam-se curvas com número reduzido de pontos experimentais, o que diminui a precisão do método. Nesses casos, geralmente,

é também menor a subdivisão dos resultados em classes, chegando-se ao limite de serem estabelecidas somente duas categorias, separadas pelo “nível crítico” do nutriente. “Nível crítico” é o teor do elemento revelado pela análise, abaixo do qual é alta a probabilidade de resposta da planta à aplicação do nutriente em questão. Acima do nível crítico, diminui o tamanho da resposta da cultura à adubação, podendo ser até nula, caso o nutriente esteja presente em teores efetivamente elevados.

A expectativa é de que níveis críticos sejam diferentes para solos, para culturas e mesmo para cultivares ou variedades. Assim, à medida que novas informações forem sendo obtidas, a curva de calibração vai ficando mais detalhada, principalmente na porção em que há probabilidade de respostas positivas à adubação, para a subdivisão em maior número de classes.

Desde a década de 1970, no Estado do Rio de Janeiro, são realizadas reuniões entre os profissionais de instituições de ensino e os da pesquisa, visando ao aperfeiçoamento das interpretações vigentes. Essas reuniões resultaram no estabelecimento dos níveis, que são apresentados na Tabela 1.

Particularmente para a cultura da cana-de-açúcar, adotam-se, no Estado do Rio de Janeiro, valores distintos para P e K, conforme se lê na Tabela 2.

As interpretações para outros parâmetros adotadas pelos laboratórios do Rio de Janeiro estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 1.** Interpretação dos resultados de análises de rotina de fósforo e potássio, no Estado do Rio de Janeiro, com extrator Mehlich-1.

| Nível      | P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Baixo      | Até 10                      | Até 45                      |
| Médio      | 11–20                       | 46–90                       |
| Alto       | 21–30                       | 91–135                      |
| Muito alto | > 30                        | > 135                       |

**Tabela 2.** Interpretação dos resultados de análise de fósforo e potássio com extrator  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 mol L<sup>-1</sup>.

| Classe de fertilidade | P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Muito baixa           | 0 – 14                      | 0 – 40                      |
| Baixa                 | 15 – 28                     | 41 – 80                     |
| Média                 | 29 – 42                     | 81 – 120                    |
| Alta                  | 43 – 56                     | 121 – 160                   |
| Muito alta            | > 56                        | > 160                       |

**Tabela 3.** Interpretação dos resultados de análise de alumínio, soma de cálcio e magnésio, teor de carbono orgânico e pH.

| Parâmetro        | Unidade                            | Resultado  | Interpretação          |
|------------------|------------------------------------|------------|------------------------|
| Alumínio         | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0 – 0,3    | Baixo                  |
|                  |                                    | > 0,3      | Alto                   |
| Ca + Mg          | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> | 0 – 2,0    | Baixo                  |
|                  |                                    | 2,1 – 6,0  | Médio                  |
|                  |                                    | 6,1 – 10,0 | Alto                   |
|                  |                                    | > 10,0     | Muito alto             |
| Carbono orgânico | g kg <sup>-1</sup>                 | Até 10     | Baixo                  |
|                  |                                    | 11 – 20    | Médio                  |
|                  |                                    | > 20       | Alto                   |
| pH               | pH                                 | < 4,4      | Extremamente ácido     |
|                  |                                    | 4,4 – 5,3  | Fortemente ácido       |
|                  |                                    | 5,4 – 6,5  | Moderadamente ácido    |
|                  |                                    | 6,6 – 7,3  | Neutro                 |
|                  |                                    | 7,4 – 8,3  | Moderadamente alcalino |
|                  |                                    | > 8,3      | Fortemente alcalino    |

Nas planilhas deste manual, que trazem as recomendações de calagem e adubação para várias culturas, foram consideradas informações sobre respostas das culturas à adubação, obtidas nas condições do Estado do Rio de Janeiro. Para algumas culturas, foram também consideradas indicações de outros estados, quando essas podiam ser adaptadas às condições de solo e clima do Rio de Janeiro.

As planilhas do Capítulo 14 deste manual apresentam os níveis dos elementos nas amostras de terra e as doses recomendadas para várias culturas e classes.

Para a recomendação da adubação mineral fosfatada, bem como da potássica, foram feitos alguns ajustes dos níveis críticos gerais adotados às condições específicas de exigência das culturas. No Capítulo 13, são discutidos os critérios adotados para as recomendações que constam das planilhas das culturas. Na maioria dos laboratórios de análise de terra em atividade no Brasil, o nitrogênio não é determinado rotineiramente, porque até agora não foram obtidas as correlações entre os resultados das análises e as respostas às aplicações desse elemento, imprescindíveis para uma interpretação eficiente.

O nitrogênio, que é requerido em maiores quantidades pela maioria das culturas, apresenta padrão diferente dos elementos P, K, Ca e Mg, e é extremamente móvel no solo. Além disso, é grande a variação do seu teor no solo, em decorrência dos processos de mineralização da matéria orgânica e da variação das suas formas e da imobilização do N, processos esses que atuam simultaneamente.

Por essas razões, nas recomendações apresentadas neste manual, atenção especial é dada ao suprimento de nitrogênio para cada cultura, com ênfase na aplicação de adubos orgânicos, com ou sem complementação de adubo mineral nitrogenado, dependendo da exigência da cultura e da situação em que é explorada.

É de extrema importância que os agricultores sempre recebam resultados confiáveis dos laboratórios de fertilidade que analisam suas amostras de terra. Hoje em dia, existem programas de controle de qualidade para laboratórios de fertilidade. Nesses programas, os laboratórios são avaliados e comparados uns com os outros, e, decorrido 1 ano da avaliação, os que têm melhor desempenho são habilitados ao uso de um selo de qualidade. Atualmente, existem cinco programas de controle de qualidade de análise de terra no Brasil. O de maior abran-

gência é o Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade (PAQLF), coordenado pela Embrapa Solos, do qual participam mais de 100 laboratórios de 25 estados, incluindo o Estado do Rio de Janeiro, os quais utilizam o Método Embrapa de Análise de Terra. Os laboratórios de análise de fertilidade do solo no Estado do Rio de Janeiro que participam do PAQLF são:

- Embrapa Solos  
Rua Jardim Botânico, 1.024, CEP 22460-000, Rio de Janeiro, RJ  
Obs.: disponível apenas para projetos de pesquisa e desenvolvimento próprios.
- Centro de Análises/Campus Dr. Leonel Miranda, UFRRJ  
Rodovia do Açúcar, s/nº, Km 05, Penha, CEP 28020-560, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Fundenor  
Av. Presidente Vargas, 180, CEP 28050-010, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Embrapa Agrobiologia  
Rodovia BR 465, Km 7, CEP 23890 -000, Seropédica, RJ.



## Capítulo 5

# **Aubos e corretivos**

*David Vilas Boas de Campos*

*Luiz Rodrigues Freire*

*Everaldo Zonta*

*Paulo Augusto da Eira*

*Fernando Faria Duque<sup>†</sup>*

*Helvécio De-Polli*

*Sebastião Manhães Souto*

*Gabriel de Araújo Santos*

*Lúcia Helena Cunha dos Anjos*

O solo, mesmo quando detentor de adequada fertilidade natural, tende a apresentar, após cultivos sucessivos, diminuição em sua capacidade de fornecimento de nutrientes e de elementos benéficos em quantidade necessária para a manutenção dos níveis de produtividade das lavouras. Para que não ocorra uma redução da disponibilidade de nutrientes no solo, devem ser adotadas medidas para a correção, a manutenção ou o aumento da sua fertilidade, pois a atividade agrícola é exportadora de nutrientes. Essas medidas são realizadas pela aplicação de corretivos e adubos orgânicos e/ou minerais no solo e de adoção de práticas de manejo que preserve as características físicas, químicas e biológicas do solo, pois somente assim pode-se manter a fertilidade do solo entendida em sentido mais amplo.

Entretanto, as práticas de adubação antes preconizadas nos modelos de produção agrícola podem se mostrar não sustentáveis, pelos riscos de contaminação de aquíferos e mananciais hídricos, pela lixiviação de íons e pela eutroficação de ambientes aquáticos. Modelos atuais de manejo da fertilidade do solo pressupõem uso de doses, produtos e formas de aplicação que proporcionam melhor aproveitamento dos nutrientes pelas culturas, assim resultando em economia para o produtor e redução da poluição do solo e da água.

A correção da acidez do solo faz-se necessária quando os solos apresentam características químicas inadequadas, como teores elevados de alumínio e acidez acentuada. Solos corrigidos e bem manejados possibilitam: aumento de produtividade das culturas, maior atividade biológica, aumento da disponibilidade de nutrientes no solo e aumento da eficiência de utilização dos adubos.

Como, na maioria dos solos do Estado do Rio de Janeiro onde há atividade agrícola, a fertilidade natural é baixa, é preciso adotar a prática de correção para tornar satisfatória a produtividade das culturas. Em algumas áreas do estado, sobretudo na Região Serrana, o uso da terra para a produção de hortaliças elevou a fertilidade do solo para níveis em que é suficiente a prática da adubação de manutenção. A correção do solo é feita, como em todo o Brasil, por calagem e fosfatagem. O uso de calcário é a mais econômica e eficiente forma de correção da acidez do solo e ainda fornece quantidades apropriadas de Ca e Mg para as plantas. A fosfatagem é pouco praticada, mas se trata da correção do elemento mais limitante à produtividade no Estado do Rio de Janeiro, que é o fósforo, com o uso de fosfatos naturais de baixa reatividade. Tendo em vista a baixa eficiência da maioria dos nossos fosfatos naturais, nem sempre, do ponto de vista ecológico e econômico, é conveniente usá-los. É importante ressaltar que a correção da fertilidade do solo é fator determinante para garantir a eficiência dos nutrientes aplicados por meio do uso de adubos minerais ou orgânicos.

Atualmente, além de calcário, são utilizados o gesso agrícola e silicatos de cálcio como corretivos de solo no Estado do Rio de Janeiro, sobretudo para fruteiras e na cultura da cana-de-açúcar. O gesso agrícola atua fornecendo sulfato solúvel ao solo, que é fonte de enxofre, e também é condicionador químico do solo, o que, entre outros benefícios, melhora a distribuição de nutrientes e neutraliza a acidez ativa em profundidade. O uso do gesso agrícola nessas culturas é um

fator preponderante da produtividade, pois causa melhor distribuição do sistema radicular em profundidade, que é essencial para a tolerância a estresses hídricos e também para o melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis no solo. Em termos gerais, a recomendação de gesso agrícola é relativa à necessidade de calagem, pois é possível substituir até um terço da quantidade de calcário recomendada por gesso agrícola no momento da correção do solo. Porém, essa prática é pouco recomendada em solos com reduzida permeabilidade e não deve ser usada em solos com salinidade ou tiomorfismo (Capítulo 2).

Atualmente, o uso de plantas que acumulam nitrogênio através do processo de fixação biológica de  $N_2$ , sobretudo as leguminosas, é um excelente recurso para a correção da disponibilidade de nitrogênio, sobretudo nas propriedades onde se pratica a agricultura familiar. Outra prática importante para a manutenção da fertilidade do solo é baseada na reciclagem de nutrientes, sobretudo de resíduos agrícolas e agroindustriais. O uso de escórias, subprodutos da agroindústria, cama de aviários, esterco bovino e, ainda, dejetos de suínos é relevante para a sustentabilidade dos sistemas de produção, principalmente em arranjos produtivos locais, garantindo a economia de fertilizantes e dos recursos naturais.

Um dos fatores mais importantes para uma ótima produtividade das culturas é a adubação racional, eficiente e equilibrada. A adubação maximiza a produtividade dos cultivos agrícolas, porém, o uso de fertilizantes também aumenta os custos de produção. A eficiência das adubações é influenciada pelas características específicas dos fertilizantes, pela dosagem, pelo método e pela forma de aplicação, e também pelas práticas de manejo e características do solo.

Para otimizar a eficiência agrônômica dos nutrientes nos sistemas de produção, principalmente os provenientes de adubos minerais, é preciso utilizar práticas que potencializem a fertilidade física e biológica do solo, como a manutenção da palhada sobre o solo e a rotação de culturas.

Os adubos ou fertilizantes são compostos químicos, minerais ou orgânicos, naturais ou sintéticos, que contenham um ou mais nutrientes empregados para suprir as necessidades nutricionais das plantas. A Instrução Normativa do Ministério da Agricultura nº 25, de 23 de julho de 2009 (BRASIL, 2009), define as normas sobre as especificações

e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

Neste capítulo, são apresentados os principais tipos de adubo mineral e de corretivos disponíveis no mercado nacional, com ênfase aos mais adequados para o Estado do Rio de Janeiro.

## **5.1 Fertilizantes ou adubos minerais**

Fertilizante ou adubo mineral é um produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, que fornece um ou mais nutrientes às plantas. Os fertilizantes minerais podem ser simples, quando constituídos basicamente de um composto químico, que contém um ou mais nutrientes minerais; mistos, quando resultantes da mistura de dois ou mais fertilizantes simples; e complexos, quando resultantes de processo tecnológico em que se formam dois ou mais compostos químicos.

A utilização de fertilizantes minerais em doses exageradas pode ser prejudicial às plantas tanto pela concentração exagerada de sais quanto pela presença de substâncias tóxicas; ademais, doses exageradas podem produzir impactos ambientais indesejados e/ou acumular substâncias incompatíveis com a qualidade dos alimentos.

### **5.1.1 Fertilizantes minerais nitrogenados**

Os principais produtos usados como adubos minerais nitrogenados são fornecedores de nitrogênio, principalmente na forma amoniacal, amídica e nítrica. Em alguns casos, também pode fornecer cálcio, magnésio e/ou enxofre. Suas fórmulas e os teores de nutrientes que apresentam podem ser verificados na Tabela 1.

Atualmente, a ureia tem merecido destaque na pesquisa agropecuária, pois corresponde a 60% dos fertilizantes nitrogenados em uso no Brasil, seguida do sulfato de amônio. Esses dois fertilizantes tendem a aumentar a acidez do solo, em virtude da sua transformação microbológica.

Os adubos nitrogenados são solúveis em água. No solo, liberam rapidamente íons nitrogenados na solução, principalmente na forma de amônio. Essa forma de nitrogênio é instável no solo e pode ser perdida

em grande quantidade, pela volatilização de  $\text{NH}_3$  para o ar, ou na forma de  $\text{NO}_3^-$ . Ao ser convertida, por transformações microbianas, em nitrato, aumentam-se as chances de perdas por lixiviação.

**Tabela 1.** Adubos minerais nitrogenados (teores em %).

| Produto                                                                         | N total | N nítrico | N amoniacal | N amídico | CaO | MgO | S  |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|-------------|-----------|-----|-----|----|
| Amônia anidra ( $\text{NH}_3$ )                                                 | 82      | –         | 82          | –         | –   | –   | –  |
| Aquamônia ( $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ )                                | 16–21   | –         | 16–21       | –         | –   | –   | –  |
| Nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )                                  | 34      | 17        | 17          | –         | –   | –   | –  |
| Nitrato de cálcio [ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ]                                | 14      | 14        | –           | –         | 28  | –   | –  |
| Nitrato de sódio ( $\text{NaNO}_3$ )                                            | 14      | 14        | –           | –         | –   | –   | –  |
| Nitrocálcio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{calcário}$ )                      | 22–27   | 13,5      | 13,5        | –         | 7   | 3   | –  |
| Sulfato de amônio [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ]                              | 20      | –         | 20          | –         | –   | –   | 24 |
| Sulfonitrato de amônio ( $\text{NH}_4 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ) | 25–26   | 13        | 13          | –         | –   | –   | 15 |
| Ureia [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ]                                            | 45      | –         | –           | 45        | –   | –   | –  |

Fonte: Brasil (2009).

## 5.1.2 Fertilizantes minerais fosfatados

Os adubos fosfatados são avaliados em função dos teores solúveis em água, em soluções de ácido cítrico e em soluções de citrato neutro de amônio, cujos valores representam o fósforo assimilável, bem como em função do fósforo total. A diferença entre os teores solúveis em ácido cítrico ou em citrato e o fósforo total indica a quantidade de fósforo passível de ser utilizada pelas plantas. Para fins de apreciação da qualidade do adubo fosfatado, deve ser dada atenção à fração disponível, e não à quantidade de fósforo total, especialmente para culturas de ciclo curto.

Em atenção à legislação pertinente, os teores de fósforo são expressos sob a forma de  $P_2O_5$ , composto este que não está presente no adubo. A forma de representação é uma maneira de se expressar a quantidade de fósforo, e é mantida na legislação por convenção e por ser a forma tradicional de representar os teores desse elemento.

Os principais adubos minerais fosfatados estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Adubos minerais fosfatados (teores em %).

| <b>Produto</b>                         | <b><math>P_2O_5</math><br/>total</b> | <b><math>P_2O_5</math><br/>solução<br/>em ácido<br/>citrício</b> | <b><math>P_2O_5</math><br/>solução<br/>em água</b> | <b>CaO</b> | <b>Tipo/<br/>Observação</b>                          |
|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------|
| Superfosfato simples                   | 19–21                                | 18                                                               | 16                                                 | 25–28      | Solúvel em água, contém enxofre (12% a 14%)          |
| Superfosfato 30                        | 30                                   | 30                                                               | 22                                                 | 28         | Solúvel em água, contém enxofre (8%)                 |
| Superfosfato triplo                    | 42–48                                | 40–44                                                            | 37                                                 | 17–23      | Solúvel em água                                      |
| Termofosfato                           | 19                                   | 18                                                               | –                                                  | 30         | Fosfossilicatos, contém 18% de Mg, expresso como MgO |
| Fosfato monoamônico (MAP)              | 48–60                                | 48–60                                                            | 48–60                                              | –          | Fosfato amoniacal, contém 11% de N                   |
| Fosfato diamônico (DAP)                | 44–52                                | 44–52                                                            | 44–52                                              | –          | Fosfato amoniacal, contém 18% de N                   |
| Fosfato de Araxá                       | 28–30                                | 5–6                                                              | –                                                  | 42–45      | Fosfato natural                                      |
| Fosfato de Patos de Minas              | 24                                   | 4                                                                | –                                                  | 28         | Fosfato natural                                      |
| Fosfato natural parcialmente acidulado | 26                                   | 11                                                               | 10                                                 | 35         | Solúvel em água, contém enxofre (7%)                 |
| Fosforita da Flórida                   | 30–31                                | 7–8                                                              | –                                                  | 42–45      | Fosfato natural                                      |
| Fosforita de Olinda                    | 28–30                                | 6–8                                                              | –                                                  | 42–45      | Fosfato natural                                      |
| Hiperfosfato                           | 32                                   | 12–14                                                            | –                                                  | 40–42      | Fosfato natural                                      |

Os adubos fosfatados são, em geral, fontes também de cálcio, e alguns deles contêm, ainda, magnésio (termofosfato), nitrogênio (MAP e DAP) e enxofre (superfosfato simples e fosfato natural parcialmente acidulado).

Para culturas com alto retorno econômico, em cuja exploração o custo dos fertilizantes representa uma pequena parcela do custo de produção, a preferência pode recair sobre os fosfatos de alta eficácia imediata, como os solúveis em água; por exemplo, o superfosfato simples, o superfosfato triplo e o MAP.

### 5.1.3 Fertilizantes minerais potássicos

Na Tabela 3, são apresentados os produtos mais usados, como adubos minerais potássicos simples, com teores de potássio, cálcio, magnésio e enxofre com os quais são encontrados.

De maneira similar ao exposto para o fósforo, em atenção à legislação pertinente, os teores de potássio são expressos sob a forma de  $K_2O$ , composto este que não está presente no adubo. A forma de representação é uma maneira de se expressar a quantidade de potássio, e é mantida na legislação por convenção e por ser a forma tradicional de representar os teores desse elemento.

**Tabela 3.** Adubos minerais potássicos (teores em %).

| Produto                                            | $K_2O$ | CaO   | MgO   | S     |
|----------------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Cloreto de potássio (KCl)                          | 58–62  | 0–3   | 0–3   | 0–3   |
| Sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ )                  | 48–52  | 0–2,5 | 0–2   | 15–19 |
| Nitrato de potássio ( $KNO_3$ contém 12% de N)     | 44     | –     | –     | –     |
| Sulfato de potássio e magnésio [ $K_2Mg(SO_4)_2$ ] | 20–22  | –     | 18–19 | 20–22 |

Todos os fertilizantes potássicos são solúveis em água e compatíveis para serem misturados com a maioria dos fertilizantes comerciais. O fertilizante potássico mais consumido no Estado do Rio de Janeiro é o cloreto de potássio (KCl), por ser o de menor custo por quilo de potássio aplicado. A maior parte consumida no Brasil é importada; portanto, o manejo da adubação potássica deve ser o mais adequado possível para que a eficácia agronômica seja maximizada.

Uma prática recomendada a ser associada à adubação potássica é o uso de plantas de cobertura ou de fertilizantes verdes, sobretudo leguminosas, como *Crotalaria juncea*, *C. spectabilis*, feijão-de-porco e mucuna-cinza, e/ou gramíneas, como o capim-elefante (*Panicum maximum*) e o milheto (*Sorghum bicolor*). Essas espécies adicionam, no caso das leguminosas, expressiva quantidade de N-fixado biologicamente e também reciclam grande quantidade de potássio. Nesse caso, as gramíneas são as grandes “bombas recicladoras” de potássio nos sistemas produtivos com rotação de culturas. Milheto, por exemplo, emite raízes com até 2 m de profundidade e reciclam para a superfície do solo grandes quantidades de potássio (até 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) por ciclo. Portanto, a prática da reciclagem de potássio é fator preponderante para os cálculos de adubação potássica para os cultivos, sobretudo em solos com fertilidade já construída.

### 5.1.4 Adubos com enxofre

Os principais produtos que podem ser usados como fonte de enxofre para as culturas são apresentados na Tabela 4.

Como pode ser observado na Tabela 4, dependendo do adubo escolhido, o enxofre poderá ser fornecido, acompanhando a adubação nitrogenada, a fosfatada ou a potássica, ou com a aplicação de gesso agrícola (sulfato de cálcio).

A deficiência de enxofre tem sido observada em muitas culturas, principalmente em solos cultivados há muito tempo sem receber adubações que forneçam esse elemento. Nos programas de adubação, o equilíbrio entre os nutrientes merece atenção, pois a utilização de fertilizantes concentrados com elevados teores de P e/ou de N pode provocar a deficiência de S quando o teor nos solos é baixo, e provocar desbalanceamento entre ânions. Para prevenir tais ocorrências, uma

boa estratégia para os produtores é a de utilizar adubos que contenham também o S ou, pelo menos, uma das fontes de macronutrientes (N, P ou K) que o contenha.

**Tabela 4.** Adubos com enxofre (teores em %).

| Produto                                | Porcentagem de S |
|----------------------------------------|------------------|
| Enxofre elementar                      | 98–99            |
| Fosfato natural parcialmente acidulado | 7                |
| Sulfato de amônio                      | 24               |
| Sulfato de cálcio (gesso agrícola)     | 15–16            |
| Sulfato de magnésio                    | 13–14            |
| Sulfato de potássio                    | 15–19            |
| Sulfato de potássio e magnésio         | 20–22            |
| Sulfonitrato de amônio                 | 15               |
| Superfosfato simples                   | 12–14            |
| Ureia + enxofre (com 40% de N)         | 7–12             |

### 5.1.5 Fertilizantes com micronutrientes

Os minerais mais utilizados com fontes inorgânicas de micronutrientes, com suas características principais, são apresentados na Tabela 5.

As fontes inorgânicas de micronutrientes apresentadas nessa tabela podem ser solúveis ou insolúveis em água. A solubilidade em água é fator determinante da eficiência agrônômica em curto prazo, para aplicações localizadas em sulco e produtos na forma granulada (ABREU et al., 2007).

Entre as fontes orgânicas, deve ser ressaltada a dos quelatos, que são estruturas cíclicas de um átomo metálico e um componente orgânico. Os quelatos podem ser aplicados no solo ou nas folhas. Alguns exemplos de quelatos sintéticos são apresentados a seguir,

**Tabela 5.** Fontes inorgânicas de micronutrientes.

| Elemento/Produto                                                                                                                       | Concentração do elemento (%) | Solubilidade em água (g L <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Boro</b>                                                                                                                            |                              |                                           |
| Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )                                                                                               | 17                           | 63                                        |
| Bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )                                                                 | 11                           | 20                                        |
| Borato 46 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )                                                              | 14                           | 226                                       |
| Borato 65 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )                                                                                        | 20                           | 10                                        |
| Solubor ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )                                                                | 20                           | –                                         |
| Ulexita ( $\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$<br>$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) | –                            | Insolúvel                                 |
| <b>Cobre</b>                                                                                                                           |                              |                                           |
| Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )                                                                         | 25                           | 316                                       |
| Óxido de cobre ( $\text{CuO}$ )                                                                                                        | 75                           | Insolúvel                                 |
| <b>Ferro</b>                                                                                                                           |                              |                                           |
| Sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )                                                                          | 19                           | 156                                       |
| Sulfato férrico ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ )                                                             | 23                           | 4.400                                     |
| <b>Manganês</b>                                                                                                                        |                              |                                           |
| Sulfato manganoso ( $\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )                                                                        | 26–28                        | 742                                       |
| Óxido manganoso ( $\text{MnO}$ )                                                                                                       | 41–68                        | Insolúvel                                 |
| <b>Molibdênio</b>                                                                                                                      |                              |                                           |
| Molibdato de amônio<br>[( $\text{NH}_4$ ) $6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ]                                      | 54                           | 430                                       |
| Molibdato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )                                                              | 39                           | 562                                       |
| Óxido de molibdênio ( $\text{MoO}_3$ )                                                                                                 | 66                           | 1                                         |
| <b>Zinco</b>                                                                                                                           |                              |                                           |
| Sulfato de zinco ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )                                                                         | 23                           | 965                                       |
| Óxido de zinco ( $\text{ZnO}$ )                                                                                                        | 78                           | Insolúvel                                 |

Fonte: adaptado de Abreu et al. (2007).

com o teor do metal, em percentual, neles contidos:  $\text{Na}_2\text{Cu}$  EDTA (13);  $\text{NaFe}$  EDTA (5-14); e  $\text{Na}_2\text{Zn}$  EDTA (14).

Outra fonte de micronutrientes existente no mercado é a dos silicatados (*fritted trace elements*) no Brasil, conhecidos como F. T. E. ou “fritas”. Esse produto é apresentado, comercialmente, como um fertilizante quimicamente neutro, não higroscópico, que pode ser misturado com outros fertilizantes, sem problema de incompatibilidade química, ou que, em virtude de sua incompatibilização gradativa, reduz o perigo da fitotoxicidade e apresenta efeito residual por não ser lixiviado no solo. Contudo, há reduzida pesquisa científica no Brasil que confirme todas essas vantagens.

### 5.1.6 Fórmulas NPK

A necessidade de uso simultâneo de diferentes nutrientes, em especial nitrogênio, fósforo e potássio, pode ser atendida pela aplicação dos fertilizantes chamados compostos ou formulados. Nesses adubos, a composição é definida por três números, que expressam, respectivamente, as porcentagens de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  equivalentes aos produtos que compõem a fórmula NPK.

No mercado, existem diversas formulações que permitem muitas opções de uso. As principais considerações a respeito são as que se seguem.

A proporção entre os nutrientes, calculada pela divisão dos três números pelo menor deles (geralmente o referente ao nitrogênio), define a fórmula ou a proporção básica e permite a comparação entre os diferentes adubos (Capítulo 7, item 7.4.1).

A escolha de uma fórmula é condicionada pela proporção em que aparecem os nutrientes N, P e K na recomendação específica. Assim, para atender à necessidade de adubação de uma cultura para a aplicação no plantio, por hectare, das doses de 30 kg de N, 90 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 60 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ , deve-se escolher uma fórmula NPK cuja proporção básica seja igual a 1:3:2. Exemplos desses adubos são as fórmulas 5-15-10, 6-18-12 e 8-24-16, que deverão ser aplicadas, nesse caso, nas quantidades de 600 kg ha<sup>-1</sup>, 500 kg ha<sup>-1</sup> e 375 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

O procedimento para os cálculos é representado pelos seguintes passos:

- Obter a proporção básica entre os nutrientes, o que se consegue pela divisão das quantidades recomendadas de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  pelo menor número; no exemplo dado, 30/30, 90/30 e 60/30 geram 1:3:2.
- Verificar, entre os adubos formulados disponíveis no mercado, quais são os que apresentam idêntica proporção de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ .
- Proceder à avaliação econômica dos produtos comerciais (ver Capítulo 12).
- Calcular a quantidade do adubo comercial que atenda às doses recomendadas. No exemplo dado, e considerando-se a fórmula 8-24-16, sabe-se que em 100 kg de 8-24-16 há 8 kg de N; portanto, para o fornecimento de 30 kg de N, são necessários 375 kg dessa fórmula. Como a proporção básica é igual tanto para as quantidades recomendadas quanto para as existentes de adubo, o uso de 375 kg da fórmula 8-24-16 fornecerá ao solo 30 kg de N, 90 kg de  $P_2O_5$  e 60 kg de  $K_2O$ , por hectare.

A fórmula NPK pode ser preparada na propriedade, por meio da mistura de quantidades adequadas dos fertilizantes simples ou mistos. Dessa forma, cuidados devem ser tomados para evitar misturas malfeitas ou reações indesejadas pelos componentes a serem misturados. As incompatibilidades entre os produtos da mistura a ser feita as quais devem ser consideradas são as relacionadas com a granulometria dos componentes, com a sua higroscopicidade e com a possibilidade de ocorrência de reações químicas que provoquem perdas ou diminuam a eficiência dos nutrientes (Tabela 6).

Na forma sólida, os fertilizantes NPK poderão ser apresentados como granulados (cada grânulo contém os elementos garantidos do produto), mistura de grânulos (os grânulos contém, separadamente, os nutrientes na proporção especificada do produto) ou, ainda, como mistura de pós ou farelados. Os fertilizantes fluidos (suspensão, solução ou emulsão) apresentam vantagens quanto a sua aplicação, por serem mais homogêneos que os fertilizantes sólidos.

Na aquisição de fertilizantes já misturados ou que deverão sê-lo, é fundamental verificar o tamanho das partículas que compõem a mistura. À exceção das fórmulas NPK granuladas ou fluidas, se os componentes apresentarem granulometria variada, poderá ocorrer sua

segregação, que consiste na separação das partículas que compõem a mistura dos fertilizantes, por ordem de tamanho. Esse fenômeno implica a distribuição irregular dos nutrientes, com prejuízos decorrentes da distribuição heterogênea no campo, o que resulta em aplicação irregular dos nutrientes.

Outras características físicas e químicas dos fertilizantes, igualmente importantes, devem ser observadas, como: a solubilidade, a higroscopicidade, a salinidade, o empedramento e a reação no solo. Vale a pena observar que, dependendo do fertilizante escolhido, esse pode acidificar o solo, como o sulfato de amônio, a ureia, o MAP e o DAP; ou, então, alcalinizar o solo, como o fosfato natural. Os fertilizantes potássicos podem ser considerados de reação neutra.

**Tabela 6.** Compatibilidade entre alguns adubos simples.

| Mistura de adubos             | 1 | 2                | 3 | 4 | 5 | 6 | 7  | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------------------------------|---|------------------|---|---|---|---|----|---|---|----|----|----|
| Sulfato de amônio (1)         | – | c <sup>(1)</sup> | c | c | c | c | c  | c | c | c  | i  | c  |
| Nitrato de sódio (2)          | c | –                | c | c | c | c | c  | c | c | c  | c  | c  |
| Nitrato de potássio (3)       | c | c                | – | c | c | c | c  | c | c | c  | c  | c  |
| Nitrocálcio (4)               | c | c                | c | – | c | c | c  | c | c | c  | i  | c  |
| Nitrato de amônio (5)         | c | c                | c | c | – | c | c  | c | c | c  | i  | c  |
| Sulfonitrato de amônio (6)    | c | c                | c | c | c | – | c  | c | c | c  | i  | c  |
| Ureia (7)                     | c | c                | c | c | c | c | –  | c | c | c  | ix | c  |
| Superfosfatos (8)             | c | c                | c | c | c | c | c  | – | c | c  | i  | c  |
| Fosfato monoamônico (MAP) (9) | c | c                | c | c | c | c | c  | i | – | c  | i  | c  |
| Fosfato diamônico (10)        | c | c                | c | c | c | c | c  | i | c | –  | i  | c  |
| Termofosfatos (11)            | i | c                | c | i | i | i | ix | i | i | i  | –  | i  |
| Fosfatos naturais (12)        | c | c                | c | c | c | c | c  | c | c | c  | i  | –  |

<sup>(1)</sup> c = compatíveis; i = incompatíveis; x = podem ser misturados para aplicação imediata.

## 5.2 Corretivos

Os solos brasileiros são predominantemente ácidos, apresentando toxidez para a maioria das plantas, por excesso de alumínio, e possuem baixos níveis de cálcio e magnésio. Para solucionar esse problema, a recomendação técnica é a utilização de corretivos do solo. O uso adequado de corretivos como, por exemplo, o calcário, além de diminuir a acidez do solo, estimula a atividade microbiana, promove a fixação simbiótica de N pelas bactérias e aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Os materiais que podem ser utilizados na correção da acidez dos solos são aqueles que contêm, em sua composição química, óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e/ou magnésio. Entre esses materiais, o calcário – rocha calcária moída – é o mais usado como corretivo, graças à frequência e à abundância com que ocorre na natureza. Em sua composição, predomina o carbonato de cálcio, associado ou não ao carbonato de magnésio.

Outros materiais que podem ser usados como corretivos são: óxido de cálcio e óxido de magnésio, obtidos pela calcinação do calcário, conhecido também como cal virgem; hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, obtidos pela hidratação dos óxidos de cálcio e de magnésio; calcário calcinado, obtido pela calcinação parcial do calcário, sendo um produto intermediário entre o calcário e a cal. Também são usadas como corretivos as escórias de siderurgia, subprodutos da indústria do aço, em que os componentes principais são o silicato de cálcio e o silicato de magnésio, que apresentam teores relativamente altos de micronutrientes. Também se pode utilizar como corretivos da acidez do solo: as conchas moídas (de 5% a 90% de  $\text{CaCO}_3$ ); os resíduos das usinas de açúcar, resultantes do tratamento do caldo com cal; e as cinzas de madeira (de 20% a 25% de  $\text{CaO}$ ), em que o cálcio inicialmente está na forma de óxido, passando à forma de hidróxido e carbonato tão logo é exposto ao ar e à umidade.

O sulfato de cálcio, conhecido como gesso agrícola, é um composto que, além de ser encontrado nessa forma na natureza, pode ser também obtido como subproduto no processo de fabricação de ácido fosfórico. O sulfato de cálcio não afeta significativamente a reação do solo. Além de servir como fonte de enxofre e cálcio, ele tem sido recomendado em processos de recuperação de solos com excesso de

sódio, com a finalidade de substituir o sódio trocável, que apresenta efeito dispersante, pelo cálcio, que, por sua vez, possui efeito agregador na estrutura do solo.

Uma característica positiva do gesso agrícola é o transporte de cálcio para camadas mais profundas do solo. Contudo, sua aplicação no solo feita de forma isolada pode acarretar alguns problemas, sendo o mais importante o da lixiviação de potássio e magnésio, decorrente da passagem desse sal através do perfil do solo. Há necessidade de mais estudos no Estado do Rio de Janeiro para que se possa definir sob quais condições, tipos de solos, e em que quantidade o uso do gesso pode ser vantajoso.

Os óxidos de Ca e Mg reagem instantaneamente com água, passando a hidróxidos. Esses têm solubilidade relativamente alta, e a base neles contida é forte. Por seu turno, os carbonatos e os silicatos apresentam solubilidade relativamente baixa e bases fracas. A solubilidade e a força das bases que apresentam tornam os óxidos e os hidróxidos mais reativos do que os carbonatos e os silicatos. Além disso, a reatividade dos óxidos e dos hidróxidos é também fornecida pela granulometria, pois são materiais bastante finos. Apesar dessas vantagens, os óxidos e os hidróxidos de cálcio e de magnésio apresentam algumas desvantagens, quanto à aplicação e ao manuseio, pois provocam corrosão nas máquinas e irritação na pele e nos olhos dos trabalhadores, além de seu custo ser mais alto.

Em solos tropicais, com baixa saturação de bases, o uso excessivo de aplicações de calcário para elevações substanciais do pH pode causar interações negativas no complexo de troca, acarretando desequilíbrio nutricional. Alguns dos efeitos do excesso de corretivos são: aumento da velocidade de decomposição da matéria orgânica, acelerando sua perda; imobilização ou redução da disponibilidade de nutrientes, como fósforo, ferro, manganês, zinco, boro e cobre; e alteração da relação Ca/K, com possível indução de deficiência de K.

Outro aspecto que deve ser observado é o material corretivo que está sendo aplicado, pois o uso continuado, excessivo e exclusivo de calcário calcítico ( $\text{CaCO}_3$ ) em um mesmo solo reprime a absorção de Mg, em virtude do antagonismo Ca/Mg, e poderá provocar, a médio ou longo prazos, problemas nutricionais, por deficiência de Mg.

Na Tabela 7, são apresentados alguns materiais usados como corretivos e as faixas de teores de óxidos em que são encontrados no mercado.

**Tabela 7.** Composição de alguns materiais usados com corretivos (teores em %).

| Produto                         | CaO   | MgO   | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO   |
|---------------------------------|-------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|
| Calcário calcítico              | 45–55 | 1–5   | 1–6              | < 1                            | 1–3                            | < 0,5 |
| Calcário magnesiano             | 30–39 | 6–12  | 1–6              | < 1                            | 1–3                            | < 0,5 |
| Calcário dolomítico             | 25–32 | 14–21 | 1–6              | < 1                            | 1–3                            | < 0,5 |
| Escória de alto forno           | 36–44 | 2–10  | 15–35            | 2–5                            | 10–20                          | 1–3   |
| Escória de forno Siemens-Martin | 25–35 | 5–15  | 15–25            | 15–30                          | 6–12                           | 5–10  |

As características que influenciam a qualidade de um corretivo, além do teor de nutrientes, são o tamanho de suas partículas (granulometria) e o poder de neutralização da acidez, definida pela sua composição química.

A granulometria é uma característica de qualidade dos corretivos de fundamental importância para o calcário. Esse é um material de baixa solubilidade; dessa forma, quanto menor for o tamanho de suas partículas, maior será a superfície de contato entre o corretivo e o solo e, consequentemente, sua eficácia para a neutralização da acidez do solo.

A atual legislação sobre o assunto exige que, para a obtenção de seu registro no Mapa, os corretivos de acidez terão a natureza física sólida, apresentando-se em pó, caracterizado como produto constituído por partículas que deverão passar 100% (cem por cento) em peneira de 2 mm (ABNT nº 10), no mínimo 70% (setenta por cento) em peneira de 0,84 mm (ABNT nº 20) e no mínimo 50% (cinquenta por cento) em

peneira de 0,3 mm (ABNT nº 50). Neste capítulo, é adotada a designação de Eficiência Relativa (ER) para a reatividade do calcário. Para o cálculo da ER de um calcário conforme for sua composição granulométrica, não considerando as partículas retidas na peneira ABNT nº 10, cuja ER é zero, pode-se usar a seguinte fórmula:

$$ER = (\% \text{ retida na peneira } 20 \times 0,2) + (\% \text{ retida na peneira } 50 \times 0,6) + (\% \text{ fundo} \times 1,0)$$

**Exemplo 1.** Cálculo da eficiência de um calcário.

Considere-se um calcário cuja análise granulométrica apresentou os seguintes resultados: 100% do produto passaram na peneira ABNT nº 10; 80% passaram na peneira ABNT nº 20; e 60% passaram na peneira ABNT nº 50.

Nesse caso:

Partículas < 2 mm e > 0,84 mm:  $100 - 80 = 20\%$  das partículas ficaram na peneira 20.

Partículas < 0,84 mm e > 0,30 mm:  $80 - 60 = 20\%$  das partículas ficaram na peneira 50.

Partículas < 0,30 mm: 60%.

Aplicando-se a fórmula, obtém-se:  $ER = (20 \times 0,2) + (20 \times 0,6) + (60 \times 1,0) = 4 + 12 + 60 = 76\%$ .

A eficiência relativa desse calcário é, portanto, de 76%.

O poder de neutralização é a medida química da capacidade potencial total de bases neutralizantes contidas no material que pode reagir com os ácidos do solo. É expresso em equivalente em carbonato de cálcio (%  $\text{CaCO}_3$ ) quimicamente puro, ao qual se atribui o valor 100, correspondente à capacidade de neutralização da acidez (Tabela 8).

A legislação determina que os produtos registrados expressem os teores de carbonatos de cálcio e de magnésio sob a forma de porcentagem de CaO e de MgO, os quais, estequiometricamente, podem ser convertidos em porcentagem de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ , multiplicando-se pelos fatores de 1,79 e 2,48, respectivamente.

**Tabela 8.** Equivalente em carbonato de cálcio de vários materiais empregados como corretivos.

| <b>Material</b>                                    | <b>E<math>\text{CaCO}_3</math></b> | <b>E<math>\text{CaCO}_3</math> (%)</b> |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
| Carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ )            | 1,00                               | 100                                    |
| Carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ )          | 1,19                               | 119                                    |
| Hidróxido de cálcio [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ]   | 1,35                               | 135                                    |
| Hidróxido de magnésio [ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ] | 1,72                               | 172                                    |
| Óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ )                   | 1,79                               | 179                                    |
| Óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ )                 | 2,48                               | 248                                    |
| Silicato de cálcio ( $\text{CaSiO}_3$ )            | 0,86                               | 86                                     |
| Silicato de magnésio ( $\text{MgSiO}_3$ )          | 1,00                               | 100                                    |

Tendo-se os teores de óxido de cálcio e de óxido de magnésio de um corretivo, determinados por meio da análise química, pode-se calcular a % E $\text{CaCO}_3$ , ou o poder de neutralização (PN) do corretivo, usando-se a fórmula:

$$\text{PN} = \% \text{CaO} \times 1,79 + \% \text{MgO} \times 2,48$$

**Exemplo 2.** Cálculo do poder de neutralização de um calcário.

A análise química do calcário mencionado no exemplo 1 apresentou os seguintes resultados:

$$\text{CaO} = 27,0\% \text{ e } \text{MgO} = 12\%$$

Aplicando-se a fórmula, obtém-se:

$$\text{PN} = 27,0 \times 1,79 + 12,0 \times 2,48$$

$$\text{PN} = 48,33 + 29,76 = 78,09\%$$

Em uma avaliação preliminar, pode-se depreender que, quanto maior o teor de neutralização, melhor a qualidade do corretivo. No entanto, é necessário lembrar que esse maior valor no poder de neutralização pode ser decorrente de alterações nas características químicas e físicas dos corretivos, que acarretam algumas desvantagens, como é o caso dos óxidos e hidróxidos, já mencionados anteriormente.

Englobando a granulometria e o poder de neutralização, foi estabelecido um índice para exprimir a eficiência de um corretivo, denominado Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), que é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{PRNT} = (\text{ER} \times \text{PN}) / 100$$

em que

ER = eficiência relativa, % em função da granulometria.

PN = poder de neutralização.

%  $\text{ECaCO}_3$  conforme forem os teores de CaO e MgO.

Esse índice, por englobar duas importantes características dos corretivos, é de grande utilidade, pois define a qualidade do calcário, considerando sua capacidade de, efetivamente, corrigir a acidez do solo.

**Exemplo 3.** Cálculo do PRNT de um calcário.

Usando o mesmo calcário mencionado nos exemplos 1 e 2, tem-se:

Análise granulométrica:

Partículas < 2 mm e > 0,84 mm = 20%.

Partículas < 0,84 mm e > 0,30 mm = 20%.

Partículas < 0,30 mm = 60%.

A eficiência relativa desse calcário é:

$$\text{ER} = (20 \times 0,2) + (20 \times 0,6) + (60 \times 1,0).$$

$$\text{ER} = 4 + 12 + 60 = 76\%.$$

Análise química:

$$\text{Ca} = 27,0\%.$$

$$\text{Mg} = 12\%.$$

O poder de neutralização desse calcário é:

$$\text{PN} = 27,0 \times 1,79 + 12,0 \times 2,48.$$

$$\text{PN} = 48,33 + 29,76 = 78,09 \approx 78,1\%.$$

Aplicando-se os valores de ER e PN na fórmula:

$$\text{PRNT} = (76 \times 78,1)/100, \text{ ou } \text{PRNT} = 59,36\%.$$

O PRNT desse calcário é, então, de 59,4%.

As recomendações de calagem fornecidas aos usuários nos boletins de resultados dos laboratórios de análise de amostras de terra são feitas com base em calcário com PRNT de 100%. Assim, ao ser utilizado um calcário com PRNT menor do que 100%, fato que ocorre com frequência, a quantidade do produto a ser aplicada deve ser proporcionalmente maior, havendo necessidade de efetuar a correção da quantidade recomendada para que o efeito desejado seja alcançado.

Suponha-se que a recomendação recebida pelo usuário tenha sido a de aplicar 2 t de calcário por hectare, e que o calcário que ele possui é o mencionado no exemplo 3, portanto, com PRNT de 59,4%. Será necessário aplicar maior quantidade desse calcário com PRNT de 59,4% para se alcançar efeito semelhante ao que seria obtido com a aplicação da quantidade recomendada do calcário com PRNT de 100%.

Nesse caso, tem-se:

quantidade recomendada: 2 t de calcário (PRNT = 100%)  $\text{ha}^{-1}$ .

$$(2 \times 100) / 59,4 = 3,37 \approx 3,4 \text{ t ha}^{-1}.$$

Assim sendo, a quantidade a ser aplicada, por hectare, é de 3,4 t do calcário com PRNT de 59,4%.

Pelo exemplo, deduz-se que, quanto mais alto o PRNT de um calcário, menor a quantidade a ser aplicada para atingir o pH desejado.

A calagem é a técnica de incorporação desses materiais corretivos ao solo, com o objetivo de proporcionar maior suprimento de cálcio e de magnésio às plantas e eliminar os efeitos nocivos da acidez do solo, destacando-se a toxidez do alumínio ( $Al^{+++}$ ).

A calagem somente deve ser feita com base em análise de amostras de terra da área e em nível adequado à espécie ou à cultivar que será explorada. Deve também ser acompanhada da adubação necessária para o bom desenvolvimento da cultura. Em níveis mais altos de aplicação de calcário, atenção especial deve ser dada à possível necessidade de micronutrientes.

Para Organossolos (Capítulo 2), deve ser evitada a calagem em doses elevadas, e métodos de recomendação diferenciados devem ser usados.

As quantidades de calcário a serem aplicadas devem ser determinadas também levando em consideração critérios econômicos a médio e longo prazos. Recomenda-se que a quantidade máxima de calcário a ser aplicada não ultrapasse  $4 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . No caso de necessidade superior a  $4 \text{ t ha}^{-1}$ , aconselha-se o fracionamento da dose calculada em duas ou mais aplicações, respeitando-se esse limite anual.

A aplicação do calcário deve ser feita com antecedência de 2 a 3 meses do plantio, para que possam ocorrer as reações do material corretivo com o solo.

Para a obtenção de bons resultados, o calcário deve ser muito bem misturado ao solo. Recomenda-se, sempre que possível, aplicar uma metade da dose antes da aração e a outra metade após, seguindo-se, então, nova incorporação, por meio de gradagem.

### **5.3 Fiscalização de fertilizantes, corretivos e inoculantes**

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento possui a atribuição legal de fiscalizar a produção e o comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes, conforme disposto na Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, regulamentada pelo Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004.

Os estabelecimentos que produzem, importam, exportam e comercializam esses insumos ficam obrigados a se registrar no Mapa, assim como os produtos por eles fabricados ou importados.

### **5.3.1 Legislação sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes**

É importante conhecer as normas legais que regem a matéria. A seguir, está apresentada a legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a respeito, com as ementas respectivas.

#### **Lei e Decreto**

**Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980.** Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências.

**Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004.** Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências.

#### **Instruções Normativas**

**Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009.** Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

**Instrução Normativa nº 20, de 2 de junho de 2009.** Altera a Instrução Normativa nº 10, de 6/5/2004.

**Instrução Normativa nº 31, de 23 de outubro de 2008.** Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do Anexo à Instrução Normativa SDA nº 17, de 21 de maio de 2007.

**Instrução Normativa nº 40, de 30 de junho de 2008.** Dispõe sobre a importação de animais, vegetais, seus produtos, derivados e partes, subprodutos, resíduos de valor econômico e dos insumos agropecuários constantes do Anexo desta Instrução Normativa, a qual

atenderá aos critérios regulamentares e aos procedimentos de fiscalização, inspeção, controle de qualidade e sistemas de análise de risco, fixados pelos setores competentes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e observarão as normas para registro no Siscomex.

**Instrução Normativa nº 21, de 16 de abril de 2008.**

Altera a Instrução Normativa nº 5, de 23/2/2007.

Anexo VI – atualizado em 29/6/2009.

Anexo II – atualizado em 28/12/2009.

**Instrução Normativa nº 28, de 27 de julho de 2007.** Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos, disponíveis na Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial (CGAL/SDA/Mapa), na Biblioteca Nacional de Agricultura (Binagri) e no sítio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

**Instrução Normativa nº 24, de 20 de junho de 2007.** Reconhece os métodos para a determinação de metais pesados tóxicos em fertilizantes, corretivos agrícolas, condicionadores de solo e substratos para plantas, conforme o art. 71, do Anexo do Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004.

**Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007.** Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa.

**Instrução Normativa nº 5, de 23 de fevereiro de 2007.** Aprova as definições e as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais, destinados à agricultura, conforme Anexos a esta Instrução Normativa.

Anexo III – atualizado em 30/10/2008.

Anexo IV – atualizado em 14/4/2009.

**Instrução Normativa nº 35, de 4 de julho de 2006.** Ficam aprovadas as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, na forma do Anexo a esta Instrução Normativa.

**Instrução Normativa nº 27, de 5 de junho de 2006.** Dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, os quais deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, a animais e a plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas.

**Instrução Normativa nº 14, de 15 de dezembro de 2004.** Aprova as Definições e as Normas sobre as Especificações e as Garantias, as Tolerâncias, o Registro, a Embalagem e a Rotulagem dos Substratos para Plantas, constantes do Anexo desta Instrução Normativa.

Para mais esclarecimentos sobre a fiscalização de fertilizantes, corretivos e inoculantes, entrar em contato com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento por meio do site<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Disponível em: <[www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)>

## Capítulo 6

# Aplicação de adubos

*Everaldo Zonta  
Luiz Rodrigues Freire  
Eduardo Lima*

Após a definição das quantidades de nutrientes a serem aplicadas no plantio e/ou em cobertura, deve ser feita a escolha dos fertilizantes a serem utilizados. Em seguida, deve-se saber como aplicar essas fontes de nutrientes, para que se obtenha o máximo aproveitamento e eficácia. Assim, a princípio, dentro de cada particularidade, pode-se afirmar que os adubos podem ser aplicados no solo ou nas folhas, pois as plantas têm a capacidade de absorver nutrientes pelas raízes e pelas folhas.

## 6.1 Adubação no solo

A forma de aplicação do adubo é importante porque o fertilizante precisa ser colocado espacialmente de forma estratégica quanto ao local e à distância das sementes e/ou das plantas. Por exemplo, se, no plantio, o adubo for colocado muito próximo à semente, pode haver falha na germinação; por sua vez, se for colocado muito afastado, na fase inicial, quando a planta ainda estiver com um pequeno sistema radicular, não haverá um uso eficiente, podendo haver perdas por lixiviação. Na realidade, a escolha da forma de aplicação do adubo depende de vários fatores, como:

- Intrínsecos ao solo: textura, pH, umidade e capacidade de fixação de alguns elementos pelos colóides minerais.

- Características do adubo: solubilidade e quantidade.
- Cultura: forma de plantio (em linha, cova ou a lanço), fisiologia da planta e desenvolvimento do sistema radicular.
- Processo com o qual se estabelece o contato do elemento aplicado com as raízes (fluxo de massa, difusão iônica e interceptação radicular).

Esses fatores definem que, a depender do caso, serão seguidos os seguintes procedimentos:

- Adubação corretiva: mais frequentemente representada pela fosfatagem, para solos com teores muito baixos de P e/ou para culturas perenes.
- Adubação de plantio: no momento do plantio de sementes, de mudas ou de caules (colmos), é feita a aplicação de parte dos adubos. Particularmente, todo o P é aplicado no plantio.
- Adubação de cobertura: é, em geral, utilizada para N e K. Por serem móveis no solo, se a adubação for aplicada, de uma só vez, toda a quantidade recomendada para aquele ciclo, pode haver perdas expressivas por lixiviação. Usualmente, são feitas uma ou duas adubações de cobertura, tanto para as culturas de ciclo curto quanto para as culturas de ciclo longo ou perenes, durante o período de sua formação.
- Adubação de produção (ou de manutenção): utilizada em cultura de ciclo longo ou perene, na qual são feitas, anualmente, uma ou duas aplicações de fertilizantes.

Também são indicados dois tipos de aplicação para os casos acima citados: a localizada e a não localizada. Denomina-se adubação localizada é aquela em que há um local específico no solo para dispor o adubo (sulco, linha ou cova de plantio); e não localizada aquela em que o adubo é aplicado em área total (em geral, a lanço, incorporado ou não).

### **6.1.1 Adubação localizada**

Existem vários tipos e indicações de uso da adubação localizada, como:

- Adubação em linha e adubação em sulco: quando se adota uma dessas formas de adubação, é importante que os adubos

não fiquem em contato direto com a semente, pois pode haver redução da germinação (“queima” da semente). Assim, o adubo deve ser aplicado a aproximadamente 5 cm abaixo e ao lado da semente ou muda. Na adubação em cobertura, essa é feita ao lado da linha de plantio, não sendo recomendada para fertilizantes de baixa solubilidade.

- Adubação em cova: é indicada para culturas de ciclo longo, por exemplo, as arbóreas. Recomenda-se homogeneizar o adubo com o volume de terra revolvido na abertura da cova. Quando é feita a aplicação de fosfatos de baixa solubilidade em solos com muito baixo teor de P, é importante destacar que o volume da cova poderá restringir o desenvolvimento das raízes. Assim, nessa situação, não deve ser esta a única forma de adubação empregada.

### **6.1.2 Adubação não localizada**

É utilizada para culturas plantadas a lanço ou para cultivos de alta densidade, com espaçamento reduzido, sendo comum seu emprego para produtos de baixa solubilidade.

A técnica consiste na distribuição dos adubos e sua incorporação com gradagem ou capina leve, a aproximadamente 5 cm. Entretanto, a incorporação de P a profundidades maiores favorece o desenvolvimento de um sistema radicular mais profundo, o que diminui o efeito de estresses hídricos na cultura.

Deve-se evitar a aplicação em cobertura em períodos muito secos, por causa da qualidade da incorporação e também por afetar o sistema radicular.

## **6.2 Adubação foliar**

Os adubos também podem ser aplicados nas plantas por meio de adubação foliar. Essa técnica consiste na dissolução de adubos na água e sua distribuição sobre as folhas, por meio de pulverização de baixo volume (menores que 300 L ha<sup>-1</sup>). Conforme esse método, a quantidade de nutriente é bem menor do que na aplicação feita no solo, e a concentração da solução não deve ultrapassar 3% (peso/

volume). O uso da aplicação foliar é mais comum e viável economicamente para micronutrientes. A técnica de adubação foliar é viável também para sistemas de cultivo orgânico no qual são empregados biofertilizantes líquidos no preparo das soluções. Nesse caso, o uso de biofertilizantes pode trazer vantagens adicionais, como o controle de pragas e doenças.

Independentemente do sistema de cultivo, recomenda-se que sejam tomadas os seguintes cuidados: verificar a compatibilidade dos produtos que serão utilizados, respeitar a concentração recomendada, que dependerá da espécie e do estágio de desenvolvimento, e avaliar a necessidade do uso de adjuvantes (como espalhantes e adesivos, por exemplo). O horário de aplicação é outro fator importante, que deve ser observado. Nunca se recomenda a aplicação nos horários mais quentes do dia, pois os estômatos podem estar fechados e, com isso, será reduzida a eficiência desta forma de adubação.

Ressalte-se que na adoção dessa técnica há necessidade de consulta a literatura específica sobre o assunto e sobre a cultura em que será utilizada. De qualquer forma, por medida de cautela, recomenda-se fazer um teste, aplicando a calda em algumas plantas, 48 horas antes da aplicação na área total. Tomando essa providência, será possível notar se houve algum dano provocado, por exemplo, pela aplicação de solução mais concentrada do que a suportada pelas plantas que receberão a adubação.

### **6.3 Adubação via fertirrigação**

A adubação via fertirrigação tem características diferentes da adubação foliar. O seu objetivo é atingir o solo e, assim, adicionar maiores quantidades de nutrientes daqueles adicionados pela adubação foliar. Esse método de adubação pode dispensar as adubações normais de plantio, à exceção da adubação fosfatada, por causa da baixa mobilidade do elemento na solução do solo. Uma das vantagens da fertirrigação é o fato de permitir um maior número de parcelamentos, o que acarreta um aumento da eficiência da adubação, principalmente de nitrogênio e potássio. Para se obter a máxima eficiência, é necessário usar produtos de alta solubilidade. Recomenda-se também fazer consulta à literatura especializada sobre o assunto.

## 6.4 Compatibilidade dos adubos

Ao fazer a mistura de diferentes adubos, é necessário levar em consideração suas características e propriedades químicas, para evitar que reações entre os adubos provoquem perdas ou diminuam a eficiência dos nutrientes. Assim, antes de fazer qualquer mistura, é preciso consultar se existe compatibilidade entre os adubos.

Diz-se que os elementos simples de um fertilizante composto são compatíveis quando a mistura deles não altera suas características físicas e/ou químicas. Assim, a mistura de sulfato de amônio com termofosfato deve ser evitada em virtude da perda de amônio causada pela alcalinidade do termofosfato.

Quando for necessário fazer uma mistura de dois ou mais produtos, consultar uma tabela de compatilidade, como a apresentada abaixo (Tabela 1).

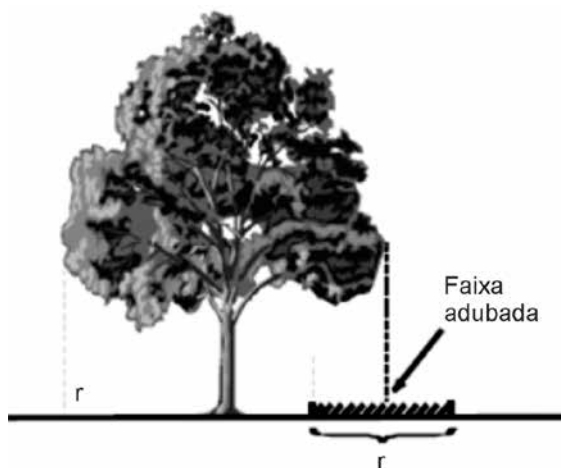
**Tabela 1.** Compatibilidade entre fertilizantes.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |                                           |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------------------|
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | Ureia                                     |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | Nitrato de amônio                         |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | I | C | C | Sulfato de amônio                         |
| C | I | C | I | C | I | I | I | I | C | C | C | C | C | Nitrato de cálcio                         |
| C | R | C | R | C | R | C | C | C | C | C | C | C | C | Nitrato de potássio                       |
| C | R | C | R | C | R | C | C | C | C | C | C | C | C | Cloreto de potássio                       |
| C | R | C | R | C | R | C | C | C | C | C | C | C | C | Sulfato de potássio                       |
| R | I | C | C | C | I | C | C | C | C | C | C | C | C | Fosfato diamônico (DAP)                   |
| R | I | C | C | C | I | C | C | C | C | C | C | C | C | Fosfato monoamônico (MAP)                 |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | Sulfato de magnésio                       |
| R | I | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | Ácido fosfórico                           |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | Ácido sulfúrico                           |
| I | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | Ácido nítrico                             |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | Sulfato de ferro, zinco, cobre e manganês |
| C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | C | Quelato de ferro, zinco, cobre e manganês |

C = compatível; I = incompatível; R = solubilidade reduzida.

## 6.5 Aplicação de adubo em culturas arbóreas

Essa aplicação deve ser realizada na projeção da copa ou em círculos, dependendo da cultura e do seu estágio de desenvolvimento. Como regra geral, a faixa adubada deve ter largura igual à do raio da copa, e metade da faixa deve ficar para fora (Figura 1). Quando as plantas crescem e as copas se aproximam muito, o adubo poderá ser distribuído a lanço na faixa das linhas de plantio, inclusive de forma cruzada.



**Figura 1.** Forma de aplicação de adubo em cultura de arbóreas.

## 6.6 Especificidades

A erosão constitui uma considerável causa de perda de nutrientes, razão pela qual devem ser adotadas medidas conservacionistas adequadas a cada plantio, sempre que necessárias.

A seguir, são feitas indicações para vários nutrientes, exceto para enxofre, cálcio e magnésio, que são tratados no Capítulo 5.

### 6.6.1 Nitrogênio

O manejo dos fertilizantes nitrogenados deve ser feito por meio do parcelamento da adubação, e toda vez que for técnica e economi-

camente viável. O parcelamento deve ser feito de modo que a dose mais alta coincida com a época de maior exigência da cultura. Em culturas de ciclo curto, parte do N é aplicada no plantio, juntamente com o P e o K, e o restante é dividido para aplicação em cobertura, em duas ou três vezes, próximo das plantas, e dependendo da época de exigência e do grau de umidade do solo. Em culturas permanentes, o procedimento é semelhante, mas a dose deve ser dividida em três ou quatro aplicações, conforme forem as características de precipitação pluviométrica da região e as exigências da cultura em N.

Não devem ser feitas aplicações de quantidade elevada de adubos minerais nitrogenados, particularmente os nítricos, junto às sementes ou estacas, em face do risco de prejuízo à germinação das sementes e de danos às mudas, decorrentes da concentração de sais.

A ureia, depois de ser aplicada no solo, sofre hidrólise, liberando amônia, o que acarreta uma elevação inicial de pH no local da aplicação, fato que não se dá com a maioria dos adubos amoniacais. O aumento de pH estimula as perdas por volatilização da amônia. Ao aplicá-la, deve-se tomar o cuidado de evitar as condições que favorecem a volatilização do nitrogênio, que são, além da alcalinidade, a temperatura elevada, os solos arenosos e pobres em matéria orgânica (baixa CTC), a alta quantidade de ureia e a umidade excessiva. A incorporação de ureia ao solo, à profundidade de 5 cm, reduz substancialmente as perdas. Essa é uma técnica fundamental (incorporação) para conferir maior eficiência à ureia como fertilizante.

Ao se aplicarem adubos amoniacais no solo, uma parte do íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) neles contido pode ser absorvida pelas raízes das plantas, enquanto outra parte pode ser adsorvida temporariamente às partículas do solo, mas, em maior proporção, ele passa pelo processo de nitrificação, sendo oxidado inicialmente a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e, em seguida, a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

O íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), seja o proveniente de nitrificação, seja o de adubos com nitrogênio na forma nítrica, se não é imediatamente absorvido pelas plantas ou por microrganismos, pode ser perdido por erosão, lixiviação ou por desnitrificação (redução biológica do  $\text{NO}_3^-$  ou  $\text{NO}_2^-$  a N gasoso). A desnitrificação é favorecida pela presença de  $\text{NO}_3^-$ , pela ausência de oxigênio e pelo alto teor de matéria orgânica no solo. Isso significa que devem ser preferidas as fontes de N amoniacal ou

amídica em solos sujeitos a encharcamento e, em especial, para a cultura de arroz em várzeas úmidas ou irrigado por inundação.

A amônia anidra, armazenada sob pressão como um líquido, é injetada com equipamento específico, de 10 cm a 15 cm abaixo da superfície do solo. Quando injetado no solo, o líquido volta ao estado de gás, expandindo-se e ligando-se química e fisicamente às partículas do solo. Sua maior vantagem é o alto teor de nitrogênio que apresenta, e a desvantagem é a exigência de equipamentos especiais para seu armazenamento, transporte e aplicação.

Nitrato de amônia é uma fonte de N com vantagens técnicas em relação à ureia, pois apresenta metade do nutriente na forma amoniacal, e a outra na forma nítrica, o que desfavorece, principalmente, as perdas por volatilização, e é uma forma mais equilibrada de nutrição das plantas, sobretudo na fase inicial do desenvolvimento das plantas.

Em culturas em que a palha permanece sobre o terreno (por exemplo, plantio direto ou cana colhida sem queima da palhada), o uso de sulfato de amônio diminui as perdas por volatilização do N, quando comparado com outras fontes.

## 6.6.2 Fósforo

Para a escolha do fertilizante fosfatado para a produção vegetal, deve ser observado, antes de tudo, o método de adubação a ser usado. Em áreas novas para uso de produção de grãos, fibras, culturas energéticas e pastagens, a primeira prática de adubação deve ser a corretiva dos teores disponíveis de fósforo no solo, denominada “fosfatagem”. Nessa prática, recomenda-se a aplicação do fosfato em área total, dando-se preferência aos adubos que apresentam a maior fração insolúvel em água. Entretanto, as apatitas, sobretudo as provenientes de Patos de Minas, são de muito baixa solubilidade no solo e não apresentam bom efeito para a adubação corretiva. Por isso, os fosfatos naturais parcialmente acidulados ou mesmo os fosfatos naturais sedimentares – as fosforitas – devem ser preferidos. A prática da fosfatagem deve ser feita em área total de solos com a acidez previamente corrigida pela calagem, caso o solo apresente elevados teores de  $Al^{3+}$  trocável. A prática da fosfatagem é recomendada, mas dependerá do sistema de produção a ser implantado na área e dos aspectos econômicos relativos à cultura a ser implantada. É também

recomendável para cultivos de alto valor agregado, como a produção de hortaliças, legumes, cereais e fruteiras anuais.

Os fosfatos solúveis em água devem ser preferidos também para culturas de ciclos curtos e/ou de crescimento inicial rápido. O material deve ter preferentemente a forma de grânulos, e a aplicação deve ser localizada, em sulcos ou covas, procurando-se, assim, diminuir a taxa de fixação do fósforo pelo solo. Quando da utilização desse tipo de cultura, não distribuir os fosfatos solúveis em área total. Em solos ácidos, a sua aplicação deve, sempre, ser precedida pela calagem, para aumento de sua eficácia.

Os fosfatos naturais, que contêm o mineral denominado apatita, podem ser aplicados diretamente no solo ou transformados em fertilizantes mais eficientes, por tratamento químico ou térmico.

No solo, a acidez elevada e o baixo teor de fósforo favorecem a solubilização dos fosfatos naturais, enquanto teores altos de cálcio a dificultam. A elevação dos teores de matéria orgânica no solo pode favorecer a solubilização do fósforo, principalmente pelo aumento da atividade biológica. Há diferenças também entre espécies e cultivares quanto a sua capacidade de absorção de nutrientes do solo, quando em baixas concentrações. Da mesma forma, as plantas diferem entre si na capacidade de extensão do sistema radicular e nas mudanças químicas na interface solo-raiz, que podem ocasionar elevação ou diminuição do pH da rizosfera, nas excreções radiculares, influenciando, assim, os microrganismos solubilizadores de fosfato e também sua capacidade de associação com fungos micorrízicos. As pesquisas têm-se dedicado a conhecer as características das plantas, com o propósito de contribuir para a escolha de espécie ou cultivar com maior eficiência no aproveitamento de fosfatos naturais, principalmente no caso de lavouras em que eles não têm se mostrado muito eficientes.

Para lavouras perenes, incluindo pastagens com espécies tolerantes a acidez, a utilização dos fosfatos naturais é eficiente. Isso se deve, principalmente, ao efeito residual dos fosfatos naturais, que é maior do que o das fontes solúveis. Assim, quando se tem plantas tolerantes a acidez do solo, a aplicação do fosfato deve anteceder bastante a calagem, para permitir, durante um longo período, o aproveitamento do efeito positivo da acidez do solo na solubilização do fosfato. Não se justifica a aplicação indiscriminada de fosfatos naturais apenas

por serem mais baratos que fosfatos solúveis. Antes de usá-lo, deve ser feita uma avaliação criteriosa, que inclui a apreciação do custo final por quilograma de fósforo provável a ser absorvido pelas plantas.

### 6.6.3 Potássio

Por causa da alta solubilidade dos fertilizantes potássicos, na sua aplicação devem ser seguidas recomendações semelhantes às dos fertilizantes nitrogenados, ou seja, a aplicação deve ser, técnica e economicamente, a mais parcelada possível. A aplicação de elevadas doses de potássio no plantio pode potencializar dois processos prejudiciais à absorção desse nutriente pelas plantas: a salinização do ambiente radicular e a perda por lixiviação, sobretudo em solos de textura arenosa ou em solos mais intemperizados como os Latossolos (Capítulo 2).

Os métodos de aplicação de adubos potássicos mais empregados no Brasil são: em sulco (5 cm abaixo e ao lado da semente), principalmente nas culturas anuais; e a lanço, mais utilizado nas adubações de cobertura, em pastagens e na correção da fertilidade potássica do solo. As adubações em sulco mantêm elevada a concentração de potássio na solução do solo, atingindo, porém pequena área radicular, enquanto as adubações a lanço mantêm concentração baixa de potássio na solução do solo, mas, em contrapartida, atingem grande área radicular.

Danos por salinidade são observados quando doses elevadas de adubos potássicos são aplicadas em sulcos, perto da linha de semeadura. Para uma determinada dose, quanto mais perto da linha de semeadura for a aplicação e quanto mais arenoso for o solo, maiores serão as possibilidades de danos. Recomenda-se, em culturas com espaçamento de 1 m entre linhas, que a aplicação em sulcos, além de ser feita a pelo menos 5 cm ao lado e a 5 cm abaixo da semente, não ultrapasse 80 kg ha<sup>-1</sup>, se somadas as quantidades de N e K. Caso a dose de N + K recomendada exceda esse valor, sugere-se fazer o parcelamento, aplicando-se a parte excedente em cobertura. A quantidade de K a ser aplicada de uma só vez não deve ultrapassar de 80 kg a 120 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, sendo a dose menor reservada para a condição em que existam maiores riscos de salinidade.

### **6.6.4 Micronutrientes**

A utilização de adubos que contenham micronutrientes exige muito cuidado, em virtude de ser estreita a faixa de consumo desses nutrientes. Isso significa que aplicações desnecessárias podem levar à ocorrência de distúrbios nas plantas, provocados pelo excesso de um ou mais micronutrientes. Assim, só deve ser usado o micronutriente cuja deficiência tenha sido previamente confirmada, seja por meio da análise de tecido vegetal, seja por experimentação específica. O uso de produtos que levem à aplicação simultânea de diversos micronutrientes deve ser examinado com atenção redobrada pelo técnico responsável pela sua recomendação, sendo mais indicado o emprego de adubos que contenham somente o micronutriente para o qual foi constatada a deficiência.

Em razão da maior eficácia e do fato de serem necessárias quantidades relativamente pequenas, é preferível fazer a aplicação de micronutrientes por meio da adubação foliar. A aplicação desses elementos também pode ser feita com a peletização das sementes, observados os cuidados de prevenção contra o risco de salinidade.



## Capítulo 7

# **Uso e manejo da matéria orgânica para fins de fertilidade do solo**

*Marco Antonio de Almeida Leal*

*Fabiano de Carvalho Balieiro*

*Caio Teves Inácio*

*David Vilas Boas de Campos*

*José Guilherme Marinho Guerra*

*Everaldo Zonta*

*Luiz Rodrigues Freire*

Os solos tropicais apresentam, em sua maioria, baixa fertilidade natural, ou seja, elevada acidez, baixos teores de matéria orgânica e de N, e baixos teores de Ca, Mg e K trocáveis e de P disponível. Essas características advêm de diversos fatores de formação do solo, como visto no Capítulo 2, mas, principalmente, da ação pretérita do clima, que proporciona condições mais intensas de reação com minerais (intemperismo) e de lavagem de nutrientes do perfil do solo.

Dessa forma, nesses solos predominam óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e minerais de argila 1:1, com pouca reserva de nutrientes para as plantas. A composição química e o arranjo cristalino desses minerais conferem características que limitam a fertilidade química dos

solos, ou seja, a capacidade de provimento de nutrientes em quantidade adequada às culturas. Por isso, a matéria orgânica do solo (MOS) nesses solos assume papel importante na manutenção e na sustentabilidade dos ecossistemas naturais e agroecossistemas, pois é responsável por armazenar boa parte dos nutrientes do solo e é fonte de transformações diversas, intermediadas por organismos do solo.

Embora o Estado do Rio de Janeiro apresente pequena dimensão territorial, em comparação com outros estados da Federação, suas feições geológicas, geomorfológicas e pedológicas, e o tornam complexo em termos de ambientes. Decorre disso que os teores de carbono (C) e a própria fertilidade de seus solos variam muito, conforme a localização geográfica, a paisagem e a estratégia de manejo adotada. Em áreas das baixadas metropolitana e litorânea, por exemplo, encontram-se solos mais frágeis e também os que apresentam as maiores reservas de C em seus perfis, tais como os Organossolos, os Gleissolos, os Espodossolos e os Cambissolos Flúvicos. Nos relevos mais acidentados, típicos da Região Serrana e de parte das regiões Norte e Noroeste, encontram-se solos bem drenados, como os Argissolos, os Latossolos e os Cambissolos Háplicos, geralmente com cobertura vegetal, formada de pastagens. Esses ambientes, com reserva significativamente menor de C, também estão sujeitos a severos problemas de erosão, o que acarreta perda de solo superficial e de matéria orgânica.

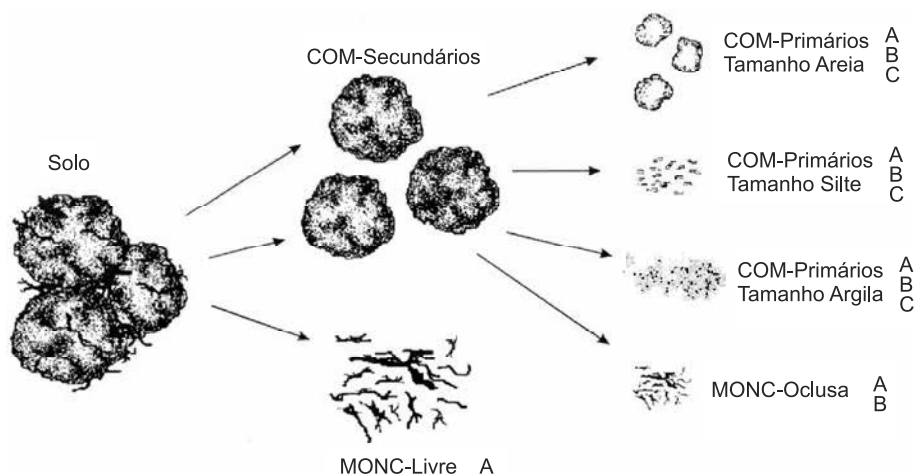
Neste capítulo, é abordada a importância da MOS para a manutenção da fertilidade do solo, bem como são sugeridas práticas a serem adotadas para elevar seu teor nos agroecossistemas fluminenses. Para tanto, se faz necessário conhecer os compartimentos da MOS e suas características.

## **7.1 Compartimentos e características da MOS**

De forma simplificada, a MOS pode ser dividida em dois grupos: substâncias não humificadas (SNH) e substâncias húmicas (SH). No primeiro grupo (SNH) estariam representadas as substâncias “reconhecíveis” quimicamente, como carboidratos simples, polissacarídeos, aminoácidos, proteínas, gorduras, lignina, resinas, pigmentos, ácidos orgânicos, entre outros. Esse grupo de substâncias, com exceção da lignina e das resinas, apresenta fácil degradação no solo, sendo utilizados

como substratos pela biota do solo. Já as SH são representadas por substâncias complexas e heterogêneas, com composição química indefinida, que apresentam recalcitrância no solo, o que significa alta resistência à degradação microbiana. Embora não seja o escopo deste capítulo, deve-se mencionar que é possível separar as frações orgânicas do solo por métodos químicos ou físicos e, assim, obter informações sobre a representatividade desses compartimentos. É possível, também, avaliar a qualidade de agroecossistemas por meio do monitoramento de frações ou dos compartimentos da MOS.

De modo geral, a ação antrópica de transformação de paisagem natural em agroecossistemas acarreta perda mais rápida de frações lábeis (matéria orgânica leve, C dissolvido na solução e C associado à biomassa microbiana do solo) do que de frações mais recalcitrantes, normalmente protegidas pela fração mineral do solo. Na Figura 1, ilustram-se esses compartimentos e os mecanismos relacionados à proteção e à suscetibilidade à decomposição.



**Figura 1.** Modelo descritivo do arranjo espacial de partículas minerais e orgânicas do solo. As letras próximas de cada fração representam mecanismos de proteção contra a decomposição: A, recalcitrância; B, oclusão; e C, complexação/ligação com partículas minerais. COM: complexo organomineral; MONC: matéria orgânica não complexada.

Fonte: Roscoe e Machado (2002).

Em contrapartida, muitas práticas de manejo podem incrementar os teores de C do solo (ver item 7.1). A adoção de técnicas conservacionistas, a exemplo do sistema de plantio direto – que é baseado no mínimo revolvimento do solo, com manutenção de palha sobre o solo – tem sido responsável pelo incremento da fertilidade de solos intemperizados em diversos ambientes. Nesse sentido, em trabalho desenvolvido em Paty de Alferes, região onde predominam Latossolos e Argissolos e relevo montanhoso, com atividade tipicamente agrícola e provedora de parte das hortaliças que abastecem a cidade do Rio de Janeiro, foi possível observar como o uso do solo e as práticas agrícolas adotadas podem alterar a estrutura do solo e reduzir o teor de C do solo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Diâmetro médio dos agregados do solo (DMP) e teor de carbono orgânico na camada de 0 a 5 cm de um Latossolo Vermelho sob o efeito de distintos usos e manejos, em Paty de Alferes, RJ.

| Sistema de manejo      | DMP (mm) | C orgânico (g kg <sup>-1</sup> ) |
|------------------------|----------|----------------------------------|
| Cobertura com gramínea | 4,2      | 21,8                             |
| Plantio direto         | 3,0      | 18,5                             |
| Tração animal          | 2,2      | 16,8                             |
| Plantio convencional   | 2,0      | 11,4                             |
| Solo exposto           | 1,7      | 6,9                              |

Fonte: Pinheiro et al. (2004).

## 7.2 Ciclagem de nutrientes na unidade de produção agrícola

O teor de MOS varia conforme o balanço entre a quantidade de matéria orgânica que entra e a quantidade que sai do solo. As principais entradas ocorrem por meio da deposição de resíduos da vegetação que se desenvolve in situ e por meio da adição de adubos orgânicos ou de cobertura morta. As saídas estão associadas principalmente à erosão e à decomposição da matéria orgânica (via respiração microbiana), porém,

em solos arenosos, a perda de matéria orgânica, na forma de C dissolvido, pode ser significativa. Diversos fatores afetam a velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos no solo. Materiais orgânicos com baixo teor de N, ricos em lignina e hemicelulose, apresentam decomposição lenta. Em adendo, solos argilosos, com elevada acidez, secos ou mal drenados, baixas temperaturas e o manejo do solo com pouco ou nenhum revolvimento também contribuem para uma reduzida velocidade de decomposição. Em contrapartida, resíduos orgânicos ricos em N, amido e celulose, principalmente em solos arenosos, com boa umidade e pH neutro, em condições de temperatura elevada, e manejo do solo com muito revolvimento representam condições favoráveis para a ocorrência de altas taxas de decomposição da MOS.

Em unidades de produção, podem ser realizadas diversas atividades produtivas, entre as quais ocorrem fluxos de energia e de nutrientes, que podem resultar em esgotamento do estoque de nutrientes em uma determinada atividade e acúmulo em outra. A sustentabilidade das unidades de produção está diretamente relacionada à realização de manejos que possibilitem transferir rapidamente nutrientes de atividades onde estão em excesso, como aviários e confinamentos bovinos, para atividades onde os nutrientes estão sendo demandados, por exemplo, as lavouras.

A técnica da compostagem é uma ferramenta muito importante nesse processo de gerenciamento de resíduos orgânicos, pois, quando feita corretamente, acelera a decomposição de resíduos vegetais e animais, reduz as perdas de nutrientes e intensifica o fluxo de nutrientes entre os diversos compartimentos do sistema de produção. A compostagem promove a distribuição de nutrientes para fora do ponto gerador do resíduo, especialmente dejetos animais (aviários ou confinamentos de bovinos e suínos). O uso contínuo e em quantidade muito elevada desses dejetos, como adubos orgânicos, pode trazer impactos ambientais negativos, tanto ao solo quanto aos recursos hídricos. Daí a importância de se dispor de um processo de tratamento que permita o armazenamento e o transporte para outras unidades agrícolas, não produtoras desses excedentes, mas demandadoras de nutrientes.

Nesse sentido, a integração que envolva produção vegetal e animal confere maior eficiência de manejo dos recursos naturais, menor dependência de insumos externos e menor geração de resíduos. Em contrapartida, pode aumentar a demanda por mão de obra. A compos-

tagem é um processo importante na integração das unidades de produção, pois acelera o fluxo de nutrientes entre os diversos subsistemas e reduz as perdas.

A compostagem consiste na biodegradação de resíduos orgânicos, em um processo predominantemente aeróbio (em presença de  $O_2$ ), com uma fase termofílica longa (55 °C a 70 °C), favorecido por técnicas de montagem de pilhas ou leiras. Os diferentes tipos de resíduos devem formar uma mistura adequada para a compostagem, principalmente quanto à relação C/N (carbono orgânico/nitrogênio total), à porosidade (que influencia o fluxo de ar) e à umidade inicial. Por isso, na prática, essas misturas podem ser feitas com toda sorte de resíduos orgânicos disponíveis, como: restos vegetais das culturas agrícolas; estercos animais, que são fontes de nutrientes, principalmente de N; podas de árvores; e aparas de madeira, que são fontes de C e conferem porosidade à leira de composto. As temperaturas atingidas na compostagem, o tempo do processo e a alta atividade biológica são importantes para promover a eliminação de fitopatógenos e de outros patógenos comuns ao homem, além de reduzir a viabilidade de sementes de plantas concorrentes que estejam misturadas ao resíduo orgânico. Isso tem relação direta com a viabilidade agronômica da utilização do adubo ou fertilizante orgânico. A duração da compostagem será determinada pelas características da matéria-prima, pela velocidade de decomposição e pelas especificações desejadas no produto final. A literatura científica apresenta períodos que variam de alguns dias a alguns meses. Quanto maior o período de compostagem, maior será o grau de estabilização e de maturação do produto final; todavia, o custo do processo e as perdas de massa e nutrientes, principalmente de N, serão maiores.

## 7.3 Adubação orgânica

Para a realização de adubações orgânicas eficientes, é importante definir o objetivo da adubação, pois a matéria orgânica atua de duas maneiras simultâneas: como condicionadora, melhorando principalmente as características físicas do solo, e como fornecedora de nutrientes. Adubos orgânicos utilizados com a finalidade precípua de fornecer nutrientes devem possuir elevados teores de elementos

essenciais às plantas, apresentar susceptibilidade à decomposição, e liberação desses nutrientes em velocidade compatível à demanda da cultura. Adubos orgânicos com reduzidos teores de nutrientes, principalmente de N, não devem ser utilizados com esse propósito e podem até mesmo causar imobilização de elementos essenciais presentes na solução do solo, o que acarreta redução da disponibilidade para as culturas. Por exemplo: se o material orgânico tiver um teor relativamente elevado de N ( $> 1,5\%$ ) e baixa relação C/N ( $< 20$ ), será um bom fornecedor de nutrientes; caso contrário, agirá fundamentalmente como condicionador de solo, se aplicado em quantidade superior a  $20 \text{ t ha}^{-1}$ .

Os principais tipos de adubo orgânico encontrados no Estado do Rio de Janeiro são: esterco, compostos, resíduos urbanos, vinhaça e adubos verdes. Os esterco são formados pelos excrementos sólidos e líquidos dos animais, misturados ou não com materiais vegetais usados para a formação de cama, como palhas diversas e capins. A composição química dos esterco é variável e depende de alguns fatores, como: espécie, idade e manejo do animal, fonte alimentar, tipo de cama utilizada na manipulação do esterco antes de sua aplicação e condições climáticas. Por isso, é compreensível que os resultados de análise publicados variem consideravelmente (Tabela 2).

Os variados tipos de esterco são, geralmente, aplicados ao solo das seguintes maneiras: a) evacuação direta sobre pastagens ou outras áreas; b) aplicação direta do esterco puro ou na forma de cama; c) aplicação das partes líquidas e semissólidas diretamente no campo. A eficiência dos esterco, como adubo orgânico, depende dos métodos de coleta, preparo e armazenamento, época e método de aplicação, características do solo e padrão de crescimento e absorção de nutrientes da cultura a ser adubada. Os esterco substituem adequadamente os fertilizantes sintéticos industriais, principalmente quando estão disponíveis em quantidade suficiente e de fácil acesso.

Para diminuir as perdas de N e aumentar o teor de fósforo nos esterco, pode-se incorporar a ele de 30 kg a 50 kg de superfosfato simples por tonelada de material. É recomendável que o esterco não fique armazenado em local em contato direto com o solo, nem que fique exposto à chuva, pois, nessas condições, as perdas de nutrientes são maiores. Na Tabela 2, são apresentados teores de elementos essenciais comuns a alguns dejetos orgânicos usados como fontes de

matéria-prima para a compostagem, ou como adubos orgânicos aplicados diretamente no solo.

Em virtude da demanda de biodiesel, também estarão à disposição dos produtores as tortas dessas oleaginosas, cujos restos culturais (cascas e torta) são altamente recomendáveis para reúso na própria cultura, com vista a garantir a ciclagem dos nutrientes e a reduzir a competição por adubos minerais com as culturas produtoras de alimentos. Essas tortas também servem de potenciais adubos orgânicos para outras culturas, inclusive para as produtoras de alimentos. E já existem resultados favoráveis com o uso da torta da mamona.

A torta de mamona é produzida a partir da extração do óleo das sementes, e é um importante subproduto da cadeia produtiva da mamona. É um produto rico em nitrogênio, de baixa relação C:N, que tem mostrado, experimentalmente, bons resultados, inclusive quando utilizado em cobertura. Quando aplicado no plantio, alguns dados experimentais mostram que sua mineralização é rápida. A Tabela 2 indica os teores médios de nutrientes da torta da mamona.

A vinhaça é um subproduto da fabricação do álcool, produzido na proporção de 13 L a 14 L para cada litro de álcool. É também conhecida pelos nomes de vinhoto, calda, restilo, tiborna, garapão e caxixi.

Por conta da elevada demanda bioquímica do oxigênio (DBO) da vinhaça, a prática tradicional de despejo desse resíduo em curso d'água tem causado sério prejuízo ambiental. No Estado do Rio de Janeiro, diversos trabalhos de pesquisa foram conduzidos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Departamento de Solos, no período de 1979 a 1985, visando a avaliar formas de aproveitamento da vinhaça como fertilizante e consequências de sua utilização sobre o sistema solo-água-plantas.

A composição da vinhaça é muito variável (Tabela 3), porque depende principalmente da natureza e da composição da matéria-prima originária e do processo industrial de destilação. Como componente básico, a vinhaça contém cerca de 80% a 90% de água, e o restante é de material sólido.

A fração sólida é composta de material orgânico (cerca de 70%) e mineral; neste último, além do potássio, que é o nutriente que predomina, ocorrem nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo. Como, na

**Tabela 2.** Componentes de alguns adubos orgânicos de origem animal e compostos orgânicos (base matéria seca).

| Esterco                                       | Local | Componentes                                  |                               |                  |      |     |                                        |              |     |       |              |         | C<br>(g kg <sup>-1</sup> ) | C/N | pH   | % de<br>H <sub>2</sub> O |
|-----------------------------------------------|-------|----------------------------------------------|-------------------------------|------------------|------|-----|----------------------------------------|--------------|-----|-------|--------------|---------|----------------------------|-----|------|--------------------------|
|                                               |       | Macronutrientes totais (g kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  |      |     | Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> ) |              |     |       |              |         |                            |     |      |                          |
|                                               |       | N                                            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Ca   | Mg  | Fe                                     | Mn           | B   | Cu    | Zn           |         |                            |     |      |                          |
| <b>Bovinos</b>                                |       |                                              |                               |                  |      |     |                                        |              |     |       |              |         |                            |     |      |                          |
| Leiteiro <sup>(1)</sup>                       | RS    | 11                                           | 9                             | 11               | 7    | 3   | –                                      | 620          | –   | –     | 70           | –       | –                          | –   | 8,2  | –                        |
| Curral <sup>(2)</sup>                         | RS    | 17,6                                         | 7,1                           | 25,7             | 12,6 | 6,1 | 4.106                                  | 510          | –   | 31    | 64           | –       | –                          | –   | –    | 11,4                     |
| Curral <sup>(3)</sup>                         | MG    | 12,6                                         | 10,8                          | 14,5             | 11,8 | 2,3 | –                                      | –            | –   | –     | –            | –       | –                          | –   | –    | 50                       |
| Curral <sup>(4)</sup>                         | RJ    | 21,1                                         | 4,3                           | 24               | –    | –   | –                                      | –            | –   | –     | –            | –       | 13                         | 7,2 | –    | –                        |
| Chorume (g/litro)                             | –     | 109                                          | 12                            | 60               | 0,8  | 1,1 | –                                      | 1,17<br>mg/L | –   | –     | 0,46<br>mg/L | 272     | –                          | –   | 6,7  | –                        |
| <b>Galinhas</b>                               |       |                                              |                               |                  |      |     |                                        |              |     |       |              |         |                            |     |      |                          |
| Com maravalha <sup>(1)</sup>                  | RS    | 19                                           | 27,5                          | 15,6             | 65   | 10  | –                                      | 240          | –   | –     | 210          | –       | –                          | –   | 8    | 57,7                     |
| Sem maravalha <sup>(2)</sup>                  | RS    | 27                                           | 54                            | 43,2             | 67,1 | 6,1 | 2.300                                  | 837          | –   | –     | 590          | –       | –                          | –   | –    | –                        |
| Sem maravalha <sup>(4)</sup>                  | RJ    | 40                                           | 12,1                          | 21,1             | –    | –   | –                                      | –            | –   | –     | –            | 172     | –                          | –   | 8,4  | –                        |
| Frango com<br>maravalha <sup>(5)</sup>        | SC    | 32                                           | 38,9                          | 13,2             | –    | –   | –                                      | 0            | –   | –     | –            | –       | –                          | –   | –    | 16,5                     |
| Frango com<br>maravalha <sup>(6)</sup>        | RJ    | 25,3                                         | 12,9                          | –                | –    | –   | –                                      | –            | –   | –     | –            | 395     | 15,3                       | 7,3 | –    | –                        |
| Frango com<br>maravalha <sup>(11)</sup>       | RS    | 25                                           | 36,6                          | 24               | 22   | 5   | –                                      | 300          | –   | –     | 270          | –       | –                          | –   | 8,4  | –                        |
| <b>Suínos<sup>(2)</sup></b>                   | RS    | 23,2                                         | 47,2                          | 19,4             | 32,5 | 7,7 | 8.800                                  | 643          | –   | –     | 422          | –       | –                          | –   | –    | 62                       |
| <b>Composto orgânico</b>                      |       |                                              |                               |                  |      |     |                                        |              |     |       |              |         |                            |     |      |                          |
| Fazenda <sup>(7)</sup>                        | –     | 14                                           | 13,7                          | 8,5              | 6,4  | 2   | 5.480                                  | 1.272        | 35  | 260   | 182          | –       | –                          | –   | –    | –                        |
| Fazenda <sup>(6)</sup>                        | RJ    | 8,7                                          | 28,1 <sup>(8)</sup>           | –                | –    | –   | –                                      | –            | –   | –     | –            | 180     | 21                         | 7,6 | 52   | –                        |
| Resíduo urbano <sup>(9)</sup>                 | RJ    | 14                                           | 2,3                           | 10,2             | 16   | 2   | –                                      | 860          | 130 | 1.180 | 870          | 166     | 12                         | 7   | –    | –                        |
| Resíduo urbano <sup>(10)</sup>                | RJ    | 15,2                                         | 12,1                          | 6,7              | 54   | 4,7 | –                                      | –            | –   | –     | –            | 126     | 8                          | 7,9 | 19,4 | –                        |
| <b>Tortas</b>                                 |       |                                              |                               |                  |      |     |                                        |              |     |       |              |         |                            |     |      |                          |
| Mamona <sup>(11)</sup>                        |       | 30–60                                        | 27–37                         | 5–14             | 5–18 | 1–2 | –                                      | –            | –   | –     | –            | 280–300 | 6–12                       | –   | –    | –                        |
| <b>Outros</b>                                 |       |                                              |                               |                  |      |     |                                        |              |     |       |              |         |                            |     |      |                          |
| Composto de apara<br>de grama <sup>(12)</sup> | RJ    | 22,3                                         | 48,1                          | 37,6             | 24,7 | 3,0 | 3.802                                  | 404          | 32  | 15    | 161          | 387     | 17                         | 8,3 | –    | –                        |

<sup>(8)</sup>O material foi enriquecido com farinha de ossos antes de ser composto.

Fonte: <sup>(1)</sup>Ernani e Gianello (1982); <sup>(2)</sup>Holanda (1981); <sup>(3)</sup>Aidar et al. (1976); <sup>(4)</sup>Almeida et al. (1982); <sup>(5)</sup>Scherer e Bartz (1981); <sup>(6)</sup>Almeida, D. L. et al. (1982), <sup>(7)</sup>Malavota (1976); <sup>(9)</sup>Mazur et al.(1983); <sup>(10)</sup>Peixoto(1984); <sup>(11)</sup>Freitas (2009); <sup>(12)</sup>Benites et al. (2004).

**Tabela 3.** Composição média e algumas características de vinhaça de usinas do Estado do Rio de Janeiro.

| Usina                  | Sólidos totais (mg L <sup>-1</sup> ) | DBO (mgO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> ) | Condutividade elétrica a 25°C (mmhos cm <sup>-1</sup> ) | % C | C/N  | N total | N NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | N NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | P total | (mg L <sup>-1</sup> ) |                  |                  |                  |                 |     | pH |
|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----|------|---------|--------------------------------|--------------------------------|---------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----|----|
|                        |                                      |                                         |                                                         |     |      |         |                                |                                |         | K <sup>+</sup>        | Ca <sup>++</sup> | Mg <sup>++</sup> | Fe <sup>++</sup> | Na <sup>+</sup> |     |    |
| Usina 1 <sup>(1)</sup> | 16.430                               | 32.356                                  | 5,2                                                     | 1,0 | -    | 1.078   | 14,0                           | 529                            | 25,8    | 1.200                 | 42,8             | 31,8             | 54,3             | 41,0            | 4,2 |    |
| Usina 2 <sup>(1)</sup> | -                                    | -                                       | -                                                       | 0,8 | 75,9 | 112     | -                              | -                              | 27,0    | 1.010                 | 232,0            | 200,0            | -                | -               | 3,4 |    |
| Usina 3 <sup>(1)</sup> | 41.425                               | 59.872                                  | 9,0                                                     | 2,2 | -    | 119     | 3,5                            | 7,0                            | -       | 916                   | --               | -                | -                | 42,5            | 3,4 |    |
| Usina 4 <sup>(2)</sup> | 55.220                               | 65.960                                  | 18,0                                                    | 2,0 | -    | 714     | 3,5                            | 10,5                           | 168,5   | 3.800                 | 333,2            | 269,1            | 74,3             | 130,0           | 4,2 |    |
| Usina 5 <sup>(2)</sup> | -                                    | -                                       | -                                                       | 1,8 | 44,9 | 392     | -                              | -                              | 28,0    | 1.130                 | 484,0            | 366,0            | -                | -               | 4,1 |    |
| Usina 6 <sup>(3)</sup> | 27.380                               | 71.326                                  | 6,3                                                     | -   | -    | 539     | 3,5                            | 10,5                           | 29,0    | 128                   | 100,0            | 107,1            | 85,7             | 70,0            | 4,0 |    |
| Usina 7 <sup>(3)</sup> | 18.250                               | 33.976                                  | 4,9                                                     | 1,0 | -    | 294     | 3,5                            | 7,0                            | 30,5    | 664                   | 71,4             | 72,3             | 57,1             | 60,0            | 3,4 |    |

Tipos de vinhaça: <sup>(1)</sup> caldo: destilação do álcool após fermentação alcoólica direta do caldo de cana; <sup>(2)</sup> melaço: após fermentação alcoólica do mosto de melaço, resultante do caldo de cana para a extração do açúcar; <sup>(3)</sup> mista: após fermentação alcoólica do mosto preparado pela mistura de melaço e caldo.  
Fonte: UFRRJ (1981).

fração sólida, prevalecem a matéria orgânica e o potássio, a vinhaça pode ser considerada um fertilizante orgânico rico em potássio.

Dois aspectos devem ser considerados quanto à adição de vinhaça in natura ao solo, visando à fertilização: a) o manejo do resíduo, de forma a obter o máximo de vinhaça a ser aplicada sem prejuízo para o crescimento da cultura, para as características do solo, para a qualidade da água do lençol freático e para a taxa de escoamento superficial; e b) o nível de fertilidade do solo, de modo a estabelecer a quantidade de vinhaça a ser aplicada por unidade de área, visando a suprir as necessidades de potássio da cultura.

Para determinar a quantidade de vinhaça a ser aplicada, pode ser usada a curva de resposta à adubação potássica. Mas, como as concentrações de K e de N são altamente variáveis, esses elementos devem ser quantificados para determinar os teores supridos pela vinhaça. Se, no manejo dos resíduos, altas doses forem utilizadas, vários problemas poderão sobrevir, tais como dificuldade de maturação da cana-de-açúcar, baixa qualidade do caldo e salinização do solo – este último, principalmente nos solos da Baixada Campista, que já têm elevado potencial de salinização.

Vários resíduos urbanos têm potencial de uso como condicionadores de solo e fonte de nutrientes. O lodo de esgoto, por exemplo. Ele é um material sólido orgânico ou inorgânico, removido das águas residuais provenientes de residências e estabelecimentos comerciais e industriais, nas estações de tratamento de esgoto. A concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no lodo depende das contribuições recebidas pelas águas residuais, do tipo de tratamento a que foram submetidas e do manejo do lodo, entre a sua produção e a sua aplicação ao solo. O principal inconveniente do uso do lodo é a possibilidade de ocorrência de metais pesados em sua constituição, a qual traz, como consequência, poluição ambiental e dos alimentos.

Adubos orgânicos geralmente são obtidos de resíduos e subprodutos agrícolas e industriais, que podem apresentar diversos graus de contaminação química e/ou biológica. Esterco podem estar contaminados com organismos patogênicos ao homem, aos animais e às plantas, com propágulos de plantas concorrentes, além de metais pesados e resíduos de medicamentos. Prova evidente disso é o aumento do número de ocorrências de contaminação de esterco bovino

por herbicidas, em virtude da crescente utilização desse produto. Resíduos industriais e urbanos também podem apresentar diversos tipos de contaminação química e biológica. Há evidentes esforços para se controlar a produção, o transporte, o armazenamento e a aplicação de fertilizantes orgânicos, os quais devem estar adequados às diversas normatizações, nos âmbitos federal, estadual e municipal, sobre vigilância sanitária, meio ambiente e agricultura.

## **7.4 Recomendações de adubação orgânica**

A recomendação da quantidade de adubo orgânico a ser empregada pode ser calculada seguindo-se diversos critérios. Partindo-se do pressuposto que, geralmente, o N é o nutriente mais demandado em adubações, mas que é, também, o elemento que pode provocar maiores problemas de contaminação das fontes de água, recomenda-se basear as recomendações das adubações orgânicas nos teores de N dos adubos e na proporção do N presente, que será recuperado pela cultura após a realização da adubação, utilizando-se sempre a matéria seca como base para o cálculo.

O teor de N deve ser determinado em análise de laboratório. Se isso não for possível, o valor poderá ser estimado por meio de tabelas disponíveis em várias fontes, lembrando que, ao contrário dos adubos sintéticos, os adubos orgânicos não são materiais padronizados, e, assim, sua composição pode apresentar grande variação. A Tabela 2 mostra valores de teores de nutrientes para alguns dos principais adubos orgânicos.

A proporção do N presente no adubo orgânico, que é recuperada pela cultura logo após a adubação, depende de diversos fatores, como características do adubo, do clima, do solo e do ciclo da cultura. Em termos gerais, para o Estado do Rio de Janeiro, podemos estimar que a recuperação média de N pela cultura, logo após a adubação orgânica, está em torno de 30% para ambientes quentes, como ocorre na Baixada Fluminense, e em torno de 20% para ambientes frios, como é o caso da Região Serrana.

Deve-se evitar a utilização de adubos orgânicos com teores de N abaixo de 1,0, principalmente no caso de materiais pouco humificados. A recuperação do N contido nesses materiais é muito reduzida,

podendo ocorrer imobilização do N disponível no solo. Também se deve evitar a utilização de grande quantidade de adubo com elevados teores de matéria orgânica pouco humificada, pois isso pode causar problemas de anaerobiose temporária nos poros do solo.

É importante estar consciente que a determinação das recomendações de adubação orgânica é muito mais complexa do que a da adubação mineral, pois envolve materiais pouco padronizados, com desempenho muito mais sujeito à influência de fatores ambientais. Por isso, recomenda-se que o cálculo da quantidade de adubos orgânicos utilizados também deve considerar as doses geralmente empregadas desses insumos, e não ultrapassar as doses máximas recomendadas, conforme está apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Valores de doses geralmente empregadas e de doses máximas recomendadas para os principais adubos orgânicos.

| <b>Adubo orgânico</b>              | <b>Doses geralmente empregadas</b>          | <b>Doses máximas recomendadas</b> |
|------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                    | <b>tonelada de matéria seca por hectare</b> |                                   |
| Esterco de ruminantes              | 10                                          | 40                                |
| Esterco de aves                    | 5                                           | 20                                |
| Torta de oleaginosas               | 1                                           | 4                                 |
| Composto orgânico pouco humificado | 10                                          | 40                                |
| Composto orgânico muito humificado | 10                                          | 60                                |

## 7.5 Maturidade e estabilidade

O principal requisito para que adubos orgânicos sejam utilizados de forma segura no solo é o seu grau de estabilidade ou de maturação, que implica matéria orgânica estável e ausência de componentes fitotóxicos, de sementes de concorrentes e de organismos patogênicos às plantas e aos seres humanos. Quando esses materiais são adicionados ao solo, isso pode resultar em impacto negativo sobre o

crescimento das plantas por causa da redução do oxigênio na zona radicular ou da presença de compostos fitotóxicos.

O termo “maturidade” é normalmente usado na avaliação do potencial de crescimento da planta ou da fitotoxicidade de materiais orgânicos, enquanto o vocábulo “estabilidade” geralmente está relacionado com a atividade microbiana. Entretanto, as duas palavras estão muito correlacionadas, pois substâncias fitotóxicas são produzidas por microrganismos em materiais orgânicos pouco estabilizados. A estabilidade é atingida quando a matéria orgânica de fácil biodegradação é totalmente degradada. A maturidade, que implica a ausência de limitações ao crescimento das plantas, é avaliada com mais eficiência por meio de bioensaios de crescimento vegetal.

A estabilidade é uma característica importante para se avaliar a qualidade de um composto, mas é de difícil mensuração. A maioria dos critérios utilizados na avaliação do processo de compostagem é baseada em parâmetros físicos e químicos do material orgânico, e seus comportamentos refletem a atividade metabólica dos microrganismos envolvidos no processo de compostagem. Esses parâmetros abrangem a redução da temperatura, o grau de autoaquecimento, o consumo de oxigênio, os efeitos fitotóxicos, a CTC, o conteúdo de MO e de nutrientes, e a relação C:N.

Alguns autores têm proposto índices de maturidade baseados no monitoramento das substâncias húmicas, tais como ácidos húmicos e ácidos fúlvicos. Entre os índices de maturidade propostos, os mais representativos são aqueles que medem a evolução dos ácidos húmicos (AH) comparada com a evolução dos ácidos fúlvicos (AF). A razão AH/AF é considerada o melhor indicador de maturidade e humificação. Bernal et al. (1998) apresentam os seguintes indicadores de maturidade e estabilidade para alguns materiais orgânicos, como composto de lixo urbano e lodo de esgoto:

- A maturidade dos compostos pode ser definida em termos de nitrificação. Quando a concentração de  $\text{NH}_4^+$  diminui e o  $\text{NO}_3^-$  aparece, o composto é considerado pronto para ser usado. Um alto nível de  $\text{NH}_4^+$  indica materiais pouco estabilizados, sendo determinado o valor de 0,04% como a concentração máxima para os compostos de lixo urbano serem considerados maduros. A relação C:N menor que 12 e

a relação  $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$  menor que 0,16 também são aceitas como indicativos de maturidade. No entanto, em termos de relação C/N, valores abaixo de 12 para compostos orgânicos podem ser difíceis de ser alcançados, já que, geralmente, um processo de compostagem adequado necessita de materiais de mais alta C/N, o que se reflete na composição do produto final. Valores acima de 18 até 25 podem não ser limitantes para o uso do composto na prática. Algumas formas de manejo podem reduzir os efeitos negativos da imobilização de nitrogênio. Por exemplo, o composto pode ser aplicado na superfície do solo, sem incorporação, ou ser aplicado com maior antecedência em relação à data de semeadura, promovendo a sua biodegradação no solo sem afetar a cultura. Por sua vez, a relação C/N mais alta, ou seja, com mais carbono orgânico, traz benefícios para a estrutura do solo e para a formação da matéria orgânica, o que resulta em melhoria da maioria dos indicadores de qualidade do solo (Tabela 5) e em manutenção da capacidade produtiva a longo prazo.

- O processo de humificação produz grupos funcionais e aumenta a oxidação da matéria orgânica, levando a aumento da CTC. Valores maiores que  $60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  são indicativos da maturidade dos compostos de lixo urbano. A relação CTC/C-orgânico também é utilizada, sendo os valores de  $1,7 \text{ mmol g}^{-1}$  e  $1,9 \text{ mmol g}^{-1}$  os limites inferiores descritos para a maturidade de composto de lixo urbano e de lodo de esgoto, respectivamente.
- As frações carbono solúvel (Cw) e de ácidos fúlvicos geralmente diminuem durante a compostagem em virtude de seus elevados conteúdos de substâncias facilmente degradáveis (açúcares, aminoácidos, peptídeos, etc.). O valor de  $\text{Cw} < 1,7\%$  é usado como um indicador de maturação. O índice de maturidade (Cw/N-orgânico) também é um indicativo, sendo aceitos valores maiores que 0,55.
- A relação AH/AF aumenta durante o processo de compostagem, sendo valores maiores que 1,9 propostos como indicadores de maturidade para compostos de lixo urbano e de lodo de esgoto.

**Tabela 5.** Indicadores de qualidade do solo.

| Propriedades físicas           | Propriedades químicas          | Propriedades biológicas        |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Densidade do solo              | pH                             | Carbono na biomassa microbiana |
| Profundidade de enraizamento   | Condutividade elétrica         | N na biomassa microbiana       |
| Taxa de infiltração de água    | Capacidade de troca de cátions | Minhocas                       |
| Capacidade de retenção de água | Matéria orgânica               | Enzimas                        |
| Estabilidade de agregado       | N mineralizável                | Supressividade de doenças      |
|                                | K trocável                     |                                |
|                                | Ca trocável                    |                                |

Fonte: Mitchell (2000).

## 7.6 Fonte de nutrientes

Para os adubos orgânicos, principalmente o composto orgânico, a disponibilidade de nutrientes para as plantas depende do processo de decomposição biológica no solo dessa matéria orgânica (mineralização). A maior parte do nitrogênio (N) do fósforo (P) e do enxofre (S) está conservada na forma orgânica (matéria orgânica) e na biomassa microbiana. A exceção é o potássio (K), que estará mais prontamente disponível. A elevada capacidade de troca de cátions (CTC) permite também que os nutrientes aplicados ao solo fiquem em formas trocáveis e sejam aproveitados com mais eficiência pelas raízes das plantas, evitando perdas por lixiviação. Esse efeito é especialmente importante para o potássio ( $K^+$ ), o cálcio ( $Ca^{++}$ ), o magnésio ( $Mg^{++}$ ) e o nitrogênio na forma de íon amônio  $NH_4^+$ .

A literatura científica relata que a disponibilidade de nitrogênio no primeiro ano após a incorporação do adubo orgânico ao solo pode variar de 15% a 50% do total aplicado. A aplicação de fontes de matéria orgânica deve ser realizada periodicamente, para aumentar a quantidade

total de nitrogênio orgânico no solo e, conseqüentemente, o potencial de mineralização para a manutenção da capacidade produtiva.

O uso do adubo orgânico pode ser concomitante ao uso de fertilizantes sintéticos convencionais; nesse caso, podendo aumentar a eficiência da aplicação dos nutrientes solúveis presentes neste último. A duração dos efeitos benéficos do adubo orgânico no solo vai depender de fatores climáticos e das características do solo e do manejo, que influenciam a mineralização da matéria orgânica.

Adubos orgânicos são fontes também de micronutrientes (boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel e zinco). Tais elementos atuam no metabolismo vegetal, especialmente na ativação de determinadas enzimas. O molibdênio, por exemplo, é fundamental para a fixação biológica de nitrogênio (FBN), pela associação entre rizóbio e leguminosas. A falta de micronutrientes pode limitar a capacidade produtiva do solo. Solos arenosos tendem a apresentar baixos teores de certos micronutrientes, o que torna mais premente a aplicação de adubos orgânicos. No entanto, como os teores de micronutrientes nos adubos orgânicos variam, é preciso recorrer à análise química para se determinar a quantidade de micronutriente a ser aplicada.

## 7.7 Condicionamento de solos

A MOS, representada por compostos de origem vegetal e animal em distintos estádios de decomposição, exerce diversas funções no solo: atua na formação e na estabilização da estrutura do solo, por meio do fornecimento de substâncias agregantes, como polissacarídeos, ácidos orgânicos e exsudados de raízes, ou mesmo pela ação mecânica exercida pelas hifas de fungos do solo.

Em se tratando de fertilidade do solo, a MOS é importante na geração de cargas do solo. Por sua vez, a matéria orgânica humificada, estabilizada biologicamente, é intrinsecamente associada à fração mineral do solo, graças a sua natureza coloidal e a grupos dissociáveis, como carboxílicos e fenólicos. Exerce benefícios variados para o agricultor e para o meio ambiente. Ela é responsável pela maior parte das cargas dependentes de pH do solo. Estudos mostram que a MOS representa de 25% até 97% da CTC do solo. Ademais, podem complexar elementos como Al e outros, formando quelatos, reduzindo o

efeito tóxico deles, ou as chances de contaminação de cursos de água de superfície e subterrânea. Pesticidas também podem ser adsorvidos a moléculas orgânicas, diminuindo sua mobilidade e elevando as chances de ser biodegradadas.

A MOS pode atuar de forma positiva também sobre o P, que normalmente é fixado (adsorvido) pelas argilas 1:1 e óxidos de Fe e Al encontrados nos solos. A imobilização temporária do P na biomassa microbiana do solo permite manter o P longe do contato com os óxidos, mas sua compartimentação vai variar conforme for o manejo da matéria orgânica. As substâncias húmicas, que são formadas paralelamente à decomposição dos resíduos do solo e que possuem normalmente peso molecular e recalcitrância mais elevados, assumem papel decisivo na diminuição da adsorção de ânions fosfato por óxidos de Fe e Al. Decorre disso que, seja pela introdução de adubos fosfatados solúveis ou não, seja pela mineralização do P da biomassa microbiana do solo, as culturas terão mais chances de absorver o ânion fosfato em solos com elevados teores de MOS, do que em solos com baixos teores.

As substâncias húmicas, presentes nos adubos orgânicos ou formadas em seu processo de decomposição, também são responsáveis por parte dos importantes benefícios da matéria orgânica, como o aumento da CTC do solo, favorecendo a produtividade agrícola. Segundo Canellas e Santos (2005, p. 224):

Além de indiretamente favorecer os processos de absorção de íons mediante a formação de complexos organometálicos solúveis, as substâncias húmicas ativam rotas bioquímicas específicas tal como fazem alguns hormônios vegetais.

Em virtude de sua diversidade biológica, a aplicação de adubos orgânicos pode ter efeito supressivo sobre certos fitopatógenos no solo. A diversidade microbiana contribui para a supressão de fitopatógenos, graças a quatro tipos de interação ecológica: competição, antibiose, parasitismo/predação e indução sistêmica da resistência do hospedeiro. A compostagem pode ser considerada um meio de multiplicação de agentes de controle biológico de fitopatógenos no solo, a exemplo de espécies de *Trichoderma* (*Trichoderma asperellum* e *Trichoderma hamatum*) e *Aspergillus* spp., reconhecidas como agentes no controle biológico, em virtude de sua alta capacidade de competição e indução de resistência sistêmica. Efeitos supressivos foram identifi-

cados em diversos gêneros de fitopatógenos, como: *Fusarium* sp., *Pythium* sp., *Phytophthora* sp. e *Rhizoctonia* sp.

## 7.8 Qualidade e valor do adubo orgânico

Adubos orgânicos são comercializados principalmente com base no volume, pois geralmente se comercializa a carga fechada de um caminhão. Mas os efeitos do fornecimento de nutrientes e de condicionamento do solo são dimensionados com base na massa seca do produto, pois os teores de nutrientes e de matéria orgânica são calculados com base na massa seca da amostra. Desse modo, para se avaliar a capacidade de fornecimento de nutrientes de um fertilizante orgânico, é necessário converter o volume da carga em quantidade de massa seca presente. Quando o objetivo é o condicionamento do solo, proporcionado pela matéria orgânica, deve-se também levar em conta o teor de carbono ou de matéria orgânica. É comum encontrar adubos orgânicos que, além de apresentarem muita umidade, estão misturados com solo ou areia. Como a densidade do solo ou da areia é aproximadamente 10 a 20 vezes maior que a densidade da matéria orgânica, basta misturar um pequeno volume desses materiais para reduzir significativamente o teor de matéria orgânica do material.

Quando o objetivo principal é o condicionamento do solo, deve-se basear no teor de matéria orgânica do material; mas também é importante levar em conta o grau de humificação do adubo orgânico. Materiais orgânicos frescos, com elevados teores de açúcares solúveis, amido, proteína e celulose, possuem menor capacidade de condicionamento do solo do que materiais estabilizados e maduros, com elevado grau de humificação.

## 7.9 Manejo da matéria orgânica para conservação da fertilidade

Vários sistemas de produção e de manejo permitem a preservação ou o retorno dos estoques de C do solo quanto à qualidade compatível com a obtenção de boas produtividades, pois é errôneo pensar que, obrigatoriamente, tem-se que atingir os níveis de C encontrados sob a

vegetação original da área. Neste item, são apresentados alguns exemplos de sistemas produtivos e de manejo da vegetação com potencial de ser replicados com sucesso em várias situações agrícolas fluminenses.

O componente arbóreo ou o arbustivo, em alguns sistemas conhecidos como agroflorestais, funcionam também como adubos verdes; porém, preferiu-se citá-los separadamente, como forma de evidenciar os benefícios adicionais do hábito de crescimento dessas plantas, em comparação com aqueles em que são utilizadas espécies herbáceas de hábito ereto ou escandente. São eles:

### **7.9.1 Adubação verde de sistemas de produção de culturas anuais**

Esse assunto é abordado com detalhes no Capítulo 8.

### **7.9.2 Arborização de pastagem e de agroecossistemas**

As espécies arbóreas plantadas com essa finalidade geralmente possuem algum valor comercial, além de proporcionarem ao solo ganhos de matéria orgânica e nutrientes, os quais beneficiarão também as espécies forrageiras, anuais ou perenes, plantadas em consórcio na mesma área. Várias são as alternativas de combinação de espécies a serem inseridas nesses sistemas, sendo a aptidão edafoclimática, a arquitetura de copa e do sistema radicular e a função ecológica da espécie os fatores determinantes da sua seleção.

### **7.9.3 Plantio em aleias**

Nesse sistema, as espécies arbóreas ou arbustivas formam corredores, onde são dispostas as linhas de plantio de culturas anuais. A principal finalidade do método é tornar perene a deposição de resíduos vegetais (senescentes ou oriundos de poda) no solo. Dessa forma, pretende-se manter ou aumentar a produtividade das culturas anuais a partir da melhoria da fertilidade e do microclima local, seja pela ciclagem de nutrientes, seja pelo controle de ervas daninhas, seja, por fim, pela adição de cobertura morta. Espécies como o feijão-guandu

(*Cajanus cajan*), a gliricídia (*Gliridia sepium*), a leucena (*Leucaena leucocephala*) e o ingá (*Inga* spp.) têm sido utilizadas nesses sistemas, por possuírem copa mais aberta e proporcionarem a passagem de luz para outras culturas, além de apresentarem elevada capacidade de rebrota. Esse sistema permite uma cobertura constante do solo, reduzindo, assim, a intensidade dos processos erosivos.

#### 7.9.4 Manejo do pousio

O sistema de agricultura migratória ou de pousio é aquele em que o agricultor rotaciona áreas de uso com áreas sem uso agropecuário, podendo essa ser uma área de vegetação nativa. Esse sistema permite que a área seja mantida com cobertura vegetal natural, diminuindo, assim, a exposição do solo aos agentes erosivos (vento e água), além de reduzir a pressão sobre os remanescentes florestais nativos, como fonte de madeira para uso local. A introdução de espécies pioneiras ou secundárias iniciais fixadoras de  $N_2$  atmosférico – como o ingá (*Inga edulis*), ovinhático (*Plathymenia foliosa*), o mongolo-jacaré (*Parapiptadenea gonocanta*) e o angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) – pode contribuir para a diminuição do tempo de pousio, pela restauração antecipada da fertilidade de solos degradados. Vale ressaltar que se deve dar preferência a espécies nativas da flora brasileira nos programas de enriquecimento de capoeiras.

#### 7.9.5 Plantio de contorno ou em terraços

Em áreas de relevo suave-ondulado e ondulado utilizadas para cultivo agrícola, espécies arbóreas, arbustivas ou mesmo gramíneas, como capim-vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash), capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) e capim-colonião (*Panicum maximum*), são plantadas em curva de nível, de modo a formarem barreiras contra o escoamento superficial da água e, assim, reduzir a erosão hídrica do solo. O plantio de árvores e arbustos nas cristas de terraços tende a estabilizar o solo por meio do seu sistema radicular profundo e da serapilheira depositada sobre o solo, além de protegerem a cultura intercalar contra os ventos excessivos e assim reduzir a perda de umidade do solo, que favorece a erosão eólica.

### 7.9.6 Cercas vivas e moirão vivo

Espécies arbóreas, arbustivas ou gramíneas e herbáceas podem ser inseridas em faixas, como cercas vivas, nos sistemas agropecuários de produção, preenchendo as funções de proteção, abrigo e quebra-vento. O cipreste-comum (*Cupressus lusitanica*) tem sido apontado por Manual... (2008) como espécie promissora no estabelecimento de cortinas de proteção, e é encontrado em várias propriedades da Região Serrana do Rio de Janeiro. Espécies selecionadas para essa finalidade devem ser plantadas perpendicularmente à direção dos ventos, em linhas únicas ou múltiplas, protegendo as culturas de ventos quentes, frios ou secos, da deposição de poeira, de aerossóis salinos (em regiões costeiras), entre outros. Geralmente, espécies de gramíneas e herbáceas são plantadas na base das cortinas de plantas arbóreas para proteger contra a ação de ventos, que transportam partículas de solo de áreas circundantes.

O sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) é uma espécie nativa com grande potencial de uso como cerca viva. Além de possuir acúleos, que impedem a passagem de animais, fixa o nitrogênio em associação com bactérias diazotróficas, é tolerante à queima e suporta a poda, ou seja, rebrota com facilidade, além de possuir flores melíferas e taxa de rápido crescimento, o que proporciona uma cobertura também rápida do solo.

O moirão vivo visa ao plantio de linhas de espécies arbóreas ou arbustivas dentro ou entre propriedades rurais, dividindo piquetes ou delimitando suas fronteiras. Espécies utilizadas para esse fim, como a *Gliricidia sepium*, também podem representar um bancos de proteínas em associação com o plantio de espécies herbáceas ou arbustivas fixadores de  $N_2$ , para aumentar a qualidade das pastagens. Dessa forma, aumenta-se a capacidade de suporte das pastagens, retardando ou mitigando os processos de degradação associados à perda da produtividade do solo e do poder de resiliência do substrato.

Em todos esses sistemas, enfatiza-se a manutenção da cobertura do solo durante todo o ano, e não apenas no período de cultivo agrícola. Essa prática visa amortecer o impacto erosivo das chuvas, atenuar as variações de temperatura na camada superficial do solo, conservar sua umidade e aumentar a estabilidade das unidades estruturais do solo (os agregados). Dessa forma, aumenta-se a resistência das forças de coesão e adesão que mantêm, unidas, as partículas primárias do solo

(argila, silte e areia), contra as forças de natureza externa, como o impacto, a abrasão e o atrito, e as oriundas do escape do ar interno dos agregados.

A inserção de leguminosas herbáceas, arbustivas ou arbóreas, que se associam com bactérias diazotróficas (responsáveis pela fixação biológica de  $N_2$  - FBN) e com fungos micorrízicos, tem sido apontada como uma alternativa ecológica e econômica para o manejo de solos tropicais. Ela permite que uma quantidade significativa de N seja incorporada aos sistemas agrícolas, diminuindo, assim, os gastos com fertilizantes e o passivo ambiental resultante do seu uso. Essa introdução adicional de N, em combinação com características bioquímicas da serapilheira (como os teores de polifenóis) dessas espécies, permite que o solo estoque mais C, com consequências positivas sobre a sua agregação na superfície, aumentando a percolação da água no perfil e diminuindo o escoamento superficial e a erosão.



## Capítulo 8

# Insumos biológicos

*Fabiano de Carvalho Balieiro*

*Ricardo Berbara*

*Sérgio Miana de Faria*

*Helvécio De-Polli*

*Avílio Antônio Franco*

Entre as tecnologias usadas na agricultura, destaque deve ser dado ao uso dos insumos biológicos, expressão aqui utilizada para designar os materiais biológicos empregados para a obtenção de maior eficiência na exploração agrícola ou florestal, com reflexos positivos, tanto econômicos quanto ambientais. Os insumos biológicos compreendem organismos úteis e as variações de seus empregos, sendo o exemplo mais difundido o das bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico (BFN) denominadas bactérias diazotróficas. A inoculação dessas bactérias à soja transformou o País no segundo maior produtor mundial da oleaginosa, sem que para isso fosse necessária a aplicação do adubo nitrogenado, que é caro e danoso ao meio ambiente, quando usado sem uma boa recomendação.

As associações micorrízicas são também exemplos desses insumos, que ocorrem com a maior parte das plantas cultivadas e podem ser potencializadas em prol de uma agricultura ambientalmente mais

apropriada, na medida em que potencializa a captação, pela planta, por recursos do solo, como nutrientes (especialmente P e Zn) e água, além de oferecerem maior proteção às plantas a efeitos tóxicos de metais pesados.

Outros organismos têm sido estudados, mas os resultados ainda não permitem recomendações tão seguras, como é o caso dos organismos solubilizadores de fosfato (OSF) e os promotores de crescimento. No primeiro caso, pesquisas têm mostrado que bactérias do gênero *Penicillium*, *Aspergillus* e vários rizóbios podem acidificar o meio em que crescem, favorecendo a solubilização de formas insolúveis de P do solo. O avanço da pesquisa nessa área poderá possibilitar a inoculação de OSF, concomitante ao de BFN, e propiciar o uso de fontes menos solúveis e mais baratas, como fosfatos de rocha e termofosfatos. Outros organismos que trazem benefícios às plantas são os chamados promotores de crescimento. Entre os exemplos mais difundidos estão o uso do *Trichoderma* spp. no controle de *Rhizoctonia solani*, por efeito antibiótico e de melhora das condições nutricionais.

Biofertilizantes são fertilizantes, em sua maioria, líquidos muito utilizados na agricultura de base familiar. Também podem ser usados como exemplo de insumo biológico. Seu uso mais geral é por aplicação foliar, mas pode ser aplicado em substratos para a produção de mudas diversas. Sua obtenção é por meio da transformação aeróbica ou anaeróbica de soluções aquosas que contenham diversos tipos de material, como esterco bovino, torta de mamona, melaço, farinhas diversas, rochas fosfatadas e fontes de micronutrientes. Algumas formulações utilizam como inoculante a mistura de microrganismos, que são utilizadas principalmente em horticultura, fruticultura e na produção de mudas, como adubação complementar ou depois que as plantas sofrerem algum estresse. Biofertilizantes geralmente apresentam uma grande população e elevada diversidade de microrganismos, o que pode promover, além do efeito fertilizante, efeitos de controle fitossanitário e de promoção de crescimento. Os principais biofertilizantes utilizados no Estado do Rio de Janeiro são o Agrobio, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio), e o Super-Magro, desenvolvido pela Emater do Estado do Rio Grande do Sul.

Este capítulo abordará as duas associações simbióticas mais estudadas – a que promove a fixação biológica do nitrogênio (FBN) e as

micorrizas –, buscando, na medida do possível, exemplos práticos de aplicação desses insumos na agricultura fluminense, como é caso dos adubos verdes.

## 8.1 Fixação biológica de nitrogênio (FBN)

### 8.1.1 FBN em leguminosas

As leguminosas constituem uma família de vegetais com espécies cultivadas que podem ser autossuficientes em nitrogênio, podendo enriquecer o solo após a colheita, com seus restos culturais.

Como produtoras de grãos tem-se: soja, feijão, feijão-macáçar (caupi), amendoim, ervilha, guandu, grão-de-bico e outras. Entre as forrageiras, destacam-se: estilosantes, siratro, centrosema, soja perene, leucena, *Desmodium*, soja Santa Maria, calopogônio, kudzu e *Galactia*. Para a adubação verde pode-se citar: a mucuna, a lablab, a crotalária, o feijão-de-porco, o feijão-bravo-do-ceará, a soja Santa Maria, as leucenas, entre outras. Não menos importantes são as leguminosas de arborização, reflorestamento, produção de forragem e sombreamento de culturas, tais como: acácias, sabiá, jacarandá, pau-brasil, sombreiro, gliricídia, leucena, pau-jacaré, albízia e orelha-de-negro.

A possibilidade de autossuficiência em nitrogênio dessas plantas é resultado da capacidade que elas têm de permitir a infecção das raízes por bactérias de diversos gêneros (*Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* e *Sinorhizobium*) e por novos gêneros, recentemente reconhecidos como nodulantes (*Blastobacter*, *Burkholderia*, *Devosia*, *Methylobacterium*, *Ochrobactrum*, *Ralstonia*, *Cupriavidus*), e formar uma estrutura especializada (nódulo), onde a planta e a bactéria sofrem modificações de estrutura e de metabolismo, estabelecendo-se, assim, uma das mais perfeitas associações conhecidas, ficando planta e bactéria mutuamente favorecidas. Nessa simbiose, a bactéria utiliza a resultante da fotossíntese da planta para, por meio de um sistema especializado de enzimas (nitrogenase), fixar o  $N_2$  atmosférico, transformando-o em  $NH_3$ , que é imediatamente transferido para fora do bacteroide (rizóbio desenvolvido). No hospedeiro, o amônio é incorporado ao ácido glutâmico, formando glutamina, ureídos e asparagina, que são transportados para todas as regiões da planta.

É importante lembrar que, excluídas as reservas de salitre do Chile, não existe na natureza outra fonte natural de nitrogênio combinado. A produção de adubos nitrogenados é baseada, integralmente, na conversão do  $N_2$  atmosférico em amônio, por um processo químico, que consome muita energia. Dessa forma, a FBN é, sem sombra de dúvida, a melhor alternativa para a reposição de reservas orgânicas de N no solo das propriedades rurais.

### **8.1.2 Inoculante com bactéria diazotrófica**

O inoculante para leguminosas contém a cultura de bactérias diazotróficas em um veículo, geralmente turfa, porém, em regiões de plantio de soja em larga escala, um veículo bastante utilizado é o óleo mineral. O processo tecnicamente viável e mais prático na produção de inoculante consiste em desenvolver a bactéria em meio de cultura puro, e depois misturá-lo à turfa previamente neutralizada com calcário e de preferência esterilizada por radiação gama. No Estado do Rio de Janeiro, as estirpes das bactérias, antes de serem recomendadas para a produção de inoculantes, sofrem um processo exaustivo de seleção nos laboratórios de pesquisa da Embrapa Agrobiologia. Esses e outros laboratórios fornecem anualmente essas estirpes aos fabricantes de inoculantes credenciados pelo Ministério da Agricultura.

O inoculante deve ser guardado, de preferência, em geladeira ou local fresco protegido do sol, até o momento do uso, podendo, nessas condições, manter as especificações técnicas exigidas por lei: mínimo de  $10^7$  bactérias por grama de inoculante úmido, até a data de vencimento. No mercado, são encontradas embalagens de saco de plástico, em unidades de 100 g ou 200 g. No Estado do Rio de Janeiro, a Embrapa Agrobiologia, localizada em Seropédica, produz e comercializa inoculantes para as principais culturas comerciais e de adubos verdes.

### **8.1.3 Escarificação das sementes**

Leguminosas com sementes duras, especialmente espécies forrageiras e algumas leguminosas arbóreas, geralmente necessitam de escarificação. Para saber a necessidade e o procedimento, consultar bibliografia específica.

## **8.1.4 Inoculação das sementes**

A inoculação tem por finalidade colocar, junto à semente recém-germinada, uma elevada população de bactérias diazotróficas específicas e comprovadamente capazes de nodular e estabelecer uma simbiose com a planta formada.

### **8.1.4.1 Inoculação**

Usar a quantidade de inoculantes e sementes recomendadas na embalagem do próprio inoculante ou conforme orientação do fabricante. De forma generalizada pode-se adotar o seguinte procedimento: misturar 200 mL (ou um copo pequeno) de água potável com 200 g de inoculante, até formar uma pasta homogênea. Depois misturar essa pasta com as sementes até que todas elas apresentem uma camada uniforme de inoculante envolvendo-as. Espalhar e deixar secar em lugar sombreado, fresco e arejado, por no máximo 24 horas antes do plantio.

### **8.1.4.2 Inoculação e revestimento das sementes com outros materiais**

#### **Peletização**

Esse é o processo mais adequado de inoculação, pois, além de melhorar a sobrevivência da bactéria desde a inoculação até ao plantio, protege a plântula e a bactéria da acidez do solo e dos adubos. No preparo do revestimento, pode-se juntar micronutrientes, que, dessa forma, são posicionados estrategicamente junto à planta para serem mais bem aproveitados.

O processo consiste em inocular as sementes agregando um adesivo sem constituintes tóxicos e não ácidos – goma arábica, metofas ou gomas caseiras preparadas com polvilho de araruta, ou polvilho de mandioca, ou farinha de trigo (FARIA et al., 1984) (Tabela 1) –, recobrando depois as sementes com uma camada de calcário misturado com micronutrientes (ex.: calcário misturado com FTE em partes iguais). Na Tabela 1, é apresentada a quantidade de materiais a ser usada conforme o tamanho das sementes.

**Tabela 1.** Material usado na inoculação e no revestimento das sementes.

| <b>Leguminosas</b>                                                                           | <b>Goma arábica<br/>40% ou goma<br/>caseira 7%<br/>até 1 L<sup>(1)</sup></b> | <b>Inoculante<br/>(g)</b> | <b>Semente<br/>(kg)</b> | <b>Calcário ou<br/>calcário +<br/>micronutrientes<br/>(FTE) (1:1)<sup>(2)</sup> (kg)</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sementes grandes</b><br>Soja, feijão, caupi,<br>amendoim, guandu,<br>ervilha, fava, etc.  | 1                                                                            | 200                       | 50                      | 10                                                                                       |
| <b>Sementes médias</b><br>Calopogônio, leucena,<br>soja perene, siratro,<br>centrosema, etc. | 1                                                                            | 200                       | 20                      | 16                                                                                       |
| <b>Sementes pequenas</b><br>Estilosantes,<br><i>Desmodium</i> , <i>Lotonois</i> ,<br>etc.    | 1                                                                            | 200                       | 10                      | 20                                                                                       |

<sup>(1)</sup> Pesar 400 g de goma arábica, diluir em água potável morna e completar o volume até 1 L, ou pesar 70 g de polvilho de araruta, ou polvilho de mandioca, ou farinha de trigo, e diluir em água potável. Completar o volume até 1 L, e aquecer até dissolver. Depois de esfriar, guardar em geladeira até o momento do uso. Uma quantidade de goma, calcário e micronutrientes de até cinco vezes as constantes desta tabela pode ser usada para aumentar a quantidade de material a ser aderido.

<sup>(2)</sup> Usar calcário o mais fino possível (que passe em peneira de 300 mesh), puro ou misturado em partes iguais aos micronutrientes (FTE). Não usar cal virgem.

Fonte: Faria et al. (1984).

O procedimento consiste em juntar o adesivo ao inoculante e misturar até formar uma pasta uniforme. Depois, juntar essa pasta às sementes e misturar até elas ficarem uniformemente cobertas pela pasta. A seguir, adicionar, de uma só vez, o calcário, calcário + micronutrientes (FTE), misturando com cuidado para formar agregados ou remover o material aderido às sementes. Esse procedimento pode ser feito sobre um plástico estendido, ou sobre uma área cimentada, ou, então, de preferência, em um tambor de eixo descentralizado, ou betoneira (DE-POLLI; FRANCO, 1985).

As sementes inoculadas e revestidas, quando guardadas em local fresco, arejado e sombreado, podem ser mantidas durante uma semana antes do plantio, quando utilizada a goma arábica; entretanto, é indicado plantar logo após a inoculação.

O uso de querosene e óleo diesel não é aconselhável. O uso de solução açucarada (10%) tem sido preconizado por alguns pesquisadores, mas em casos de seca pode acarretar problemas para a germinação das sementes e a nodulação das plantas.

As prováveis causas de insucesso no preparo do revestimento são:

- Revestimento fofo indica excesso de calcário ou de fosfato de rocha, mistura malfeita ou ambos.
- Sementes emplastradas, com partes visíveis, resultam de grande excesso de adesivo; para corrigir, adicionar mais calcário ou fosfato de rocha.
- Formação de aglomerados de sementes pode ser causada por excesso de adesivo e, principalmente, por adição parcelada de calcário; ocorre geralmente com sementes pequenas.

#### **8.1.4.3 Causas prováveis de insucesso da inoculação**

Alguns fatores que podem responder pelo insucesso da inoculação são relacionados a seguir:

- O solo contém suficiente nitrogênio mineral – nesse caso, não é necessária a inoculação, nem adubação com N mineral.
- O inoculante é de má qualidade, não é específico, ou não foi transportado ou estocado em condições adequadas – o inoculante nunca deve ficar exposto ao sol; de preferência, deve ser mantido em geladeira.
- A semente inoculada não foi manejada convenientemente – como o inoculante, sementes inoculadas não devem ficar expostas ao sol e ao calor; ao serem semeadas, devem ser cobertas imediatamente com solo.
- Há toxicidade de Mn e Al prejudicando a simbiose – nesse caso, é indispensável uma calagem do solo para eliminar a toxicidade.
- Deficiência de fósforo ou molibdênio – essa deficiência pode invalidar a inoculação.
- Plantio de sementes inoculadas em solo seco.

Vale comentar que a inoculação de sementes de leguminosas com bactérias diazotróficas é uma prática de comprovada eficiência. Mesmo quando o solo possui uma população razoável da bactéria, a inoculação pode ser efetuada, para garantir uma boa nodulação inicial e garantir o benefício da simbiose. Em condições adversas, é aconselhável usar até quatro vezes mais inoculantes do que a dose recomendada. O custo da inoculação é praticamente nulo quando comparado com a adubação nitrogenada, propiciando substancial economia para o agricultor.

#### **8.1.4.4 Cuidados na inoculação, manuseio e plantio das sementes**

Alguns cuidados podem aumentar o êxito da inoculação:

- Não usar inoculante vencido (no pacote consta a data de vencimento).
- Espalhar bem e rapidamente as sementes após a inoculação, para evitar o entumescimento e o início do processo de germinação, principalmente se as condições do solo não estiverem ótimas para que o processo tenha continuidade.
- Não expor as sementes inoculadas ao sol e a altas temperaturas, cobrindo-as com solo imediatamente após o plantio.
- Não plantar sementes inoculadas em solo seco.

Outros agrotóxicos, que apresentam maior ou menor toxicidade, são relacionados por De-Polli e Franco (1985) e De-Polli et al. (1986). Quando a aplicação de agrotóxicos incompatíveis com a bactéria for inevitável, uma boa solução será inocular sementes não viáveis ou outras partículas de tamanho e peso semelhantes e plantar juntamente com as sementes viáveis tratadas com o produto tóxico. Outra opção é usar inoculante líquido ou granular aplicado ao solo no sulco de plantio.

Vale ressaltar que dificilmente será obtida resposta à inoculação sem que sejam corrigidas as deficiências dos demais nutrientes, principalmente de P, Ca e Mo ( $20 \text{ g Mo ha}^{-1}$ ), e eliminada a toxidez de Al e Mn. De maneira geral, leguminosas respondem à calagem e à adubação fosfatada, sendo o mais indicado adubar conforme análise de terra (ver recomendação na seção apropriada para a cultura, neste manual, Capítulo 14).

### 8.1.4.5 Obtenção de inoculantes

A Embrapa Agrobiologia fornece pequenas quantidades de inoculantes para fins experimentais e para demonstração, ou para leguminosas sem inoculantes disponíveis no mercado, desde que solicitadas com pelo menos 20 dias de antecedência. Várias firmas atuantes no mercado produzem inoculantes para as principais culturas e forrageiras.

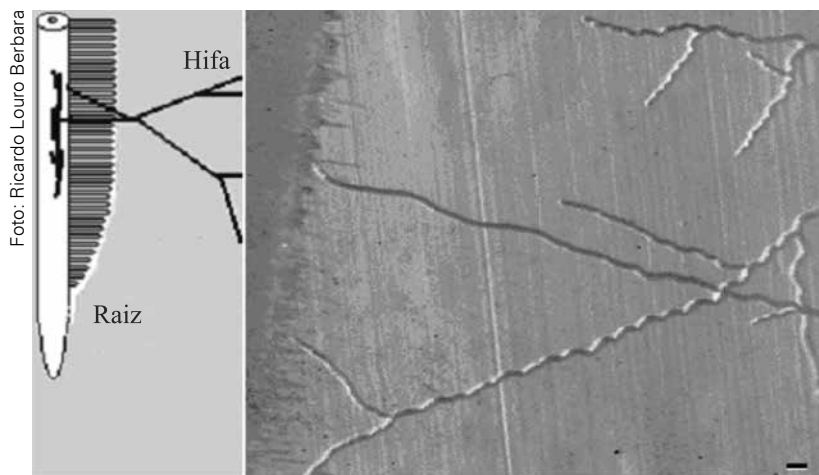
## 8.2 Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

Em condições naturais, a maioria das espécies de plantas está associada a determinados fungos de solo, numa simbiose mutualística, conhecida como micorriza (do grego *mico* [fungo] e *riza* [raiz]).

A associação micorrízica é expressão de um evento mutuamente benéfico: a planta supre o fungo com produtos da fotossíntese, e o fungo, por sua vez, fornece à planta nutrientes minerais. A simbiose é possível graças ao fato de o fungo produzir estruturas denominadas hifas, intra e extrarradiculares, capazes de captar elementos minerais do solo (especialmente os de baixa mobilidade) e transferi-los ao ambiente radicular, onde são absorvidos. No espaço intrarradicular, a troca bidirecional ocorre principalmente em uma estrutura presente no córtex radicular, similar a um haustório excessivamente ramificado, denominado arbúsculo. Arbúsculos são estruturas formadas pela interação de hifas de fungos MA e a plasmalema de algumas células do córtex. Essas estruturas são consideradas “chave” para o desenvolvimento da simbiose micorrízica, e sua formação depende da interação genética e funcional dos simbiossiontes (BERBARA et al., 2006; HARRISON 1999). Depois de penetrar a parede celular, a hifa torna-se extremamente fina, com diâmetro menor que 1 µm, e ramifica-se profusamente, formando uma matriz de troca com a plasmalema da célula vegetal, sem, entretanto, ultrapassá-la. Como consequência, aumenta-se maciçamente a superfície de contato entre as membranas dos simbiossiontes, permitindo uma eficiente troca de sinais, nutrientes e compostos orgânicos entre a planta e o fungo.

As hifas extrarradiculares, por sua vez, são mais eficientes que as raízes na captura de nutrientes, por serem estruturas extremamente

longas e finas (Figura 1). Em associações arbusculares, as hifas podem se estender por vários decímetros da superfície da raiz (enquanto a extensão média das radicelas é de 1 mm a 2 mm). Por serem finas – têm cerca de 2  $\mu\text{m}$  de diâmetro –, as hifas arbusculares podem explorar volumes do solo inatingíveis por estruturas radiculares (pelos radiculares apresentam valores de 10  $\mu\text{m}$  a 20  $\mu\text{m}$  de diâmetro e raízes secundárias de 100  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ ). Portanto, hifas são capazes de absorver os elementos minerais como uma raiz, mas de maneira mais eficiente.



**Figura 1.** Fotografia e diagrama de hifas extrarradiculares penetrando em raiz de trevo. Compare a dimensão da hifa com a do pelo radicular. Barra: 1 mm.

A sustentabilidade da produção agrícola está ligada aos efeitos benéficos das micorrizas sobre a nutrição de plantas, principalmente com relação à absorção de fósforo, que é um recurso natural não renovável. Além disso, as espécies vegetais tropicais se beneficiam das micorrizas nativas presentes nos solos. Várias espécies de plantas respondem positivamente à inoculação com fungos MA, entre elas o café, a soja, o milho, a batata-doce, a mandioca, a cana-de-açúcar, além de diversas essências florestais e frutíferas brasileiras (Figura 2).



Foto: Ming-Fuh Chuang

**Figura 2.** Resposta de inoculação com FMAs em solo sem adição de fertilizante fosfatado em plantas de citros. Vasos da direita inoculados e os da esquerda, não inoculados.

A contribuição dos fungos MA para a nutrição fosfatada de plantas está amplamente aceita e documentada na literatura nacional e internacional. As hifas de fungos MA frequentemente interconectam o sistema radicular de plantas vizinhas da mesma espécie ou de espécies distintas. A maioria das plantas está interligada por uma rede de hifas micorrízicas comum, durante alguma fase do seu ciclo de vida (NEWMAN, 1988).

Quanto aos mecanismos de absorção e mobilização de nutrientes, da mesma forma, FMA são ainda mais eficientes que raízes.

As poucas espécies de plantas que não desenvolvem MA apresentam um sistema radicular bem desenvolvido, com muitas raízes finas e pelos radiculares. Apesar disso, são plantas ruderais que se desenvolvem, em geral, em solos com altos níveis de nutrientes disponíveis, mas apresentam baixa competitividade em solos pobres em fósforo. A colonização nessas plantas é inibida por causa da incompatibilidade genética, que impede o fungo de ultrapassar as primeiras

camadas radiculares. Provavelmente, existem dificuldades estruturais, ou defesas químicas, que impedem a colonização, já que o fungo consegue produzir haustórios. São exemplos disso as famílias *Juncaceae*, *Caryophyllaceae* e *Brassicaceae*.

É importante mencionar que a dependência micorrízica de uma planta varia conforme a espécie de fungo inoculada, e, para uma mesma planta, a resposta pode variar desde levemente negativa até altamente positiva (SIEVERDING, 1991). Assim, por parte da planta, existem exceções quanto ao mutualismo da simbiose. Portanto, *stricto sensu*, micorizas são associações simbióticas, porém, nem todas são mutualistas.

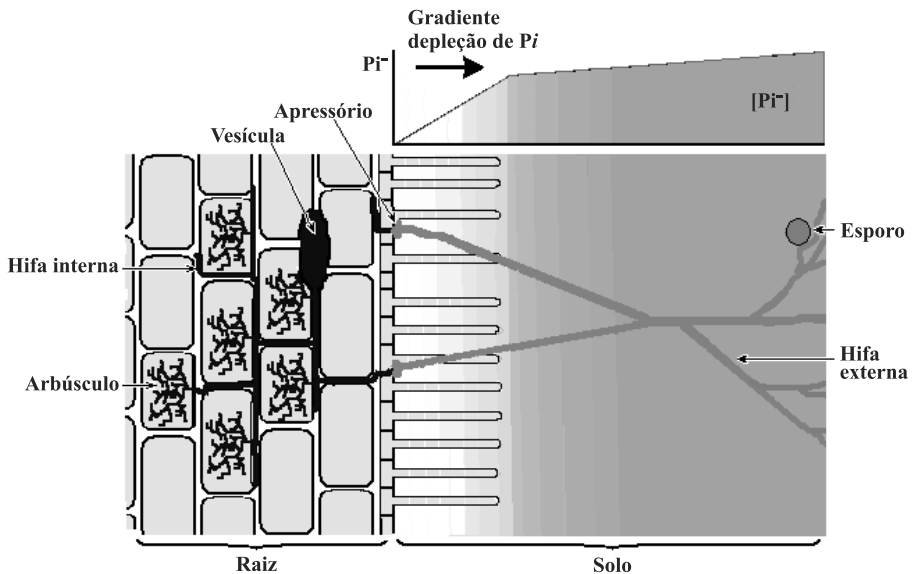
É mais frequente dar ênfase à nutrição fosfatada por conta do seu maior impacto sobre plantas hospedeiras, apesar de estudos com inoculação com FMA também ocasionarem aumento, tanto na taxa de crescimento quanto nos teores de Cu, Mg e Zn (não por acaso, todos são elementos pouco móveis no solo). Fósforo é um nutriente presente em baixas concentrações na solução do solo, normalmente em níveis inferiores a 1  $\mu\text{M}$  de fósforo disponível, e pouco móvel em solos intemperizados. É nessas condições que as MA assumem um papel determinante na sobrevivência de diversas espécies vegetais, incapazes de mobilizar esse elemento. Como a taxa de absorção e transporte de fósforo inorgânico (Pi) por raízes é maior que sua taxa de difusão no solo, uma zona de depleção é formada, resultando em uma zona de esgotamento para esse elemento no ambiente rizosférico. Dessa forma, a planta, em sua evolução, desenvolveu mecanismos de captura desse elemento para além dessa zona, por meio das MA (Figura 3).

O aumento da taxa de absorção do P propiciado pelas MA pode ser atribuído às seguintes causas:

- O aumento do volume de solo explorado pelas hifas extrarradiculares do fungo arbuscular.
- O pequeno diâmetro da hifa, o que a permite explorar espaços do volume do solo inatingíveis pela raiz.
- Maiores taxas de influxo por unidade de superfície.
- A formação de polifosfatos, moléculas orgânicas sintetizadas pelo fungo AM, ricas em P, as quais acarretam a diminuição da concentração de P inorgânico no interior das hifas, com o

concomitante acúmulo de P em condições de alta disponibilidade desse elemento. Com sua remobilização em condições de estresse, permite um fluxo contínuo ao hospedeiro.

- Produção de enzimas como fosfatases que catalisam a liberação de P dos complexos orgânicos, permitindo sua absorção, na forma iônica, pelas plantas, nas unidades arbusculares (BERBARA et al., 2006).



**Figura 3.** Estrutura intrarradicular das hifas, dos arbúsculos e das vesículas, e extrarradicular, com hifas ultrapassando a zona de depleção de  $P_i$ . Como se pode constatar, a taxa de absorção de  $P_i$  é maior que a sua taxa de difusão no solo.

Não se contesta a capacidade de os FMA absorverem nitrogênio; eles o absorvem e em níveis superiores aos de P (GAMPER et al., 2004). Entretanto, a planta não necessita do FMA para obter sua nutrição nitrogenada, pois o próprio sistema radicular é capaz de absorvê-lo, visto que o N apresenta grande mobilidade no solo. Não obstante, é interessante mencionar que a dependência micorrízica em espécies arbóreas pode ser elevada, podendo a ausência do fungo limitar o desenvolvimento da planta e até mesmo a nodulação com BFN (JESUS et al., 2005).

### **8.2.1 Manejo de FMA**

Pelos seus múltiplos impactos, já apontados neste capítulo, estratégias de manejo que incrementem não apenas a diversidade de FMA, mas também, e em especial, as hifas extrarradiculares, devem ser buscadas, porque a maioria dos agroecossistemas apresenta condições que não são ideais para o funcionamento de FMA. Certos manejos – como a mecanização excessiva com a alta fertilização do solo, a aplicação de agrotóxicos, as rotações de cultura com plantas não hospedeiras (como as Brássicas), os poluentes diversos, inclusive os orgânicos (por exemplo, com uso excessivo de esterco) – levam à diminuição da otimização dessa simbiose, seja pela redução da atividade fúngica, seja pela redução de sua diversidade, ou, ainda, pela diminuição da produção de hifas extrarradiculares.

Como regra geral, pode-se sugerir que qualquer estratégia de manejo que leve ao incremento da produção de raízes finas causa impacto positivo sobre a produção de propágulos infectivos de FMAs (não necessariamente sobre a sua diversidade). A diversidade de FMAs está relacionada diretamente à diversidade da comunidade vegetal. Dessa forma, agroecossistemas mais complexos que utilizem rotação de culturas, consorciamento ou sistemas agroflorestais tenderão a possuir maior riqueza de fungos micorrízicos do que sistemas sob monoculturas constantes.

### **8.2.2 Inoculação com fungos micorrízicos**

Processos de inoculação de plantas por FMAs vêm sendo tentado há vários anos, no Brasil e no mundo. Empresas particulares já oferecem inóculos para distintos fins. Mas, antes de adquiri-los, aconselha-se tomar alguns cuidados. Em primeiro lugar, quanto à qualidade do inóculo. Em geral, essa qualidade deve ser aferida por instituições de pesquisa credenciadas pelo Ministério da Agricultura; do contrário, corre-se o risco de adquirir material de procedência duvidosa. Em segundo lugar, cumpre lembrar que ainda não se recomenda o uso de inoculantes de FMA para culturas agrícolas anuais, tanto por causa do seu alto custo quanto pelo fato de não haver resultados experimentais que confirmem o efeito positivo e sustentável do uso dos inóculos.

Já para as culturas perenes, a literatura sugere sua aplicação, desde que a combinação da espécie de FMA com a vegetal esteja bem determinada, porque espécies de fungo micorrízico podem ser específicas quanto à sua resposta no desenvolvimento vegetal. A empresa produtora do inóculo deve fornecer tal informação.

A inoculação de fungos micorrízicos de espécies nativas (e exóticas) com solos também locais (de pastagem, especialmente) tem funcionado para produção de mudas em substratos desprovidos de matéria orgânica.

### 8.3 Adubos verdes

Conceitua-se adubo verde como a planta, cultivada ou não, cuja finalidade seja a de elevar a produtividade do solo por meio de sua massa vegetal, produzida no próprio local ou não. A adubação verde, apesar de ser conhecida desde a Antiguidade, foi relegada a segundo plano quando os fertilizantes industrializados entraram no comércio. Porém, com a elevação dos preços dos insumos, principalmente dos adubos nitrogenados, o uso da adubação verde voltou a ser prática viável para a manutenção e/ou a elevação da produtividade dos solos. Preferem-se as leguminosas como adubo verde, em virtude, principalmente, da simbiose rizóbio-leguminosa, já que se pode adicionar ao solo de 100 kg a 400 kg ha<sup>-1</sup> ciclo<sup>-1</sup> de N.

O uso frequente da adubação verde proporciona melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, trazendo benefícios como: aumento da CTC, manutenção da umidade, melhora da estrutura, proteção contra a lixiviação de nutrientes e maior disponibilidade de nutrientes, principalmente de N, que, por meio da FBN, é adicionado ao solo. Alguns adubos verdes reduzem a população de nematoides e influem na produtividade da cultura principal, além de proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento da flora microbiana, com a sua decomposição. De modo geral, as leguminosas são consideradas grandes acumuladoras de P quando cultivadas em solos com baixa disponibilidade desse elemento, ou em solos adubados com rochas fosfatadas, aumentando, dessa forma, a disponibilidade desse nutriente para a cultura seguinte, via deposição de sua biomassa aérea ou subterrânea (radicular). Outro efeito relevante é o aumento da disponibilidade

de nutrientes, promovido pela ciclagem de nutrientes presentes em camadas profundas do solo, para as camadas superficiais, que é realizado por plantas com sistema radicular profundo. Algumas espécies utilizadas como adubo verde promovem o rompimento das camadas de compactação subsuperficiais do solo, resultantes da mecanização (pé de grade ou pé de arado), o que, quando bem explorado, poderia representar um excelente substituto aos atuais métodos mecânicos de subsolagem, de elevados custo e consumo energético.

Essa opção traz ainda uma vantagem adicional – a manutenção do solo coberto no período de pousio –, minimizando, assim, os efeitos da erosão. O rápido crescimento das plantas utilizadas como adubo verde inibe o crescimento de plantas concorrentes, reduzindo, assim, o número de capinas e o uso de herbicidas, além de diminuir a incidência de pragas e moléstias ao funcionar como uma (rápida) rotação de culturas.

Ainda que todas essas alterações positivas estejam bem comprovadas pela pesquisa, é importante ressaltar que as modificações no agroecossistema não ocorrem instantaneamente; elas dependem do ambiente e do manejo aplicado ao terreno.

### **8.3.1 Espécies de adubo verde**

Entre as leguminosas mais promissoras para utilização como adubo verde, ganham destaque as crotalárias, o feijão-de-porco, o lablab, a mucuna, o feijão-bravo e o guandu, cujas principais características são descritas a seguir.

#### **8.3.1.1 Crotalárias**

Existem mais de 600 espécies em todo o mundo, que vegetam de preferência em climas tropicais e subtropicais, e em solos argilosos a franco-arenosos.

Além da *Crotalaria juncea*, cujas características são, em seguida, apresentadas, são usadas como adubo verde: *C. spectabilis*, *C. grationa*, *C. striata*, *C. anagiroides*, *C. paulinea*, entre outras. *C. paulinea*, muito usada em outras regiões, é bastante atacada por lagartas no Estado do Rio de Janeiro.

Nome comum: crotalária júncea.

Nome científico: *Crotalaria juncea*.

Ciclo da planta: de 4 a 6 meses.

Escarificação de sementes: não é necessária.

Peso de mil sementes: de 40 g a 60 g.

Gasto de sementes: de 16 kg a 24 kg de sementes viáveis por hectare.

Espaçamento: 0,50 m x 0,10 m (duas plantas por cova).

Porte: ereto, semiarbustivo, de hábito determinado, vigoroso.

Altura da planta: de 2,0 m a 3,0 m, dependendo da fertilidade do solo.

Associação de culturas: consorcia-se bem com plantas semiperenes ou perenes, como café, fruteiras e cana-de-açúcar, e com plantas anuais, em semeaduras por ocasião da maturação fisiológica da cultura principal, como milho, arroz e sorgo.

Doenças e pragas: destaca-se o fungo *Ceratocystes fimbriata*, que causa dano considerável à cultura. Em relação às pragas, a lagarta *Utethesia pulchella*, em algumas regiões, pode tornar-se um problema, ao atacar os grãos no início do enchimento das vagens e até mesmo os grãos já formados na vagem.

Corte: a crotalária pode ser incorporada ao solo por ocasião do preparo para outro plantio da cultura principal, ou pode ser cortada, com os restos vegetais, após a colheita da cultura, deixando toda a massa cobrindo o solo até o próximo preparo. Quando associada a culturas perenes, o seu corte deve ser feito no pico da floração do adubo verde (de 80 a 120 dias após o plantio).

Produtividade: dependendo de fatores edafoclimáticos, pode produzir, por hectare, de 18 t a 30 t de massa verde, o que representa de 6 t a 10 t de massa seca e de 100 kg a 300 kg de N adicionados ao solo.

### 8.3.1.2 Feijão-de-porco

São aproximadamente 50 espécies de feijão-de-porco no mundo, que vegetam de preferência em clima tropical. É uma leguminosa muito rústica, anual, de crescimento inicial rápido, que se adapta bem a quase todos os tipos de solo, inclusive os pobres em fósforo.

Nome comum: feijão-de-porco.

Nome científico: *Canavalia ensiformis*.

Ciclo da planta: 180 dias.

Escarificação de sementes: não é necessária.

Peso de 1.000 sementes: de 1.000 g a 1.300 g (sementes grandes).

Gasto de sementes: de 100 kg ha<sup>-1</sup> a 1.500 kg ha<sup>-1</sup>.

Espaçamento: 0,50 m x 0,15 m.

Porte: ereto, de hábito determinado.

Altura da planta: de 0,60 m a 1,00 m.

Associação de culturas: consorcia-se bem com plantas perenes ou semiperenes, como café, fruteiras e cana-de-açúcar, e com plantas anuais em semeaduras simultâneas ou semeadas na maturação fisiológica da cultura principal. A leguminosa plantada entre fileiras da cultura principal, nos semeios simultâneos, reduz o aparecimento de plantas concorrentes nas “ruas” da cultura, pois, rapidamente, cobre o terreno, sem prejudicar o desenvolvimento dela; entretanto, pode afetar a cultura principal em plantios simultâneos, em regiões com restrição de água.

Doenças e pragas: o feijão-de-porco é hospedeiro da mosca-branca (*Bemisia tabaci*) transmissora do vírus-do-mosaico-dourado e de outras viroses, principal fator limitante da produção do feijão comum. É atacado pela lagarta-palito-de-fósforo (*Urbanus* sp.). O controle não é econômico, porém a planta é capaz de regenerar-se após a desfolha pela lagarta.

Corte: em culturas anuais, associadas, simultâneas, ou em plantios realizados na época da maturação fisiológica, o corte é feito na época da plena floração da leguminosa, deixando-se a massa verde em cobertura sobre o solo. Um baixo emprego de máquinas na manipulação do adubo verde diminui o custo de produção da cultura principal.

Produtividade: dependendo dos fatores edafoclimáticos, o feijão-de-porco pode produzir, por hectare, até 50 t de massa verde, representando a adição ao solo de 10 t a 15 t de matéria seca e de 100 kg a 300 kg de N.

### 8.3.1.3 Lablab

Nome comum: lablab, mangalô e feijão-de-orelha.

Nome científico: *Lablab purpureus* (= *Dolichos lablab*).

Ciclo da planta: semiperenes; é também cultivada como planta anual.

Escarificação de sementes: não é necessária.

Peso de mil sementes: 230 g.

Gasto de sementes: 30 kg ha<sup>-1</sup>.

Espaçamento: 0,50 m x 0,15 m.

Porte: há culturas eretas e de hábito determinado, e outras trepadoras e de hábito indeterminado.

Associação de culturas: associa-se bem quando plantada no final do ciclo da cultura anual principal e incorporada ao solo antes do próximo plantio da cultura principal. As cultivares de porte determinado podem ser usadas em associação com culturas perenes.

Pragas: as folhas são comidas por alguns insetos, como a vaquinha (*Cerotoma* sp.). Pode haver incidência de nematódeos, principalmente em solos arenoso.

Corte: no pico da floração, pode ser incorporada ao solo ou deixada em cobertura. Não incorporar vagem com sementes maduras, pois poderá haver praguejamento da área, pela germinação das sementes.

Produtividade: de 10 t a 30 t de massa verde ha<sup>-1</sup> (de 60 kg a 220 kg de N ha<sup>-1</sup>), dependendo das condições edafoclimáticas e da época de plantio.

### 8.3.1.4 Mucuna

Além da mucuna-preta, descrita a seguir, outras espécies de mucunas, menos comuns na nossa região, são: mucuna-rajada, mucuna-jaspeada e mucuna-anã.

Nome comum: mucuna-preta ou feijão-veludo.

Nome científico: *Mucuna aterrima* (= *Stizolobium aterrimum*).

Ciclo da planta: de 5 a 6 meses.

Escarificação de sementes: não é necessária.

Peso de mil sementes: 650 g.

Gasto de sementes: 65 kg ha<sup>-1</sup>.

Espaçamento: 0,50 m x 0,20 m.

Porte: prostrado ou trepador, de hábito indeterminado.

Associação de culturas: associa-se bem quando plantada no final do ciclo da cultura anual principal. Por ter hábito trepador, não se presta à associação com culturas perenes.

Pragas: a principal praga é a saúva.

Corte: no pico da floração, pode ser incorporada ao solo ou deixada em cobertura; não incorporar vagem com sementes maduras, pois poderá haver praguejamento da área pela germinação das sementes.

Produtividade: de 10 t a 40 t de massa verde ha<sup>-1</sup> (de 60 kg a 300 kg de N ha<sup>-1</sup>), dependendo das condições ambientais e da época de plantio.

### 8.3.1.5 Feijão-bravo

É uma leguminosa perene, herbácea, de grande alongamento, que se adapta bem em solos ácidos e vegeta vigorosamente, principalmente em regiões quentes. Conserva-se verde durante todo o ano e tem notável resistência à seca. É bastante eficiente no aproveitamento dos nutrientes.

Nome comum: feijão-bravo-do-ceará ou feijão-bravo.

Nome científico: *Canavalia brasiliensis*.

Ciclo da planta: perene.

Escarificação de sementes: imersão das sementes em água quente, pouco antes da fervura, a aproximadamente 80 °C, deixando-as imersas até o esfriamento da água; plantar em seguida, em solo úmido.

Peso de mil sementes: 600 g.

Gasto de sementes: 60 kg ha<sup>-1</sup>.

Espaçamento: 0,50 m x 0,20 m quando a incorporação é realizada na primeira florada; 1,00 m x 1,00 m para cobertura prolongada do solo; neste último caso, o consumo de sementes será de 6 kg ha<sup>-1</sup>.

Porte: prostrado ou trepador, de hábito indeterminado.

Associação de culturas: associa-se bem quando plantada no final do ciclo da cultura anual principal e incorporada ao solo antes do próximo plantio da cultura principal; por ter hábito trepador, não se presta à associação com culturas perenes.

Pragas e doenças: é hospedeiro da mosca-branca (*Bemisia tabaci*) transmissora do vírus-do-mosaico-dourado e de outras viroses do feijão-comum.

Corte: quando associada à cultura principal, deve ser cortada e incorporada, ou deixada em cobertura e incorporada por ocasião do próximo preparo do solo; há a possibilidade de praguejamento da área se forem incorporadas vagens com sementes maduras.

Produtividade: quando cortada no início da floração (100 dias após a semeadura), produz aproximadamente 10 t de massa verde ha<sup>-1</sup>; se cortada mais tardiamente, pode atingir 40 t de massa verde ha<sup>-1</sup>, que adicionam ao solo aproximadamente 300 kg de N ha<sup>-1</sup>.

### 8.3.1.6 Guandu

A grande vantagem do guandu, como adubo verde, sobre as demais leguminosas é que ele pode ser aproveitado também na alimentação animal e humana.

Nome comum: guandu ou guando.

Nome científico: *Cjanus cajan* (*C. flavus*, *C. indicus*).

Ciclo da planta: embora semiperene, deve ser cultivada por 1 ou, no máximo, 2 anos, porque, se for por mais tempo, os troncos engrossam e tornam-se muito lenhosos, dificultando o enterrio de massa para a adubação verde. Da semeadura até à formação de vagens maduras, leva de 5 a 8 meses.

Escarificação das sementes: não é necessária.

Peso de mil sementes: 145 g.

Gasto de sementes: 30 kg ha<sup>-1</sup>.

Espaçamento: 50 cm entre linhas, 20 cm entre covas, com 2 sementes/cova.

Porte: arbusto, muito ramificado.

Pragas: normalmente, nas nossas condições, até a fase de produção, a planta não é muito atacada por pragas, apesar de as vagens e as sementes serem infestadas por caruncho.

Corte: o corte ou a incorporação ao solo deve ser feito de preferência no pico da floração.

Produtividade: aproximadamente 15 t de massa verde  $\text{ha}^{-1}$ , que correspondem a 5 t de massa seca  $\text{ha}^{-1}$  e 150 kg de N  $\text{ha}^{-1}$ .

## Capítulo 9

# Manejo da fertilidade do solo na agricultura orgânica

*José Guilherme Marinho Guerra*  
*José Antonio Azevedo Espindola*  
*Ednaldo da Silva Araújo*  
*Marco Antonio de Almeida Leal*  
*Mariella Camardelli Uzêda*  
*Marta dos Santos Freire Ricci*  
*Everaldo Zonta*  
*Raul de Lucena Duarte Ribeiro*  
*Dejair Lopes de Almeida*

O conceito de agricultura orgânica apresentado neste manual está vinculado à lei federal (BRASIL, 2003). Segundo o texto dessa lei, “sistema orgânico de produção agropecuária” é aquele no qual se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável e a proteção do meio ambiente. Sempre que possível, devem ser empregados métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização.

## 9.1 Princípios

Na agricultura orgânica, são adotadas práticas que se baseiam em processos observados nos ecossistemas naturais. Tal procedimento favorece a conservação de recursos naturais, como o solo, a água e a própria paisagem rural.

O manejo dos sistemas orgânicos de produção está bastante associado à agroecologia, que integra princípios agronômicos, ecológicos, socioeconômicos e culturais, e seu objetivo é favorecer a sustentabilidade das unidades de produção e promover a integração entre agricultores e consumidores. Graças a essa integração, torna-se possível a comunicação entre os distintos segmentos que compõem a sociedade, e, assim, favorecem-se as ações dos agricultores, tanto em relação à produção de alimentos quanto à prestação de serviços ambientais relacionados à conservação da paisagem rural. Na agroecologia, busca-se resgatar conhecimentos tradicionais, pouco valorizados na agricultura convencional, e combiná-los com os atuais avanços científicos.

O manejo da fertilidade do solo em tais sistemas caracteriza-se pelo aporte de consideráveis quantidades de biomassa vegetal e de resíduos de origem animal ao solo, associado à adoção de procedimentos que favoreçam a conservação do solo. Assim, a agricultura orgânica estimula processos relacionados à conservação do solo e da água, preconizando medidas que favoreçam a ciclagem de nutrientes, reduzindo, assim, a necessidade de aplicação de insumos externos à unidade de produção orgânica e os riscos de contaminação do lençol freático por substâncias, como os fertilizantes sintéticos de alta solubilidade.

## 9.2 Paisagem como base para a produção e a conservação ambiental

A paisagem é resultado da intensidade e da qualidade das relações entre o homem e a natureza. Sendo assim, ela se apresenta como um mosaico, que agrupa desde ecossistemas naturais até sistemas consolidados pelo homem, como os centros urbanos.

Geralmente, disciplinas clássicas da área agrícola e florestal tendem a tratar de forma isolada os fragmentos de vegetação natural e as áreas antropizadas, onde se dão as relações humanas e as dinâmicas produtivas, gerando uma dicotomia entre esses ambientes. Em contrapartida, na agroecologia, essa dicotomia não existe, na medida em que as manchas de ambientes naturais e seminaturais possuem um processo contínuo de trocas. Essa forte interação entre os diferentes ecossistemas presentes em uma mesma paisagem implica a obrigação de um manejo dos sistemas produtivos e de conservação que favoreça a manutenção dos fluxos ecossistêmicos entre eles.

Atualmente, os ambientes naturais estão distribuídos em pequenas manchas residuais, por causa da retirada e da consequente fragmentação de habitats. Essas áreas, que abrigam populações da flora e da fauna nativas, estão instaladas em pequenas ilhas, isoladas umas das outras. A alteração de padrão de tamanho e de distribuição das áreas de vegetação nativa provoca mudanças no microclima da área da borda e do interior dos fragmentos, principalmente no regime de luz e no balanço de água no solo. As consequências iniciais da fragmentação desencadeiam mudanças biológicas drásticas, interferindo na distribuição das espécies da flora e fauna, bem como deterioram o equilíbrio entre os parâmetros demográficos de mortalidade e natalidade das espécies e, conseqüentemente, a estrutura e a dinâmica desses ecossistemas.

Quanto maior for a diferença entre as manchas de vegetação nativa e sua vizinhança, maior a degradação a que estarão sujeitas. Portanto, fragmentos vizinhos a pastagens e a áreas de cultivo anual sofrem mais intensamente com o efeito de borda e de isolamento, quando comparados com fragmentos vizinhos a áreas de produção de espécies arbóreas.

Nesse sentido, a agricultura orgânica, pautada em bases agroecológicas, representa uma solução conciliadora entre as demandas produtivas e as de conservação. O manejo da fertilidade praticado pela agricultura orgânica reduz a deriva de insumos para dentro dos fragmentos, amenizando a interferência sobre a fertilidade natural e a dinâmica sucessional da flora nativa. Ademais, as práticas de conservação associadas ao manejo orgânico preconizam o uso de espécies arbóreas que podem ser utilizadas na formação de cinturões de proteção aos fragmentos.

No caso do uso de espécies oriundas de outros países ou biomas, é de extrema importância avaliar se as plantas utilizadas não representam risco de invasão e ocupação do fragmento.

Estratégias voltadas à gestão da paisagem e à melhoria da qualidade de vida e à geração de renda para as distintas regiões do Estado do Rio de Janeiro são tratadas no livro *Estratégias e Ações para a Conservação da Biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro* (BERGALLO et al., 2009). Nesse trabalho, é possível encontrar indicações prioritárias para a adequação das áreas produtivas e de conservação, de forma a compatibilizar as demandas produtivas com as ambientais, para as regiões do estado.

### **9.3 Fertilidade do solo nas unidades de produção orgânica**

Na agricultura orgânica, a construção e a manutenção de um adequado estado de fertilidade de um solo são alicerces dos sistemas de produção agropecuária. Por isso, as técnicas de manejo buscam sobrepor-se ao juízo de que as características químicas, independentemente dos demais processos relacionados à dinâmica do solo como um corpo vivo, governam os fluxos e a disponibilidade de nutrientes. Logo, o manejo orgânico do solo deve também otimizar os processos relacionados à dimensão física e biológica como parte integrante da construção temporal da fertilidade do solo, representado, então, pelo equilíbrio dinâmico dessas três dimensões.

Por essa abordagem, a matéria orgânica tem papel preponderante nas unidades de produção orgânica, haja vista a capacidade de influenciar, concomitantemente, as dimensões químicas, físicas e biológicas do solo. Por esse motivo, o manejo da fertilidade pressupõe a adoção de técnicas que valorizem a produção in situ de biomassa, para posterior incorporação nos processos produtivos, favorecendo a conservação da matéria orgânica remanescente no solo.

Dessa forma, o manejo do solo na agricultura orgânica está baseado na utilização de práticas conservacionistas e na adição de matéria orgânica. A conservação do solo relaciona-se à utilização de práticas capazes de diminuir os processos de erosão, evitando, assim,

perdas de solo e de nutrientes. Isso é particularmente importante em regiões tropicais, onde a ocorrência de chuvas intensas, em áreas desprovidas de cobertura vegetal, favorece sobretudo a erosão. Entre as práticas recomendadas para essa finalidade, podem ser destacadas: plantio em curva de nível; cultivo em faixas; cordões de contenção; plantio direto; aplicação de resíduos vegetais na superfície (cobertura morta); rotação de culturas com leguminosas e outras plantas de cobertura do solo; e instalação de quebra-ventos.

O fornecimento de material orgânico, associado a práticas conservacionistas, contribui para a construção da fertilidade do solo e, por conseguinte, para uma equilibrada nutrição mineral das plantas, característica essencial para o sucesso dos sistemas orgânicos de produção. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que conseguem formar simbiose com a maioria das espécies cultivadas, são um exemplo de aumento da eficiência de uso dos fertilizantes por meio de associações entre plantas cultivadas e organismos benéficos do solo. Tal simbiose traz vantagens, como o aumento da absorção de água e nutrientes presentes no solo. No entanto, a aplicação desses microrganismos em agrossistemas é limitada pela dificuldade de obtenção de grandes quantidades de inoculante. Assim, é importante adotar práticas de manejo do solo que possam favorecer a população de FMA nativos. O pré-cultivo com certas leguminosas, como crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), pode favorecer o aumento da população de FMA nativos do solo (ESPINDOLA et al., 1998).

## **9.4 Fertilização e calagem nas unidades de produção orgânica**

Os fertilizantes e os corretivos recomendados para a agricultura orgânica são definidos na Instrução Normativa do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2008), a qual estabelece as normas do regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. É permitido o uso de diversos insumos dessa natureza, mas há restrições quando obtidos de sistemas de produção não orgânicos. Para ter direito a usá-lo, é preciso conseguir autorização de um organismo de avaliação da conformidade (OAC) ou de uma organização de controle

social (OCS). A OAC é uma instituição que avalia, verifica e atesta que produtos ou estabelecimentos produtores ou comerciais atendem ao disposto no regulamento da produção orgânica, enquanto a OCS é um grupo, associação, cooperativa, consórcio, com ou sem personalidade jurídica, previamente cadastrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a que está vinculado o agricultor familiar em venda direta ao consumidor.

Entre os fertilizantes orgânicos autorizados, merecem destaque os seguintes: compostos e vermicompostos orgânicos, esterco, adubos verdes e biofertilizantes. No entanto, em virtude da origem desses fertilizantes, cuidados especiais devem ser adotados.

Composto proveniente de lixo doméstico de unidades de produção orgânica é permitido para culturas perenes, desde que bioestabilizado, e não deve ser aplicado diretamente nas partes aéreas comestíveis. Da mesma forma, os esterco com essa mesma origem não devem ser aplicados nas partes aéreas comestíveis, quando utilizados em cobertura. Além disso, esterco oriundo de sistemas de criação onde se utilizem produtos veterinários proibidos pela legislação de produtos orgânicos só poderão ser empregados quando não existir outra opção disponível na região, e desde que não ultrapassem os limites de contaminantes indicados na Instrução Normativa nº 64.

Biofertilizantes são permitidos, desde que seu uso e seu manejo não causem danos à saúde e ao meio ambiente. Quando obtidos de componentes de origem animal, são permitidos, desde que sejam bioestabilizados. Ainda para esse caso, seu uso em partes comestíveis das plantas, está condicionado à autorização pelo OAC ou pela OCS. Por sua vez, inoculantes, microrganismos e enzimas também são permitidos, com a condição de que não sejam geneticamente modificados ou originários de organismos geneticamente modificados.

Com relação aos fertilizantes minerais, é proibido o uso de materiais de alta solubilidade, como formulações do tipo NPK, ureia, superfosfatos simples e triplo. Mas é permitido o uso de fosfato de rocha, termofosfato, sulfato de potássio, pós de rocha, entre outros. A aplicação de corretivos para corrigir a acidez do solo também é permitida, podendo ser aplicados carbonatos, óxidos e hidróxidos de cálcio e magnésio. Fertilizantes e corretivos não devem apresentar teor de metais pesados que ultrapasse os níveis máximos regulamentados pelo Ministério da Agricultura.

A agricultura orgânica não dispensa o uso de ferramentas de acompanhamento dos níveis de fertilidade do solo, como a análise química da terra e a análise foliar, cujos resultados devem ser utilizados para estipular a quantidade daqueles materiais a ser aplicada nas áreas cultivadas.

Em virtude da proibição do uso de fertilizantes minerais de alta solubilidade, é preciso buscar, na agricultura orgânica, alternativas para o fornecimento de nutrientes, especialmente de nitrogênio. Paralelamente à aplicação de esterco e compostos, a adubação verde com leguminosas merece atenção especial. Por conta da capacidade de associação entre essas plantas e bactérias, conhecidas como rizóbios, é possível a incorporação desse nutriente ao sistema solo-planta, por meio da fixação biológica de nitrogênio (NEVES et al., 2004). Por esse motivo, recomenda-se a introdução de leguminosas em sistemas orgânicos de produção, seja pela rotação de culturas, seja por consórcios.



## Capítulo 10

# Cultivo protegido

*Marco Antonio de Almeida Leal  
Wellington Mary  
Martinho Belo Costa Ferreira*

Cultivo protegido é qualquer cultivo em que se utilizam artifícios com o objetivo de proteger as plantas de alguma adversidade do ambiente e de garantir o seu desenvolvimento com o mínimo de estresse possível. Essas estruturas podem ser complexas, como as estufas climatizadas, ou podem ser muito simples, como as coberturas para sombreamento, os quebra-ventos e os filmes de plástico utilizados como *mulching*. A utilização dessa técnica aumentou muito nos últimos anos, no Brasil e no mundo. Isso foi devido principalmente ao desenvolvimento de novos materiais, mais baratos e eficientes, como o polietileno de baixa densidade.

Grande parte dos cultivos protegidos é feita em estufas ou casas de vegetação, com uma cobertura que impede a entrada de água das chuvas. Isso permite manter as condições ambientais adequadas às necessidades de cada cultura, reduzindo a intensidade de ventos e a radiação solar, e evitando grandes variações de umidade e temperatura. Assim, o ambiente é manejado visando ao controle de várias pragas, doenças e distúrbios vegetais, e garantindo maior produtividade e produtos de melhor qualidade. O cultivo sob proteção geralmente melhora as condições de trabalho do agricultor, ao evitar que ele exerça suas atividades sob chuva ou sol forte.

## 10.1 Manejo do solo

Um dos desafios da produção em cultivo protegido é conciliar o uso intensivo do solo com uma produção sustentável. Para viabilizar o elevado investimento realizado na construção das estruturas, essas devem ser cultivadas de forma intensiva. É muito comum encontrar estruturas em que uma determinada espécie é cultivada seguidamente, sem fazer o pousio ou a rotação de cultura. Procedendo assim, com o passar do tempo, desencadeia-se o aumento de populações de organismos patogênicos, bem como o desbalanceamento dos nutrientes no solo. Em certos casos, essa situação evolui a ponto de inviabilizar sua utilização. Para evitar essa infestação e esse desequilíbrio nutricional, é necessário utilizar certas técnicas, como a rotação de culturas, o plantio de adubos verdes, a adição de matéria orgânica e a solarização.

Pelo caráter altamente intensivo dos cultivos protegidos, geralmente realiza-se a calagem e a fertilização para atingir produtividades máximas desde o início da implantação do sistema, pois os custos de calagem e fertilização geralmente são muito reduzidos quando comparados ao custo das estruturas de proteção. Como as perdas de nutrientes por erosão e lixiviação são insignificantes, as adubações devem se basear nas exportações de nutrientes, que ocorrem através da saída de produtos e restos de culturas do sistema. É necessário o monitoramento constante dos teores de nutrientes e da condutividade elétrica do solo, pois é comum a ocorrência de desbalanceamento de nutrientes.

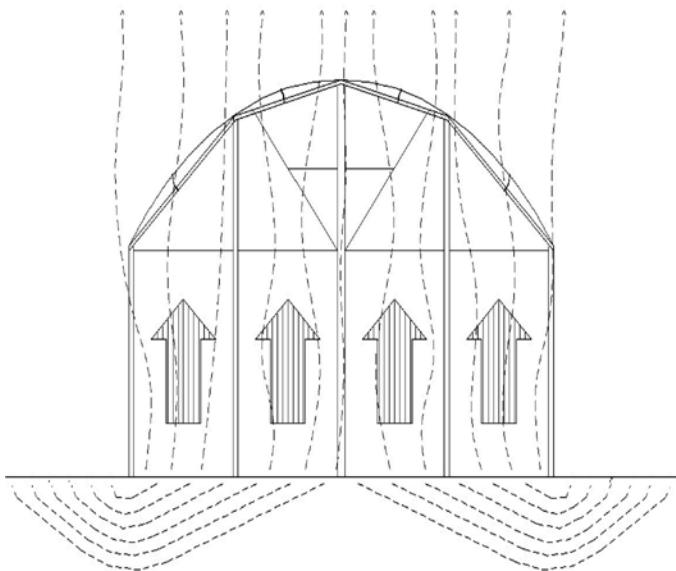
Muitos modelos de estufa ou de casa de vegetação devem ser construídos em áreas planas, geralmente envolvendo a prática de terraplanagem. Nesse caso, é necessário reconstruir a fertilidade do solo com a adição de grande quantidade de matéria orgânica, além da realização de calagem e de fertilização. É muito comum a ocorrência de deficiência de micronutrientes, principalmente de boro, em virtude dos reduzidos teores de matéria orgânica em áreas onde se realizou terraplanagem.

## 10.2 Salinização do solo

O cultivo protegido, quando realizado de forma inadequada, pode causar rapidamente o problema de salinização. Os sais presentes no

solo migram para a superfície e concentram-se, podendo causar inicialmente deficiência nutricional, e, em seguida, distúrbios, em decorrência de sua alta concentração no solo. Esse efeito é tão intenso que também ocorre em estufas que utilizam adubação exclusivamente orgânica. A ocorrência de sais no solo pode ter duas origens, a saber: o uso de águas subterrâneas de qualidade inferior (ricas em cloretos, sódio, cálcio, magnésio, carbonatos e bicarbonatos) e a adição de fertilizantes com elevado índice salino, em quantidade superior à requerida pela nutrição da planta. A ausência de chuvas no interior das estufas, nesse contexto, torna-se um dos principais fatores responsáveis pelo processo. Com isso, não há lixiviação dos nutrientes aplicados, que, com o tempo, tendem a concentrar-se na superfície do solo.

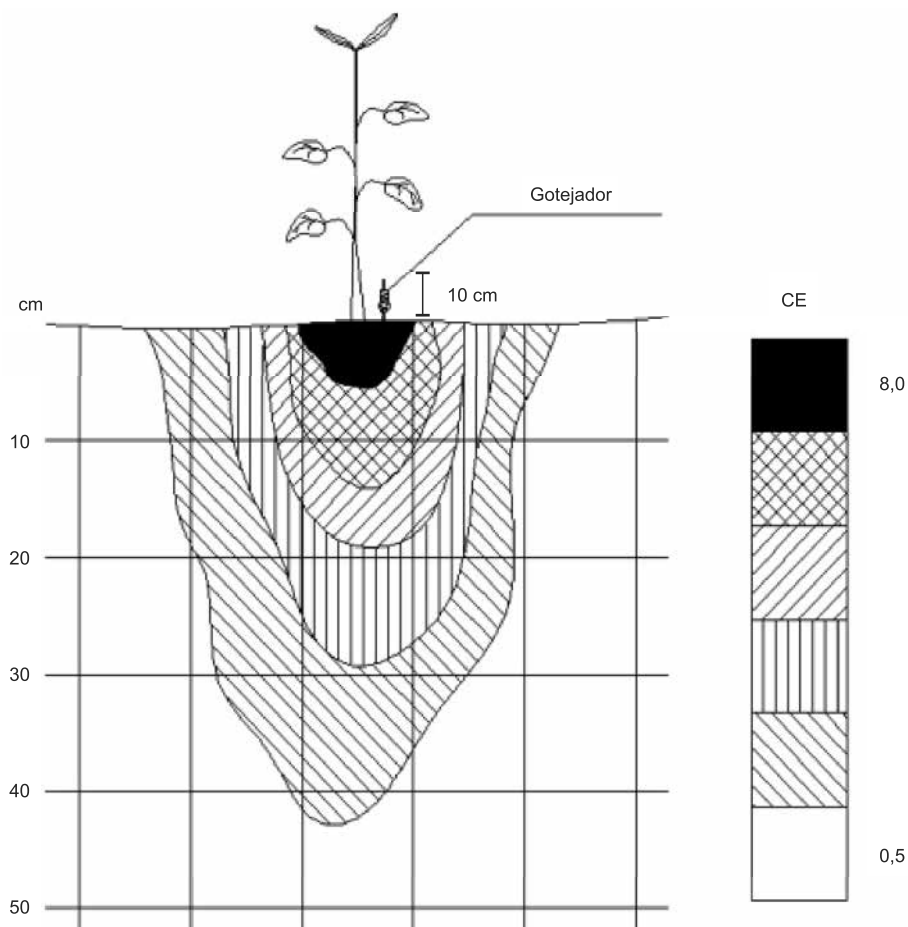
Em períodos chuvosos, a estufa torna-se uma área seca, rodeada de áreas úmidas. Com isso, a estufa transforma-se em uma espécie de esponja, fazendo a umidade a sua volta migrar para seu interior, o que implica o carreamento de sais e o aumento da salinização dentro dela (Figura 1).



**Figura 1.** Efeito da chuva sobre a umidade no solo fora da estufa, promovendo a salinização do solo no interior da estufa, em virtude de sua migração por capilaridade.

Ilustração: Fabiano de Carvalho Balieiro e Rodrigo Mendes Cavalini.

O uso de irrigação localizada (gotejamento) pode agravar esse problema, pois, nesse sistema, a água de irrigação penetra no solo apenas no ponto que está sob o gotejador, mas, depois de formar um bulbo úmido próximo às raízes, a água é evaporada em toda a superfície externa à área. Nessa trajetória ascendente, a água carrega e concentra os sais na superfície do solo (Figura 2).



**Figura 2.** Ilustração da concentração de sais na superfície do solo decorrente do sistema de gotejamento. À direita: escala ilustrativa da condutividade elétrica (CE, dS m<sup>-1</sup>) da solução do solo do bulbo de molhamento proporcionado pelo gotejador.

Ilustração: Fabiano de Carvalho Balieiro e Rodrigo Mendes Cavalini

Para evitar a salinização, é necessário que a adubação seja muito equilibrada, ou seja, adicionando-se apenas os nutrientes que serão extraídos pelas culturas. Devem-se controlar constantemente os níveis de nutrientes no solo por meio da realização de análises químicas, a cada novo cultivo. Também é necessário realizar práticas que revertam o processo de concentração de sais solúveis na superfície do solo, como o cultivo em canteiros, o revolvimento do solo e a lixiviação dos sais solúveis, recorrendo-se a irrigações periódicas por aspersão. Esta última técnica consiste na aplicação de lâminas de lixiviação, que promovem a lavagem dos sais pela drenagem. Deve-se tomar o cuidado para que os sais lixiviados não causem a eutrofização de espelhos d'água, levando ao desenvolvimento excessivo de algas e microrganismos. Também é muito importante a adição de uma quantidade adequada de matéria orgânica, seja na forma de composto, seja na forma de esterco de curral curtido. Isso melhora as propriedades químicas e físicas do solo, reduz os efeitos da salinização e diminui a população de organismos patogênicos, graças ao aumento da atividade biológica.

### **10.3 Dimensionamento das estruturas**

Para que um cultivo protegido tenha sucesso, além da manutenção da fertilidade do solo, é necessário estar atento para outras particularidades desse sistema de produção vegetal. Antes de tudo, é preciso saber se o projeto da estrutura está de acordo com as especificidades do macro e do microclima local. O dimensionamento incorreto das estruturas foi, a propósito, um dos principais fatores de prejuízos quando da introdução desse tipo de cultivo no Brasil. Antes de escolher o modelo da estrutura, é necessário saber qual o tipo de cultivo e também qual(is) a(s) cultura(s) a ser(rem) produzida(s). De maneira geral, os agricultores devem optar por uma estrutura que seja versátil, visando às exigências de mercado. Uma estrutura adequada é aquela que permite interferir no clima sem muita exigência de mão de obra. Porém, o agricultor deve ter em mente que o sucesso do cultivo vai depender principalmente da sua capacidade de manejo.

O controle do ambiente está relacionado, principalmente, à temperatura, à umidade relativa do ar e à intensidade da radiação solar (sombreamento). Estruturas mal dimensionadas – com pouca ventilação –

podem promover condições de umidade e temperatura interna que causam forte estresse nas plantas, situação que, nas condições de verão, é agravada pelo excesso de radiação solar.

## **10.4 Pulverização em cultivo protegido**

Outro cuidado importante é com a aplicação de agrotóxicos e outros produtos por meio de pulverização, pois, como não chove dentro da estufa, aumenta-se o período de permanência desses produtos na superfície das folhas. Além disso, o plástico da cobertura da estufa diminui os efeitos de degradação desses insumos, promovidos pela radiação ultravioleta, obrigando a redimensionar as dosagens e os intervalos de aplicação, sob o risco de promover fitotoxidez às plantas cultivadas.

## Capítulo 11

# Cultivo hidropônico

*Nilton Nélío Cometti  
Pedro Roberto Furlani*

Novas técnicas de cultivo têm tornado possível produzir em ambiente tropical, sob altas temperaturas e alta luminosidade, como ocorre na região litoral do estado, fora do ambiente convencional de solo. Uma dessas técnicas é a hidroponia, que é o cultivo sem solo. Ela engloba vários tipos de cultivo, a saber: em sacos ou leitos com substrato de casca de arroz carbonizada, em vasos com substrato ou com solução nutritiva e, mais recentemente, em canais de PVC, com fluxo de solução nutritiva.

O termo “hidroponia” vem do grego *hydro*, que significa “água”, e *ponos*, que quer dizer “trabalho”. Assim, a união desses termos deu origem à palavra “hidroponia”, que, em português tem o sentido específico de “cultivo em água” (que contém os nutrientes) ou “cultivo sem solo”.

Os cultivos sem solo tiveram início há 1.000 anos a. C., quando os egípcios utilizavam jangadas de junco para cultivos nas margens do rio Nilo. Prática semelhante, descrita por Marco Polo há 500 anos, era a dos jardins flutuantes da China. Mas, ainda que a prática seja tão antiga, o termo “hidroponia” só seria cunhado em 1936, por William F. Gericke, da Universidade da Califórnia (USA). E apenas em 1965, a hidroponia tornar-se-ia comercialmente viável, quando Allen Cooper, em Littlehampton,

Inglaterra, criou a Nutrient Film Technique (NFT), expressão traduzida para o português como Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes. Atualmente, essa é a técnica mais utilizada no mundo para a produção de alimentos em hidroponia.

Essa técnica consiste no seguinte: a solução nutritiva é bombeada de um reservatório para um canal em meia lua, por onde flui, passando pelas raízes das plantas, que estão sustentadas por um isopor, ou lona de plástico, ou pelo próprio PVC, em canais fechados. Os canais são dispostos em bancadas, que contêm geralmente de seis a oito canais, com declividade em torno de 2,5% e comprimento máximo de 18 m. A solução nutritiva retorna ao reservatório por gravidade, sendo novamente bombeada para reiniciar o ciclo. Assim, as raízes das plantas recebem solução nutritiva com ciclos de irrigação a intervalos de 10 minutos. Geralmente, o cultivo hidropônico está associado a uma estrutura de proteção, chamada de casa de cultivo, ou casa de vegetação, ou, então, estufa, nome pelo qual é mais popularmente conhecida. A proteção mais comum é uma estrutura de madeira ou de metal, coberta por um filme de plástico transparente. Em situação de alta radiação solar e de elevada temperatura, costuma-se utilizar uma tela, que geralmente garante 50% de sombreamento.

Muitas vantagens são atribuídas à produção hidropônica: melhor qualidade dos alimentos, alta produtividade, racionalização de trabalho e economia de tempo, maior facilidade de execução dos trabalhos culturais, maior eficiência no uso de nutrientes, colheita antecipada e redução no uso de agrotóxico. Entretanto, o cultivo hidropônico apresenta algumas desvantagens, pois o alto custo inicial e o alto nível tecnológico exigido tornam a atividade impeditiva para muitos produtores.

## **11.1 Soluções nutritivas**

Solução nutritiva é um sistema homogêneo em que os nutrientes necessários à planta estão dispersos, geralmente na forma iônica, e em proporções adequadas. Além dos nutrientes, a solução nutritiva deve conter oxigênio e estar na temperatura ideal para favorecer o metabolismo das células da raiz.

O principal problema relacionado à solução nutritiva é conseguir um balanceamento adequado de nutrientes na chamada “fórmula” da

solução, que envolve quantidade e qualidade dos sais fertilizantes em uma composição básica de íons. Com efeito, após algum tempo de cultivo das plantas, a solução nutritiva acaba por ser um complexo de compostos orgânicos provenientes dos exsudados e da descamação das raízes, da atividade microbiana de decomposição desses compostos, de fragmentos de raízes e de resíduos do meio de cultivo das mudas. Essa composição inviabiliza o cultivo e demanda a troca da solução, já que é alto o custo de tratamento, de filtragem e de análise de nutrientes para reequilibrar os nutrientes requeridos pelas plantas.

Em qualquer sistema de cultivo sem solo, duas variáveis sobre-põem-se à produtividade: a ambiência, determinada pelo tipo de proteção das plantas, especialmente a cobertura com filmes de plástico transparente e de telas de sombreamento; e a solução nutritiva, que tanto pode estar livre quanto dispersa em um substrato. Este capítulo trata da composição da solução nutritiva, destacando, porém, a importância do ambiente sobre a produtividade e sobre a eficiência dos nutrientes contidos na solução nutritiva.

Há relatos científicos de fórmula da composição da solução nutritiva de Knopp, datados de 1865 (RESH, 2002). Entretanto, foi somente a partir de 1933 que houve, da parte de Hoagland e Snyder, a preocupação com a elaboração de uma solução que contivesse micronutrientes. Em 1938, Hoagland e Arnon apresentaram uma solução nutritiva completa e balanceada para tomateiro, baseada na composição de plantas cultivadas em vasos, com solução nutritiva. A partir da solução de Hoagland e Arnon, muitas outras foram desenvolvidas, mas a tradicional solução “Hoagland” continua a ser mais utilizada em pesquisas, por atender adequadamente às necessidades das culturas (CARMELLO, 1998). Hoje, há propostas de soluções específicas para cada cultura, e até mesmo para cada uma das fases do cultivo, principalmente para as culturas de hortaliças e de frutos, como veremos ao longo deste capítulo.

### **11.1.1 Composição das soluções nutritivas**

É consenso que não existe uma solução nutritiva que sirva para todas as culturas. A composição da solução nutritiva varia conforme uma série de fatores: a espécie de planta cultivada (a exigência nutricional é geneticamente controlada), o estágio fenológico da planta, a época do

ano (duração do período de luz), os fatores ambientais (temperatura, umidade e luminosidade) e a parte da planta colhida e, eventualmente, comercializada. Além disso, aspectos intrínsecos à solução alteram sua composição, tais como pH, força iônica (concentração efetiva), temperatura e presença de moléculas orgânicas, em especial os agentes quelantes.

Diversas soluções nutritivas têm sido propostas, que apresentam diferenças marcantes em relação às concentrações dos macronutrientes. Já para os micronutrientes, as diferenças são bem menores (Tabela 1).

**Tabela 1.** Faixas de concentração encontradas nas soluções nutritivas e solução de Hoagland e Arnon modificada.

| Nutriente                      | Massa atômica | Faixas de concentração <sup>(1)</sup> |                      | Hoagland e Arnon   |                      |
|--------------------------------|---------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
|                                |               | mg L <sup>-1</sup>                    | mmol L <sup>-1</sup> | mg L <sup>-1</sup> | mmol L <sup>-1</sup> |
| N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 14,0          | 70–250                                | 5,00–17,86           | 196                | 14,00                |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 14,0          | 0–33                                  | 0,00–2,36            | 14                 | 1,00                 |
| P                              | 31,0          | 15–80                                 | 0,48–2,58            | 31                 | 1,00                 |
| K                              | 39,1          | 150–400                               | 3,84–10,23           | 234                | 5,98                 |
| Ca                             | 40,0          | 70–200                                | 1,75–5,00            | 160                | 4,00                 |
| Mg                             | 24,3          | 15–80                                 | 0,62–3,29            | 48                 | 1,98                 |
| S                              | 32,0          | 20–200                                | 0,63–6,25            | 64                 | 2,00                 |
|                                |               |                                       | μmol L <sup>-1</sup> |                    | μmol L <sup>-1</sup> |
| B                              | 10,8          | 0,1–0,6                               | 9,26–55,56           | 0,50               | 46,30                |
| Cu                             | 63,5          | 0,05–0,3                              | 0,79–4,72            | 0,02               | 0,31                 |
| Fe                             | 55,8          | 0,8–6                                 | 14,34–107,53         | 1,00               | 17,92                |
| Mn                             | 54,9          | 0,5–2                                 | 9,11–36,43           | 0,50               | 9,11                 |
| Mo                             | 95,9          | 0,01– 0,15                            | 0,52–1,56            | 0,01               | 0,10                 |
| Zn                             | 65,4          | 0,05–0,5                              | 1,53–7,65            | 0,05               | 0,76                 |
| Cl                             | 35,5          | 1–188                                 | 28,17–5.295,77       |                    |                      |

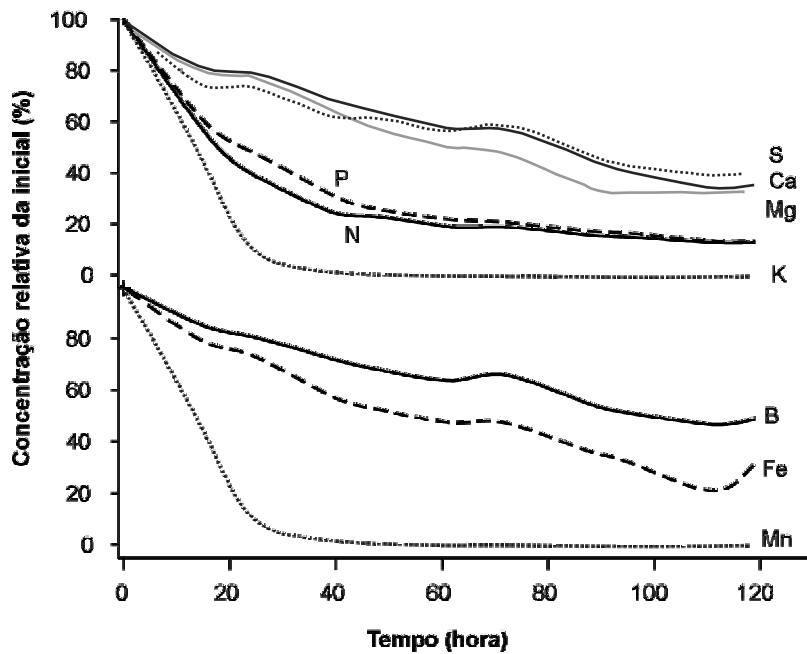
<sup>(1)</sup> Fonte: adaptado de Barry (1996) e Resh (2002).

É comum encontrar, nos artigos científicos, a chamada “solução nutritiva modificada de Hoagland”, isto é, fórmulas derivadas da solução nutritiva proposta por Hoagland e Arnon, em 1938 (HOAGLAND; ARNON, 1950). Essa solução, que é a mais usada na pesquisa em nutrição mineral de plantas, constitui a base para a formulação de inúmeras soluções nutritivas comerciais. As faixas de concentração dos nutrientes utilizados nas soluções são muito amplas, variando até 10 vezes, como é o caso do enxofre. Isso parece indicar que a modificação da solução de Hoagland & Arnon tem pouco efeito sobre o crescimento e sobre o desenvolvimento das plantas, e explica também por que ela é tão usada em todo o mundo.

Para formular uma solução nutritiva, é importante entender o modo e a velocidade com que os nutrientes são absorvidos pelas plantas. Há vários sistemas de monitoramento da concentração dos íons na solução nutritiva, incluindo aqueles totalmente automatizados, compostos de sensores (eletrodos específicos para íons) e computadores para registrar o teor do nutriente e a necessidade de reposição. Esse monitoramento pode ser interessante, mas ele não é imprescindível à manutenção da solução adequada ao cultivo hidropônico.

É muito comum a rápida depleção de um nutriente na solução, enquanto outros se acumulam em virtude das diferentes taxas de absorção. A velocidade de absorção de N, P e K é maior do que a dos outros nutrientes, o que pode levar ao rápido esgotamento desses nutrientes e ao acúmulo de outros, especialmente de S e Ca (Figura 1). O mesmo pode ocorrer com micronutrientes, considerando que o Mn tem alta taxa de absorção em comparação ao B. Assim, os nutrientes podem ser separados em três grandes grupos, considerando a velocidade de absorção (Tabela 2).

O conhecimento da velocidade de absorção dos íons pelas plantas pode explicar por que determinado nutriente apresenta baixa concentração em uma solução nutritiva, enquanto outros estão em concentrações adequadas para a cultura, e as plantas têm um crescimento exuberante. Então, a depleção do nutriente na solução nutritiva, ao em vez de indicar sua deficiência, pode indicar que as plantas estão saudáveis e que estão absorvendo rapidamente os nutrientes. Por exemplo, se a concentração de P for mantida constante na solução circulante ( $0,5 \text{ mmol L}^{-1}$ ), sua concentração no tecido poderá atingir 1% da massa seca, valor três vezes maior do que o ótimo para a maioria das plantas. Isso pode induzir



**Figura 1.** Variação temporal da concentração relativa de nutrientes da solução nutritiva em Técnica do Filme de Nutrientes (NFT) em cultivo de alface. Fonte: Cometti et al. (2006).

**Tabela 2.** Taxa de absorção aproximada dos nutrientes por plantas crescidas em solução nutritiva.

| Grupo | Taxa de absorção       | Nutriente                                        |
|-------|------------------------|--------------------------------------------------|
| 1     | Absorção rápida        | N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> , P, K, Mn |
| 2     | Absorção intermediária | Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mo                            |
| 3     | Absorção lenta         | Ca, B                                            |

Fonte: adaptado de Bugbee (1995).

a deficiências de Fe e Zn (CHANEY; COULOMB, 1982). Sendo assim, ao longo do ciclo de um cultivo hidropônico sem renovação da solução, os resultados de análises deverão apresentar concentrações estáveis dos nutrientes de absorção lenta (Figura 1 e Tabela 2), enquanto, para os

nutrientes de absorção rápida, as concentrações normalmente são baixas, mesmo com o ajuste diário da concentração da solução. Outro exemplo clássico é a presença de potássio na solução. Depois de alguns dias de cultivo, sua concentração cai, podendo chegar abaixo do nível de detecção de alguns aparelhos. Mesmo assim, as plantas podem continuar crescendo normalmente, o que indica que não há necessidade de potássio além do usado na formulação inicial. A adição de potássio isoladamente dos outros nutrientes pode levar à absorção de luxo, chegando a 10% da massa seca.

A concentração final dos íons na solução nutritiva utilizada em hidroponia geralmente é alta em relação à solução do solo, podendo chegar a várias vezes a sua concentração, especialmente para potássio e nitrogênio. Isso ocorre em virtude do baixo volume de raízes por volume de solução nutritiva e da ausência de pelos radiculares e micorrizas, que ocorrem na hidroponia, em relação ao solo, além da capacidade contínua de reposição de nutrientes a partir da matriz do solo, o que não ocorre em hidroponia (MARTINEZ, 2002). Assim, grande parte das soluções nutritivas propostas está nas seguintes faixas (mg/L): N – 70 a 250; P – 15 a 80; K – 150 a 400; Ca – 70 a 200; Mg – 15 a 80; S – 20 a 200; Fe – 0,8 a 6; Mn – 0,5 a 2; B – 0,1 a 0,6; Cu – 0,05 a 0,3; Zn – 0,1 a 0,5; Mo – 0,05 a 0,15. Esses valores podem ser verificados nas Tabelas 3, 4 e 5, que servem como base para o preparo da solução; e as concentrações dos nutrientes nos sais, que estão mostradas nas Tabelas 6, 7 e 8.

A concentração total dos nutrientes na solução pode ser estimada medindo-se a condutividade elétrica (CE) da solução. Por conta da taxa diferencial de absorção dos nutrientes, a CE da solução indica, na maior parte, o Ca, o Mg e o S remanescentes, enquanto os micronutrientes contribuem com menos de 0,1% da CE da solução. No Sistema Internacional de Unidades, a CE é expressa em  $S\ m^{-1}$  (siemen por metro), sendo mais comum sua utilização na faixa de  $dS\ m^{-1}$ , que equivale a  $mS\ cm^{-1}$  (mais empregada comercialmente) ou a  $mMho\ cm^{-1}$  (usada no passado).

Em seu trabalho pioneiro, Hoagland e Arnon (1950) formularam uma solução nutritiva a partir da composição elementar média de plantas de tomate cultivadas hidroponicamente em recipientes com 18 L, com troca semanal de solução. Com o advento das novas técnicas de cultivo hidropônico e de novas formas de reposição da solução

nutritiva, surgiram algumas questões a respeito: o que ocorre quando se cultiva uma planta diferente daquela habitualmente cultivada, ou quando o volume de solução por planta for diferente, ou quando a forma e a frequência de reposição da solução nutritiva forem distintas? Para responder a essas perguntas, dois fatores devem ser considerados quanto à formulação de uma solução nutritiva: a composição da solução (determinada pela relação entre as concentrações dos nutrientes no tecido da planta cultivada) e a concentração da solução (determinada pela razão de transpiração para o crescimento da planta, pelo volume de solução por planta, pelo grau de agitação e pela velocidade de reposição da solução).

**Tabela 3.** Concentrações de nutrientes recomendadas para o cultivo hidropônico da alface.

| N-NO <sub>3</sub>       | N-NH <sub>4</sub> | P  | K     | Ca  | Mg  | S-SO <sub>4</sub> | B    | Cu   | Fe  | Mn  | Mo    | Zn   | Refe-<br>rência |
|-------------------------|-------------------|----|-------|-----|-----|-------------------|------|------|-----|-----|-------|------|-----------------|
| g 1.000 L <sup>-1</sup> |                   |    |       |     |     |                   |      |      |     |     |       |      |                 |
| 86,5                    | 8,7               | 12 | 145   | 45  | 12  | 16                | 0,2  | 0,01 | 2   | 0,2 | 0,005 | 0,02 | 1               |
| 266                     | 18                | 62 | 430   | 180 | 24  | 36                | 0,3  | 0,05 | 2,2 | 0,3 | 0,05  | 0,05 | 2               |
| 156                     | -                 | 28 | 252   | 93  | 26  | 34                | 0,5  | 0,05 | 3   | 0,5 | 0,05  | 0,1  | 3               |
| 238                     | -                 | 62 | 426   | 161 | 24  | 32                | 0,3  | 0,05 | 5   | 0,4 | 0,05  | 0,3  | 4               |
| 166                     | -                 | 30 | 279   | 149 | 46  | 90                | 0,5  | 0,02 | 2,5 | 2   | 0,05  | 0,1  | 5               |
| 206                     | -                 | 50 | 211   | 200 | 29  | 38                | 0,5  | 0,02 | 3   | 0,5 | 0,1   | 0,15 | 6               |
| 165                     | -                 | 35 | 339   | 78  | 23  | 49                | 0,1  | 0,1  | 5   | 0,2 | 0,03  | 0,14 | 7               |
| 174                     | 24                | 39 | 183   | 142 | 38  | 52                | 0,3  | 0,02 | 2   | 0,4 | 0,06  | 0,06 | 8               |
| 97,8                    | 12,9              | 24 | 161,3 | 52  | 7,1 | 10                | 0,25 | 0,02 | 2   | 0,4 | 0,06  | 0,06 | 9               |

Rio de Janeiro e Espírito Santo, CE = 1,05 mS cm<sup>-1</sup>.

Fonte: 1) Sazaki (1992); 2) Sonneveld e Straver (1994), acrescentar de 14 g e 21 g de Si/1.000 L, para alface e pepino, respectivamente; 3) Muckle (1993); 4) Castellane e Araujo (1994); 5) Lim e Wan (1984); 6) Adams (1994); 7) Carrasco e Izquierdo (1996); 8) Furlani (1998); 9) adaptado de Cometti et al. (2003).

**Tabela 4.** Concentrações de nutrientes recomendadas para o cultivo hidropônico de algumas hortaliças e frutos.

| Cultu-<br>ra            | N-NO <sub>3</sub>     | N-NH <sub>4</sub> | P  | K     | Ca    | Mg | S-SO <sub>4</sub> | B    | Cu   | Fe  | Mn   | Mo    | Zn   | Refe-<br>rência     |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|----|-------|-------|----|-------------------|------|------|-----|------|-------|------|---------------------|
| g 1.000 L <sup>-1</sup> |                       |                   |    |       |       |    |                   |      |      |     |      |       |      |                     |
| Toma-<br>te             | 103,5                 | 12                | 16 | 109   | 67,5  | 24 | 32                | 0,2  | 0,01 | 2   | 0,2  | 0,005 | 0,02 | 1                   |
|                         | 151                   | 14                | 39 | 254   | 110   | 24 | 48                | 0,3  | 0,05 | 0,8 | 0,6  | 0,05  | 0,05 | 2                   |
|                         | 192                   | -                 | 46 | 275   | 144   | 32 | 42                | 0,5  | 0,05 | 0,5 | 0,5  | 0,05  | 0,1  | 3                   |
|                         | 169                   | -                 | 62 | 311   | 153   | 43 | 50                | 0,3  | 0,05 | 4,3 | 1,1  | 0,05  | 0,3  | 4                   |
|                         | (A)135 <sup>(1)</sup> | 35                | 52 | 314   | 152   | 40 | 70                | 0,5  | 0,05 | 2,4 | 0,75 | 0,06  | 0,11 | 5                   |
|                         | (B)150 <sup>(1)</sup> | 37                | 52 | 326   | 190   | 40 | 70                | 0,5  | 0,05 | 2,4 | 0,75 | 0,06  | 0,11 | 5                   |
|                         | (C)164 <sup>(1)</sup> | 38                | 52 | 409   | 209   | 40 | 70                | 0,5  | 0,05 | 2,4 | 0,75 | 0,06  | 0,11 | 5                   |
| Pepino                  | 198                   | 21                | 24 | 217,5 | 157,5 | 48 | 64                | 0,2  | 0,01 | 2   | 0,2  | 0,005 | 0,02 | 1                   |
|                         | 174                   | -                 | 56 | 258   | 153   | 41 | 54                | 0,3  | 0,05 | 4,3 | 1,1  | 0,05  | 0,3  | 4                   |
| Pimen-<br>ta            | 175                   | 14                | 31 | 244   | 120   | 27 | 32                | 0,3  | 0,05 | 0,8 | 0,6  | 0,05  | 0,05 | 2                   |
|                         | 185                   | -                 | 46 | 231   | 170   | 32 | 50                | 0,5  | 0,05 | 1,5 | 0,5  | 0,05  | 0,1  | 3                   |
| Pimen-<br>tão           | 152                   | -                 | 39 | 245   | 110   | 29 | 32                | 0,3  | 0,05 | 3,7 | 0,4  | 0,05  | 0,3  | 4                   |
| Berin-<br>jela          | 165                   | 14                | 31 | 254   | 90    | 37 | 36                | 0,3  | 0,05 | 0,8 | 0,6  | 0,05  | 0,05 | 2                   |
|                         | 179                   | -                 | 46 | 303   | 127   | 39 | 48                | 0,3  | 0,05 | 3,2 | 0,6  | 0,05  | 0,3  | 4                   |
| Moran-<br>go            | 73,4                  | 8,7               | 12 | 109   | 45    | 12 | 16                | 0,2  | 0,01 | 2   | 0,2  | 0,005 | 0,02 | 1                   |
|                         | 140                   | 7                 | 39 | 205   | 110   | 27 | 36                | 0,3  | 0,05 | 1   | 0,6  | 0,05  | 0,05 | 2                   |
|                         | 101                   | 3                 | 44 | 208   | 123   | 51 | 134               | 0,5  | 0,05 | 3   | 0,5  | 0,05  | 0,1  | 3                   |
|                         | (A)215 <sup>(2)</sup> | 35                | 50 | 234   | 171   | 40 | 70                | 0,26 | 0,06 | 1,6 | 0,63 | 0,04  | 0,22 | 5                   |
|                         | (B)258 <sup>(2)</sup> | 37                | 50 | 288   | 201   | 40 | 70                | 0,6  | 0,06 | 1,6 | 0,63 | 0,04  | 0,22 | 5                   |
|                         | 138                   | 35                | 36 | 292   | 95    | 30 | -                 | -    | 0,17 | 6   | 0,5  | -     | 0,2  | 6                   |
| Melão                   | 198                   | 25,2              | 32 | 217,5 | 157,5 | 36 | 48                | 0,2  | 0,01 | 2   | 0,2  | 0,005 | 0,02 | 1                   |
|                         | 170                   | -                 | 39 | 225   | 153   | 24 | 32                | 0,3  | 0,05 | 2,2 | 0,6  | 0,05  | 0,3  | 4                   |
|                         | 200                   | -                 | 50 | 680   | 180   | 30 | -                 | 0,5  | 0,2  | 6   | 0,5  | 0,2   | 0,2  | 7<br>prima-<br>vera |
|                         | 130                   | -                 | 40 | 400   | 70    | 30 | -                 | 0,5  | 0,2  | 6   | 0,5  | 0,2   | 0,2  | 7<br>verão          |

<sup>(1)</sup> Soluções: A) fase da sementeira até 30 dias após o transplante das mudas; B) 30 a 60 dias após o transplante; C) 60 dias após o transplante até o término da colheita.

<sup>(2)</sup> Soluções: A) fase vegetativa; B) fase reprodutiva.

Fonte: 1) Sazaki (1992); 2) Sonneveld e Straver (1994); 3) Muckle (1993); 4) Castellane e Araujo (1994); 5) Moraes e Furlani (1999); 6) Sarooshi e Cresswell (1994); 7) Pardossi et al. (1994).

**Tabela 5.** Concentrações de nutrientes recomendadas para o cultivo hidropônico de plantas ornamentais.

| Cultura      | N-NO <sub>3</sub>       | N-NH <sub>4</sub> | P  | K   | Ca  | Mg | S-SO <sub>4</sub> | B    | Cu   | Fe  | Mn  | Mo   | Zn  |
|--------------|-------------------------|-------------------|----|-----|-----|----|-------------------|------|------|-----|-----|------|-----|
|              | g 1.000 L <sup>-1</sup> |                   |    |     |     |    |                   |      |      |     |     |      |     |
| Alstroeméria | 158                     | 18                | 39 | 235 | 115 | 24 | 40                | 0,3  | 0,05 | 1,4 | 0,6 | 0,05 | 0,3 |
| Anêmona      | 182                     | 14                | 47 | 254 | 150 | 24 | 40                | 0,3  | 0,05 | 2   | 0,3 | 0,05 | 0,3 |
| Cravo        | 182                     | 14                | 39 | 244 | 150 | 24 | 40                | 0,6  | 0,05 | 1,4 | 0,6 | 0,05 | 0,3 |
| Antúrio      | 91                      | 14                | 31 | 176 | 60  | 24 | 48                | 0,2  | 0,03 | 0,8 | 0,2 | 0,05 | 0,2 |
| Áster        | 182                     | 14                | 39 | 244 | 150 | 24 | 40                | 0,3  | 0,05 | 1,4 | 0,6 | 0,05 | 0,3 |
| Bouvárdia    | 182                     | 18                | 54 | 235 | 170 | 24 | 48                | 0,2  | 0,05 | 1,4 | 0,3 | 0,05 | 0,2 |
| Crisântemo   | 179                     | 18                | 31 | 293 | 100 | 24 | 32                | 0,2  | 0,03 | 3,4 | 1,1 | 0,05 | 0,2 |
| Cimbidio     | 63                      | 7                 | 31 | 137 | 80  | 21 | 68                | 0,2  | 0,03 | 0,4 | 0,6 | 0,05 | 0,2 |
| Eufórbia     | 161                     | 14                | 47 | 235 | 140 | 24 | 48                | 0,2  | 0,03 | 2   | 0,6 | 0,05 | 0,2 |
| Frésia       | 203                     | 17                | 39 | 303 | 135 | 36 | 48                | 0,3  | 0,05 | 1,4 | 0,6 | 0,05 | 0,3 |
| Gérbera      | 158                     | 21                | 38 | 215 | 120 | 24 | 40                | 0,3  | 0,05 | 2   | 0,3 | 0,05 | 0,3 |
| Gipsófila    | 210                     | 17                | 54 | 274 | 180 | 30 | 48                | 0,3  | 0,05 | 1,4 | 0,6 | 0,05 | 0,3 |
| Hipeastro    | 182                     | 14                | 39 | 293 | 125 | 24 | 40                | 0,3  | 0,03 | 0,6 | 0,6 | 0,05 | 0,3 |
| Rosa         | 154                     | 18                | 39 | 196 | 140 | 18 | 40                | 0,2  | 0,03 | 0,8 | 0,3 | 0,05 | 0,2 |
| Estatice     | 168                     | 14                | 31 | 235 | 120 | 24 | 32                | 0,03 | 0,05 | 0,8 | 0,6 | 0,05 | 0,3 |

Fonte: Sonneveld e Straver (1994).

**Tabela 6.** Sais e fertilizantes usados como fontes de macronutrientes para o preparo de soluções nutritivas.

| Fonte                                            | Nutrien-<br>te    | Concen-<br>tração<br>(%) | Condutividade<br>elétrica<br>(solução 0,1 %)<br>(mS cm <sup>-1</sup> ) | Quantidade para<br>preparar 1 mg L <sup>-1</sup><br>de cada nutriente<br>(g m <sup>-3</sup> ) |
|--------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nitrato de potássio<br>(13-0-44)                 | K                 | 36,5                     | 1,28                                                                   | 2,74                                                                                          |
|                                                  | N-NO <sub>3</sub> | 13                       |                                                                        | 7,69                                                                                          |
| Nitrato de cálcio <sup>(1)</sup>                 | Ca                | 19                       | 1,18                                                                   | 5,26                                                                                          |
|                                                  | N-NO <sub>3</sub> | 14,5                     |                                                                        | 6,90                                                                                          |
|                                                  | N-NH <sub>4</sub> | 1,0                      |                                                                        | 100,00                                                                                        |
| Nitrato de magnésio                              | Mg                | 9                        | 0,50                                                                   | 11,11                                                                                         |
|                                                  | N-NO <sub>3</sub> | 11                       |                                                                        | 9,09                                                                                          |
| Fosfato monoamônio (MAP)<br>Purificado (11-60-0) | N-NH <sub>4</sub> | 11                       | 0,95                                                                   | 9,09                                                                                          |
|                                                  | P                 | 26                       |                                                                        | 3,85                                                                                          |
| Fosfato diamônio (DAP)<br>Purificado (11-60-0)   | N-NH <sub>4</sub> | 18                       | 0,81                                                                   | 5,55                                                                                          |
|                                                  | P                 | 20                       |                                                                        | 5,50                                                                                          |
| Nitrato de amônio                                | N-NH <sub>4</sub> | 16,5                     | 1,50                                                                   | 6,06                                                                                          |
|                                                  | N-NO <sub>3</sub> | 16,5                     |                                                                        | 6,06                                                                                          |
| Nitrato de magnésio                              | Mg                | 9,5                      |                                                                        | 10,5                                                                                          |
|                                                  | N-NO <sub>3</sub> | 11                       |                                                                        | 9,09                                                                                          |
| Fosfato monopotássico (MKP)<br>(0-52-34)         | K                 | 29                       | 0,70                                                                   | 3,45                                                                                          |
|                                                  | P                 | 23                       |                                                                        | 4,35                                                                                          |
| Cloreto de potássio (branco)                     | K                 | 52                       | 1,70                                                                   | 1,92                                                                                          |
|                                                  | Cl                | 47                       |                                                                        | 2,13                                                                                          |
| Sulfato de potássio                              | K                 | 41                       | 1,20                                                                   | 2,44                                                                                          |
|                                                  | S                 | 17                       |                                                                        | 5,88                                                                                          |
| Sulfato de magnésio                              | Mg                | 10                       | 0,88                                                                   | 10,00                                                                                         |
|                                                  | S                 | 13                       |                                                                        | 7,69                                                                                          |
| Ácido fosfórico 85% D = 1,7                      | P                 | 27                       | 1,00                                                                   | 3,70 (2,18 mL)                                                                                |

<sup>(1)</sup> Produto comercial com 1% de N-NH<sub>4</sub>.

**Tabela 7.** Sais e fertilizantes usados como fontes de micronutrientes para o preparo de soluções nutritivas.

| Fonte                                    | Nutriente | Concen-<br>tração | Quantidade para prepa-<br>rar 0,1 mg L <sup>-1</sup> de cada<br>nutriente |
|------------------------------------------|-----------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                          |           | (%)               | (g m <sup>-3</sup> )                                                      |
| FeEDTA                                   | Fe        | 13                | 0,77                                                                      |
| Fe ac. orgânicos                         | Fe        | 4                 | 2,50                                                                      |
| FeEDDHA                                  | Fe        | 6                 | 1,67                                                                      |
| FeEDDHMA                                 | Fe        | 6                 | 1,67                                                                      |
| FeDTPA                                   | Fe        | 11                | 0,91                                                                      |
| Ácido bórico                             | B         | 17                | 0,59                                                                      |
| Bórax (deca-hidratado)                   | B         | 11                | 0,91                                                                      |
| Sulfato de cobre<br>(penta-hidratado)    | Cu        | 25,4              | 0,77                                                                      |
| CuEDTA                                   | Cu        | 14,5              | 2,00                                                                      |
| Sulfato de manganês<br>(tetra-hidratado) | Mn        | 25                | 0,38                                                                      |
| Cloreto de manganês<br>(tetra-hidratado) | Mn        | 27                | 0,37                                                                      |
| MnEDTA                                   | Mn        | 13                | 2,00                                                                      |
| Sulfato de zinco<br>(hepta-hidratado)    | Zn        | 21                | 0,45                                                                      |
| Cloreto de zinco                         | Zn        | 45                | 0,22                                                                      |
| ZnEDTA                                   | Zn        | 14                | 1,43                                                                      |
| Molibdato de sódio<br>(di-hidratado)     | Mo        | 39                | 0,26                                                                      |
| Molibdato de amônio                      | Mo        | 54                | 0,19                                                                      |
| Ácido molíbdico                          | Mo        | 66                | 0,15                                                                      |

**Tabela 8.** Produtos comerciais usados como fontes de micronutrientes para o preparo de soluções nutritivas.

| Nutriente  | ConMicros Premium | ConMicros Standard | Librel BMX | Micromix | Rexolin CXX BRA | Quelatec AZ            |
|------------|-------------------|--------------------|------------|----------|-----------------|------------------------|
|            | (%)               |                    |            |          |                 | (mg mL <sup>-1</sup> ) |
| Boro       | 1,2               | 2                  | 0,9        | 0,5      | 2,5             | 0,7                    |
| Cobre      | 0,5               | 0,8                | 1,7        | 1,5      | 0,45            | 2,3                    |
| Ferro      | 4,6               | 8                  | 3,4        | 4        | 3               | 7,5                    |
| Manganês   | 1,2               | 2                  | 1,7        | 4        | 2,8             | 3,5                    |
| Molibdênio | 0,2               | 0,4                | 0          | 0,1      | 0,045           | 0,4                    |
| Zinco      | 0,5               | 0,8                | 0,6        | 1,5      | 3,7             | 0,7                    |
| Níquel     | 0                 | 0                  | 0          | 0        | 0               | 0                      |
| Potássio   | 0                 | 0                  | 0          | 0        | 12              | 0                      |
| Magnésio   | 0                 | 0                  | 0          | 9        | 1               | 0                      |
| Enxofre    | 0                 | 0                  | 0          | 0        | 1,6             | 7                      |

A composição da solução deve ser determinada com base na concentração desejada de cada nutriente dentro da planta. O ponto de partida para isso é proceder à análise química de toda a planta, já que cada parte contém uma concentração específica de nutrientes. A quantidade acumulada de cada nutriente e suas proporções relativas servem de referência para a definição da concentração relativa de cada nutriente na solução nutritiva. Outro meio é recorrer à bibliografia que sugira concentrações adequadas de nutrientes para o crescimento e o desenvolvimento ótimos das plantas. Quando se procede à análise das exigências nutricionais de plantas visando ao cultivo em solução nutritiva, deve-se focar as relações entre os nutrientes, pois essa é uma indicação da relação de extração do meio de crescimento.

Além das diferenças constatadas no teor de nutrientes nas folhas – que varia conforme for sua posição, o tipo de cultivar e a época de amostragem –, também ocorrem diferenças nas relações entre os teores foliares de nutrientes para as diversas espécies (Tabela 9), o que deve ser levado em consideração quando se utiliza uma única composição de

**Tabela 9.** Relações entre os teores foliares (mg kg<sup>-1</sup> em base seca) de N, P, Ca, Mg e S e os teores de K considerados adequados para várias culturas.

| <b>Cultura</b>                            | <b>K</b> | <b>N</b> | <b>P</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> | <b>S</b> |
|-------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| <b>Hortaliças de folhas<sup>(1)</sup></b> |          |          |          |           |           |          |
| Agrião                                    | 1,00     | 0,83     | 0,17     | 0,25      | 0,07      | 0,05     |
| Alface                                    | 1,00     | 0,62     | 0,09     | 0,31      | 0,08      | 0,03     |
| Almeirão                                  | 1,00     | 0,65     | 0,11     | 0,12      | 0,03      | -        |
| Cebolinha                                 | 1,00     | 0,75     | 0,08     | 0,50      | 0,10      | 0,16     |
| Chicória                                  | 1,00     | 0,82     | 0,11     | 0,36      | 0,07      | -        |
| Couve                                     | 1,00     | 1,20     | 0,16     | 0,62      | 0,14      | -        |
| Espinafre                                 | 1,00     | 1,00     | 0,11     | 0,78      | 0,18      | 0,20     |
| Repolho                                   | 1,00     | 1,00     | 0,15     | 0,63      | 0,15      | 0,13     |
| Rúcula                                    | 1,00     | 0,78     | 0,09     | 0,84      | 0,07      | -        |
| Salsa                                     | 1,00     | 1,14     | 0,17     | 0,43      | 0,11      | -        |
| <b>Hortaliças de frutos</b>               |          |          |          |           |           |          |
| Berinjela                                 | 1,00     | 1,00     | 0,16     | 0,40      | 0,14      | -        |
| Ervilha                                   | 1,00     | 1,67     | 0,20     | 0,67      | 0,17      | -        |
| Feijão-vagem                              | 1,00     | 1,43     | 0,14     | 0,71      | 0,17      | 0,11     |
| Jiló                                      | 1,00     | 1,57     | 0,14     | 0,57      | 0,11      | -        |
| Melão                                     | 1,00     | 1,14     | 0,14     | 1,14      | 0,29      | 0,08     |
| Morango                                   | 1,00     | 0,67     | 0,10     | 0,67      | 0,27      | 0,10     |
| Pepino                                    | 1,00     | 1,22     | 0,18     | 0,56      | 0,16      | 0,13     |
| Pimenta                                   | 1,00     | 1,00     | 0,13     | 0,63      | 0,20      | -        |
| Pimentão                                  | 1,00     | 0,90     | 0,10     | 0,50      | 0,16      | -        |
| Quiabo                                    | 1,00     | 1,29     | 0,11     | 1,14      | 0,23      | 0,10     |
| Tomate                                    | 1,00     | 1,25     | 0,15     | 0,75      | 0,15      | 0,16     |

Continua...

**Tabela 9.** Continuação.

| <b>Cultura</b>                                                    | <b>K</b> | <b>N</b> | <b>P</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> | <b>S</b> |
|-------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| <b>Hortalças de flores</b>                                        |          |          |          |           |           |          |
| Brócolos                                                          | 1,00     | 1,50     | 0,20     | 0,67      | 0,17      | 0,18     |
| Couve-flor                                                        | 1,00     | 1,25     | 0,15     | 0,75      | 0,10      | -        |
| <b>Ornamentais</b>                                                |          |          |          |           |           |          |
| Antúrio                                                           | 1,00     | 1,00     | 0,20     | 0,80      | 0,32      | 0,20     |
| Azaleia                                                           | 1,00     | 2,00     | 0,40     | 1,00      | 0,70      | 0,35     |
| Begônia                                                           | 1,00     | 1,11     | 0,11     | 0,44      | 0,11      | 0,12     |
| Crisântemo                                                        | 1,00     | 1,00     | 0,14     | 0,30      | 0,14      | 0,10     |
| Gadíolo                                                           | 1,00     | 1,29     | 0,20     | 0,71      | 0,09      | -        |
| Gloxínia                                                          | 1,00     | 1,00     | 0,10     | 0,50      | 0,15      | 0,13     |
| Hibisco                                                           | 1,00     | 1,75     | 0,35     | 1,00      | 0,30      | 0,16     |
| Palmeira                                                          | 1,00     | 1,00     | 0,17     | 0,67      | 0,20      | 0,18     |
| Rosa                                                              | 1,00     | 1,60     | 0,16     | 0,60      | 0,16      | 0,21     |
| Cheflera                                                          | 1,00     | 1,00     | 0,13     | 0,50      | 0,17      | 0,16     |
| Violeta-africana                                                  | 1,00     | 0,90     | 0,10     | 0,30      | 0,12      | 0,11     |
| <b>Plantas de interesse em pesquisa de nutrição<sup>(2)</sup></b> |          |          |          |           |           |          |
| Arroz (Inca)                                                      | 1,00     | 1,01     | 0,14     | 0,16      | 0,13      | 0,09     |
| Feijão (EFC 25)                                                   | 1,00     | 0,77     | 0,22     | 0,16      | 0,04      | 0,04     |
| Milho (Emcapa 201)                                                | 1,00     | 0,71     | 0,17     | 0,08      | 0,06      | 0,03     |
| Soja (UFV 5)                                                      | 1,00     | 1,27     | 0,36     | 0,17      | 0,05      | 0,06     |
| Sorgo (BR 506)                                                    | 1,00     | 0,77     | 0,25     | 0,05      | 0,03      | 0,05     |
| Trigo (BR 15)                                                     | 1,00     | 1,54     | 0,34     | 0,08      | 0,07      | 0,07     |

Fonte: adaptado de <sup>(1)</sup>Raij et al. (1997) e <sup>(2)</sup>Ruiz (1977).

solução nutritiva para a nutrição de diversas espécies vegetais. Quando isso ocorre em espécies que possuem diferentes relações de extração, há grande possibilidade de desequilíbrio nutricional ao longo do desenvolvimento das plantas, principalmente para aquelas com ciclo mais longo e para aquelas nas quais a solução nutritiva não foi renovada integralmente. Essas relações devem ser consideradas também para a reposição de nutrientes durante o crescimento das plantas. Em trabalhos de pesquisa, é comum a renovação total da solução após uma semana de cultivo em vasos, a fim de evitar desequilíbrio nas relações entre os nutrientes.

### **11.1.2 Sais e fertilizantes utilizados nas soluções nutritivas**

Para a escolha de um sal para uma determinada solução, deve-se considerar, primeiramente, a finalidade da solução. Em trabalhos de pesquisa, utilizam-se normalmente sais puros para análise, a fim de evitar contaminações com outros nutrientes que possam distorcer os resultados. Entretanto, em cultivos hidropônicos com fins comerciais, o volume de solução utilizado geralmente é grande, e, nesse caso, o uso de sais comerciais é preferível, por conta do seu baixo custo. Esses sais são comumente utilizados em fertirrigação graças à sua alta solubilidade e à ausência de resíduos que possam obstruir os emissores. Muitos desses fertilizantes utilizados para fornecer macronutrientes podem conter quantidade apreciável de micronutrientes residuais dos processos de industrialização, que levam à fitotoxidez. Alguns casos relacionados à presença de zinco contaminante em sulfato de magnésio já foram detectados em hidroponias comerciais.

Na formulação das soluções nutritivas, deve-se considerar que alguns sais oferecem quantidades diferentes do íon necessário. Por exemplo, 1 mol de  $\text{KNO}_3$  fornece 1 mol de  $\text{K}^+$  e 1 mol de  $\text{NO}_3^-$ , enquanto 1 mol de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  supre 2 mols de  $\text{NO}_3^-$  para cada mol de  $\text{Ca}^{2+}$  (Tabela 9). Um aspecto importante a considerar na composição dos sais é que nutrientes como o K e o P são considerados em sua forma elementar para efeito de cálculo de concentração. Portanto, os valores de concentração desses nutrientes expressos em percentual de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  nas embalagens não correspondem aos valores

expressos nos Tabelas 6, 7 e 8. Além dos micronutrientes oriundos de sais simples, hoje há produtos que contêm vários micronutrientes, e, às vezes, macronutrientes, que podem ser utilizados em hidroponia, conforme se vê na Tabela 9. Entretanto, para os micronutrientes, nem sempre será encontrado um produto com exatamente a relação desejada, o que não impede seu uso se o nutriente estiver na concentração aproximada da faixa adequada à cultura (Tabelas 3, 4 e 9).

Na formulação de soluções nutritivas, para fornecer macronutrientes, é preferível utilizar sais que não contenham Na e Cl, que podem acumular-se na solução, aumentando a salinidade e reduzindo a absorção de alguns nutrientes. O Cl pode reduzir a absorção de  $\text{N-NO}_3^-$ , enquanto o Na pode interferir na absorção de Ca e K (MARSCHNER, 1995).

### 11.1.3 Cálculo de formulação da solução nutritiva

A seguir é exemplificado o cálculo de formulação de uma solução nutritiva para a cultura da alface, usando um método prático. Inicialmente, deve-se definir a relação de concentração entre os nutrientes para a cultura em questão (ver dados da Tabela 9, para a cultura da alface), para preparar a base da solução, assumindo uma quantidade inicial de 100 g de K por  $\text{m}^3$  de solução (Tabela 10).

**Tabela 10.** Relação entre nutrientes e quantidade de nutriente para preparar a solução básica para a cultura da alface.

| Relação                          | K    | N    | P    | Ca   | Mg   | S    |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Relação entre nutrientes         | 1,00 | 0,62 | 0,09 | 0,31 | 0,08 | 0,03 |
| Relação $\times 100$             | 100  | 62   | 9    | 31   | 8    | 3    |
| Quantidade ( $\text{g m}^{-3}$ ) | 100  | 62   | 9    | 31   | 8    | 3    |

Em seguida, definem-se os sais que serão utilizados para os macronutrientes. Geralmente, utilizam-se os seguintes sais (Tabela 6):

- Nitrato de cálcio (Ca 19%,  $\text{N-NO}_3$  4,5%,  $\text{N-NH}_4$  1,0%).
- Nitrato de potássio (K 36,5%,  $\text{N-NO}_3$  13%).

- MAP purificado (N-NH<sub>4</sub> 11%, P 26%); deve ser utilizado quando o pH da água for ligeiramente neutro ou alcalino, pois a presença do amônio leva à acidificação da solução.
  - MKP (K 29%, P 23%); deve ser utilizado quando o pH da água for ácido, pois a ausência de amônio na solução acarreta o aumento do pH.
  - Sulfato de magnésio (Mg 10%, S 13%).
- a) Cálculo do Ca: nitrato de cálcio =  $31/0,19 = 163,2 \text{ g m}^{-3}$  (o valor 31 indica a quantidade de Ca da Tabela 6; o valor 0,19 indica 19% de Ca no nitrato de cálcio da Tabela 3). Iniciou-se pelo nitrato de cálcio por ser a única fonte de cálcio.
- b) Cálculo do K: nitrato de potássio =  $100/0,36 = 278 \text{ g m}^{-3}$ .
- c) Cálculo do P: de MAP =  $9/0,26 = 23 \text{ g m}^{-3}$ .
- d) Cálculo do Mg: sulfato de magnésio =  $8/0,10 = 80 \text{ g m}^{-3}$ .
- e) Cálculo do N: N contido nos sais acima =  $(163,2 \times 0,145) + (278 \times 0,13) + (23 \times 0,11) = 62,3 \text{ g m}^{-3}$ .
- f) Caso o N resultante da soma das quantidades dos sais não seja suficiente, pode-se completá-lo com nitrato de cálcio e nitrato de potássio.
- g) A composição da solução nutritiva básica para atender à proporção entre os nutrientes será (em  $\text{g m}^{-3}$ ): 163,2 g de nitrato de cálcio, 278 g de nitrato de potássio, 23 g de MAP e 80 g de sulfato de magnésio. Essa deverá ser corrigida para a condutividade elétrica desejada, 1,5 mS cm<sup>-1</sup>, por exemplo.
- h) Para a estimativa da condutividade elétrica, multiplica-se a CE de uma solução a 0,1% (Tabela 7) pela quantidade do sal. Para a solução nutritiva básica, a CE estimada será:  $(163,2/1.000 \times 1,2) + (278/1.000 \times 1,3) + (23/1.000 \times 1,00) + (80/1.000 \times 0,90) = 0,652 \text{ mS cm}^{-1}$ .
- i) Para se obter a CE da solução nutritiva desejada (CE = 1,5 mS cm<sup>-1</sup>), devem-se multiplicar os valores de concentração de sais calculados no item g pelo fator de correção da CE ( $f_{ce} = 1,50 \times 0,652 = 2,3$ ), obtendo-se as concentrações finais dos sais (Tabela 11).

**Tabela 11.** Solução nutritiva final para a cultura da alface, corrigida para a condutividade elétrica desejada.

| <b>Sal utilizado</b>      | <b>Solução básica<br/>(g m<sup>-3</sup>)</b> | <b>Solução desejada<br/>(g m<sup>-3</sup>)</b> |
|---------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Nitrato de cálcio         | 163                                          | 375                                            |
| Nitrato de potássio       | 278                                          | 639                                            |
| MAP                       | 23                                           | 53                                             |
| Sulfato de magnésio       | 80                                           | 184                                            |
| CE (mS cm <sup>-1</sup> ) | 0,625                                        | 1,5                                            |

Para o cálculo da solução de micronutrientes, não há necessidade de correção da CE. Podem-se utilizar as concentrações consideradas adequadas e preparar uma solução-estoque 10 vezes mais concentrada, chamada de “solução de micronutrientes 10X” (Tabela 12). Portanto, a solução nutritiva com CE de 1,50 mS cm<sup>-1</sup> terá, em g m<sup>-3</sup>: 375 g de nitrato de cálcio, 639 g de nitrato de potássio, 53 g de MAP, 184 g de sulfato de magnésio e 100 mL da solução de micronutrientes 10X.

Caso não haja disponibilidade dos dados de relação entre os teores dos nutrientes na planta (Tabela 3), pode-se calcular a solução a partir da concentração considerada adequada do nutriente (Tabelas 4, 5 e 6), utilizando-se os mesmos passos de “a” a “g”. Entretanto, é sempre conveniente corrigir a CE (itens “h” e “i”), dada sua importância em condições de alta temperatura, como será visto mais adiante.

Atualmente, há uma série de programas computacionais que podem auxiliar a calcular a formulação da solução nutritiva. Alguns desses programas são comercializados por universidades (LEITE et al., 1997) (MAIA; MORAES, 1998). Entretanto, é possível utilizar planilhas de cálculo eletrônico para facilitar os cálculos, como a planilha de cálculo de solução nutritiva do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, disponível na página de internet<sup>3</sup> (COMETTI, 2010).

<sup>3</sup> Disponível em: <[www.niltoncometti.com.br/software/solucaonutritiva.xls](http://www.niltoncometti.com.br/software/solucaonutritiva.xls)>

**Tabela 12.** Cálculo de uma solução de micronutrientes 10X para alface.

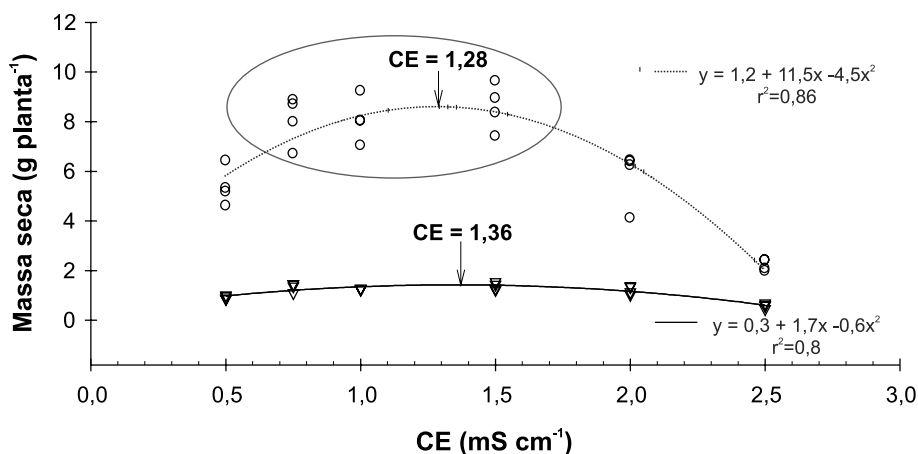
| <b>Micronutriente</b> | <b>Sal utilizado<br/>(% do<br/>micronutriente)<sup>(1)</sup></b> | <b>Concentração<br/>adequada<sup>(2)</sup><br/>(mg L<sup>-1</sup>)</b> | <b>Quantidade<br/>do sal<br/>(mg L<sup>-1</sup>)</b> | <b>Solução<br/>10X<br/>(g L<sup>-1</sup>)</b> |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| B                     | Ácido bórico (17)                                                | 0,30                                                                   | 1,76                                                 | 17,6                                          |
| Cu                    | Sulfato de cobre<br>(25)                                         | 0,02                                                                   | 0,08                                                 | 0,8                                           |
| Fe                    | Fe-EDDHA (6)                                                     | 2,00                                                                   | 34,00                                                | 340,0                                         |
| Mn                    | Sulfato de<br>manganês (25)                                      | 0,40                                                                   | 1,60                                                 | 16,0                                          |
| Mo                    | Molibdato de sódio<br>(39)                                       | 0,06                                                                   | 0,15                                                 | 1,5                                           |
| Zn                    | Sulfato de zinco<br>(21)                                         | 0,06                                                                   | 0,29                                                 | 2,9                                           |

<sup>(1)</sup> Ver Tabela 8.<sup>(2)</sup> Fonte: Furlani et al. (1999).

### 11.1.4 Concentração e condutividade elétrica da solução nutritiva

Definir a concentração dos nutrientes na solução nutritiva a ser fornecida às plantas é o segundo passo a ser seguido para sua formulação. A concentração da solução nutritiva, juntamente com a temperatura, a oxigenação e o pH, são os fatores fundamentais para o sucesso de uma formulação. Muitas implicações podem advir da concentração da solução. Altas concentrações, juntamente com altas temperaturas, podem levar ao aparecimento de queima das bordas das hortaliças de folhas, enquanto baixas concentrações podem acarretar redução de sólidos solúveis em hortaliças de frutos. Aparentemente, não há uma concentração específica ótima para o crescimento das plantas, mas uma faixa considerada ótima, na qual a resposta da planta

é máxima. Em trabalho realizado em condições de alta temperatura do Estado do Rio de Janeiro, Cometti et al. (2008) encontraram o maior crescimento da alface com a solução proposta por Furlani (1998), diluída a 75% da original, o que corresponde à CE próxima a  $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$ , porém, sem diferença estatística entre plantas que foram cultivadas de  $0,98 \text{ mS cm}^{-1}$  a  $1,84 \text{ mS cm}^{-1}$ . No norte do Espírito Santo, também em condições de alta temperatura, as plantas de alface apresentaram maior crescimento em soluções com CE que variavam de  $0,75 \text{ mS cm}^{-1}$  a  $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$  (também sem diferença estatística dentro dessa faixa de CE (BARBIERI et al., 2009) (Figura 2). Portanto, nessas condições de altas temperaturas, comumente encontradas na baixada fluminense e no litoral capixaba, a faixa ideal de CE durante os meses de verão estará seguramente próxima a  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$ .



**Figura 2.** Produção de fitomassa pela alface cultivada hidroponicamente em concentrações crescentes de solução nutritiva.

Fonte: Barbieri et al. (2009) e Colatina (2008).

A concentração adequada, independentemente da relação entre os nutrientes, vai depender primariamente da taxa transpiratória da planta. A mesma quantidade de nutriente encontrada em uma planta pode estar contida em diferentes volumes de solução e ser absorvida no mesmo intervalo de tempo. Segundo Bugbee (1995), uma boa estimativa da água transpirada em relação ao crescimento de plantas

em hidroponia está em torno de 300 L a 400 L de água transpirada por quilograma de massa seca acumulada. A taxa de transpiração depende principalmente da umidade do ar, da ventilação, da concentração de  $\text{CO}_2$ , da temperatura e da luminosidade. Em condições de clima tropical, a alta transpiração contribui ainda mais para a redução do volume e da concentração da solução nutritiva. A absorção dos nutrientes, por sua vez, é determinada pela taxa de crescimento da planta. Por isso, é muito comum encontrar desequilíbrio entre a quantidade de água e a de nutrientes que a planta absorve da solução, ocorrendo, com isso, aumento da CE da solução ao longo do dia, quando não há reposição da água.

As primeiras soluções nutritivas propostas na literatura científica eram muito concentradas, por serem formuladas para sistemas hidropônicos estáticos, geralmente em vasos com oxigenação. Com o advento dos sistemas circulantes, com constante agitação e renovação da solução que flui em velocidade pelas raízes, foi possível reduzir consideravelmente sua concentração. Assim, enquanto as primeiras soluções utilizavam CE de  $2,5 \text{ mS cm}^{-1}$  a  $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$ , atualmente é comum a utilização de CE em torno de  $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$  a  $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$  (COMETTI et al., 2008).

O potencial da água, quando muito negativo, dificulta a absorção da água pelas células das raízes. Em uma solução nutritiva, o principal componente do potencial da água é o osmótico, consequência da quantidade de sais dissolvidos na solução. Quanto maior a quantidade de sais na solução, tanto maior será a restrição à absorção de água pelas raízes, e, portanto, de nutrientes. Um potencial osmótico entre  $-0,05 \text{ MPa}$  e  $-0,1 \text{ MPa}$  tem sido considerado adequado para o cultivo hidropônico. Considerando-se uma solução nutritiva que contenha uma concentração de íons totais em torno de  $20 \text{ mmol L}^{-1}$  e temperatura de  $27^\circ\text{C}$ , o potencial osmótico calculado seria de  $0,049 \text{ MPa}$ .

Em virtude da dificuldade de medição direta da pressão osmótica da solução e de seu cálculo, pois seria necessário conhecer a concentração de cada íon, pode-se utilizar a medida de CE, que apresenta uma boa correlação com a quantidade total de sólidos solúveis da solução ou com a sua força iônica estimada (Figura 3). Há uma relação significativa entre a CE e a concentração total de íons da solução, que pode ser determinada pelas seguintes equações:

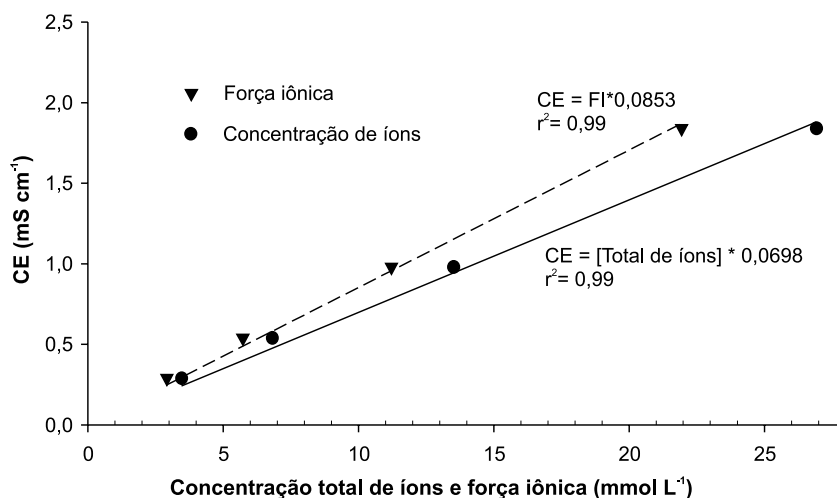
$$CE \text{ (mS cm}^{-1}\text{)} = [\text{total de íons (mmol L}^{-1}\text{)}] \times 0,0698; \text{ ou}$$

$$\text{Total de íons (mmol L}^{-1}\text{)} = [CE \text{ (mS cm}^{-1}\text{)}] \times 14,33; \text{ ou}$$

$$\text{Total de íons (mg L}^{-1}\text{)} = [CE \text{ (mS cm}^{-1}\text{)}] \times 655.$$

Essas equações permitem que se utilize apenas a molaridade total da solução, sem que sejam necessárias as concentrações individuais dos nutrientes na solução. A relação entre CE e a concentração de íons deve ser determinada para cada sal em solução, visto que há grande variação entre a CE de cada espécie iônica (Tabela 6). A soma das CE estimadas de cada sal dissolvido pode ser utilizada como a CE estimada da solução nutritiva, com uma boa aproximação do valor medido por meio de condutivímetro.

A CE da solução também varia conforme a temperatura. A cada 5 °C de aumento de temperatura, há um aumento da CE em torno de 11,0%. Sendo assim, uma solução com CE de 1,0 mS cm<sup>-1</sup> a 25 °C deverá apresentar, aproximadamente, uma CE de 1,11 mS cm<sup>-1</sup> a 30 °C.



**Figura 3.** Relação entre a condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva e a concentração total de íons e força iônica (FI) estimada; força iônica simulada com o programa Geochem 3.0.

Fonte: Cometti (2003) e Parker et al. (1995).

## 11.2 Manejo da solução nutritiva

### 11.2.1 Reposição e ajuste da solução nutritiva

Durante o crescimento das plantas em solução nutritiva, há absorção de água e nutrientes em proporções diferentes, assim como distintas quantidades acumuladas no tecido vegetal. Os nutrientes, por sua vez, são absorvidos da solução nutritiva em várias velocidades (Figura 1). Assim, o manejo da solução nutritiva deve prever essas diferenças, a fim de garantir, no fim do ciclo de cultivo, o menor desbalanceamento iônico possível, o que representa um desafio à adequada reposição dos nutrientes e da água. Entre os métodos disponíveis de reposição da solução nutritiva, podem-se listar:

**Renovação de toda a solução.** Em vasos, é comum a troca de toda a solução ao final de uma semana de cultivo – utilizar de 2 L a 3 L de solução para plantas menores, como soja, arroz e feijão. Para determinar o momento da troca da solução, Ruiz (1977) propôs utilizar o K como nutriente indicador. Em cultivos comerciais, o volume total de solução costuma ser grande, tornando alto o custo, com o desperdício de solução, além de riscos de contaminação do meio ambiente.

**Reposição da solução absorvida.** Esse método utiliza a solução básica para repor a água absorvida por transpiração. Em condições de baixa umidade relativa do ar, de alta velocidade do vento e de alta temperatura, há uma perda de água por transpiração desproporcionalmente maior do que a absorção de nutrientes, provocando a concentração da solução nutritiva remanescente. Se for feita a reposição da solução na mesma concentração inicial, haverá um aumento da concentração de sais na solução, aumentando consideravelmente sua CE. A forma de solucionar o problema é monitorar a CE da solução e adicionar água pura para reduzi-la, quando necessário, ou efetuar a reposição com uma solução mais diluída do que a da fórmula original.

**Reposição, separadamente, de nutrientes e água, depois de feita a análise química da solução.** Depois de efetuada a análise química da solução nutritiva, pode-se adicionar água, para atingir o nível inicial, e adicionar os nutrientes por meio de soluções-estoque concentradas de cada sal. Há algumas restrições a esse método: o custo de monitoramento da solução, o tempo dispensado para fazer a análise e

a dificuldade de precisar, com exatidão, a quantidade de reposição dos íons, considerando que alguns deles são rapidamente absorvidos e que se mantêm constantemente em concentração abaixo da proposta na solução inicial. Apesar do ajuste da concentração dos nutrientes, a solução não deve ser usada indefinidamente, pois ocorre exsudação de ácidos orgânicos, descamação e quebra de raízes que liberam fragmentos, crescimento de algas, bactérias e fungos, e contaminação por microrganismos patogênicos, resíduos de substratos, poeira e metais pesados contaminantes de sais utilizados para preparar a solução nutritiva. Todos esses elementos exigiriam um tratamento de alto custo da solução para que essa pudesse ser reutilizada com segurança. A vida útil de uma solução com acompanhamento semanal por análise química pode chegar a 3 meses, segundo Resh (2002).

**Reposição, separadamente, de água e nutrientes, associada ao uso de sensores de concentração dos íons.** Além do custo impeditivo dos eletrodos específicos para os íons, sua vida útil é reduzida e necessita de calibração frequente. A esse método, aplicam-se as considerações anteriores sobre a vida útil da solução.

**Reposição, separadamente, de água e nutrientes, associada ao monitoramento da CE da solução.** Atualmente, esse é o método mais utilizado na hidroponia comercial, além de aplicar-se às pesquisas em nutrição de plantas, pois é de baixo custo e permite um acompanhamento da concentração total de sais da solução. A reposição de água pode ser efetuada instantaneamente, por meio de válvula de nível com boia, ou diariamente, de forma manual. A medida da CE permite observar se houve absorção de nutrientes, pois, apesar de não fornecer a concentração de cada íon, a CE dá uma ideia da concentração total dos íons em solução. A reposição dos íons é feita com soluções-estoque concentradas; repõe-se, então, apenas um volume de solução-estoque concentrada, que é suficiente para elevar a CE ao valor inicial. O descarte da solução nutritiva é efetuado apenas no final de um ciclo de cultivo, o que reduz bastante os custos com nutrientes e com análises químicas da solução. A vida útil da solução, em condições de cultivo hidropônico de hortaliças de folhas, no Brasil, tem sido em torno de 30 dias em sistemas NFT.

### 11.2.2 Preparo e utilização de soluções-estoque

Para facilitar o manejo da reposição de nutrientes, é conveniente preparar soluções-estoque concentradas, contendo todos os nutrientes na mesma proporção da solução nutritiva. Para determinar a concentração máxima da solução-estoque, é necessário utilizar a solubilidade dos sais como o limite (Tabela 13). É possível haver incompatibilidade entre sais, o que não permite que sejam colocados na mesma solução concentrada; há, por exemplo, incompatibilidade entre nitrato de cálcio e os sais que contêm P e S, por formarem precipitados de baixa solubilidade. Nesse caso, preparam-se duas soluções, intituladas "A" e "B". O nitrato de cálcio é colocado em apenas uma delas. Considerando que o nitrato de potássio tenha compatibilidade com todos os outros sais, e que seja utilizado em maior quantidade, pode ser dividido entre as soluções A e B e servir como determinante para a concentração final das soluções.

**Tabela 13.** Solubilidade de alguns sais utilizados em hidroponia.

| Sal                                | Solubilidade (g L <sup>-1</sup> ) |                      | Índice salino <sup>(1)</sup> |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|
|                                    | Água fria (0,5 °C)                | Água quente (100 °C) |                              |
| Ácido bórico                       | 19,5                              | 389                  |                              |
| Cloreto de potássio                | 277                               | 561                  | 116                          |
| Fosfato diamônio                   | 426                               | 1.063                | 34                           |
| Fosfato monoamônio                 | 224                               | 1.730                | 30                           |
| Nitrato de amônio                  | 1.183                             | 8.711                | 105                          |
| Nitrato de cálcio                  | 1.212                             | 6.598                | 53                           |
| Nitrato de potássio                | 134                               | 2.471                | 74                           |
| Nitrato de sódio                   | –                                 | –                    | 100                          |
| Sulfato de amônio                  | 704                               | 1.033                | 69                           |
| Sulfato de cálcio                  | Insolúvel                         | –                    | 8                            |
| Sulfato de magnésio <sup>(2)</sup> | 700                               | 906                  | 2                            |
| Sulfato de manganês                | 516                               | 696                  |                              |
| Sulfato de potássio                | 67                                | 239                  | 46                           |

<sup>(1)</sup> Índice de salinidade relativo ao nitrato de sódio = 100.

<sup>(2)</sup> Temperatura em água fria (20 °C) e em água quente (40 °C).

Fonte: adaptado de Boodley (1996) e Resh (2002).

Acompanhe, como exemplo, o seguinte cálculo: considerando que o nitrato de potássio possui solubilidade de  $134 \text{ g L}^{-1}$  (Tabela 13), serão necessários 4,77 L para solubilizar os 639 g para a solução nutritiva (Tabela 14); esse valor pode ser arredondado para 5 L. Assim, o nitrato de potássio será utilizado como base para as soluções-estoque, por ser o sal com maior quantidade da água necessária para a solubilização. Como será utilizado nitrato de potássio em ambas as soluções, A e B, pode-se, então, dobrar a quantidade dos outros sais e recalcular a quantidade para preparar 10 L de cada solução-estoque (Tabela 15).

**Tabela 14.** Volume mínimo necessário para solubilizar os sais da solução nutritiva.

| Sal                 | Solubilidade<br>( $\text{g L}^{-1}$ ) | Solução<br>desejada<br>( $\text{g m}^{-3}$ ) | Volume<br>mínimo<br>(L) |
|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|
| Nitrato de cálcio   | 1.212                                 | 375                                          | 0,14                    |
| Nitrato de potássio | 134                                   | 639                                          | 4,77                    |
| MAP                 | 224                                   | 53                                           | 0,24                    |
| Sulfato de magnésio | 700                                   | 184                                          | 0,26                    |

Para preparar  $1 \text{ m}^3$  de solução nutritiva com CE de  $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$ , podem-se utilizar 2,5 L de solução A + 2,5 L de solução B. Para a reposição da solução consumida, deve-se corrigir o nível da solução com água pura, permitir a homogeneização e medir a condutividade elétrica da solução por meio de um condutivímetro manual. A cada 10% de queda na CE ( $0,15 \text{ mS cm}^{-1}$ ), utilizam-se 250 mL de cada solução-estoque para corrigir a CE até o valor original em  $1 \text{ m}^3$  de solução nutritiva. Para vasos isolados, basta corrigir para os volumes utilizados.

**Tabela 15.** Soluções-estoque A e B.

| Sal                 | Solução original<br>(g m <sup>-3</sup> ) | Quantidade do sal<br>(g 10 L <sup>-1</sup> )      |
|---------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Solução A</b>    |                                          |                                                   |
| Nitrato de cálcio   | 375                                      | $375 \times 2 = 750/5 \times 10 = 1.500$          |
| Nitrato de potássio | 639                                      | $639/5 \times 10 = 1.278$                         |
| Fe-EDDHA            | 34                                       | $34 \times 2 = 68/5 \times 10 = 136$              |
| <b>Solução B</b>    |                                          |                                                   |
| Nitrato de potássio | 639                                      | $639/5 \times 10 = 1.278$                         |
| MAP                 | 53                                       | $53 \times 2 = 106/5 \times 10 = 212$             |
| Sulfato de magnésio | 184                                      | $184 \times 2 = 368/5 \times 10 = 736$            |
| Micronutrientes 10x | 100 mL                                   | $100 \times 2 = 200/5 \times 10 = 400 \text{ mL}$ |

Fonte: Corsi e Nussio (1992).

## 11.3 pH da solução nutritiva

Altas concentrações de H<sup>+</sup> na solução nutritiva podem desestabilizar as membranas celulares, provocando perda de íons e morte das células da raiz. As plantas podem suportar, sem fortes efeitos fisiológicos, perfeitamente um pH de 4,5 a 7,5. Entretanto, efeitos indiretos, como a redução na disponibilidade dos nutrientes, podem comprometer seriamente o crescimento das plantas. Em pH acima de 6,5, há redução na disponibilidade de Mn, Cu, Zn, B, P e, especialmente, de Fe, enquanto há uma pequena redução na disponibilidade de P, K, Ca e Mg em pH abaixo de 5,0. Portanto, em uma cultura hidropônica, é recomendado um pH de 5,5 a 5,8, condição que permite a máxima disponibilidade dos nutrientes em geral (Bugbee, 1995). As variações de pH que ocorrem na solução nutritiva são reflexo de uma absorção diferente de cátions e ânions. Por exemplo, quando o N é suprido na forma nítrica, a absorção de ânions é maior do que a de cátions, ocorrendo elevação do pH. Assim, enquanto a absorção de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> aumenta o pH, a absorção de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> reduz o pH da solução nutritiva.

A manutenção do pH da solução dentro da faixa de 5,5 a 6,5, considerada geralmente como adequada ao crescimento da maioria das plantas em sistemas hidropônicos, pode ser feita pela leitura do peagâmetro; e a correção, com soluções de ácido nítrico ou fosfórico (pH alto) e hidróxido de potássio (pH baixo). Na prática, a correção de pH é de difícil execução, pois varia rapidamente, principalmente quando é utilizado N-amoniacal. Leituras feitas em várias horas do dia pode indicar mudança de várias unidades de pH. Portanto, o ideal é buscar uma solução que contenha N-amoniacal suficiente para manter o pH próximo a 5,5, mas que não comprometa a produtividade por fitotoxidez. Em termos gerais, as soluções nutritivas utilizadas pelos produtores comerciais contêm até 15% do nitrogênio total na forma amoniacal.

## 11.4 Quelatos

A presença de agentes quelantes também influencia o resultado da especiação iônica da solução. Um bom exemplo disso é o Fe, normalmente quelatado nas formas de FeDTPA (dietileno triaminopentacetático de ferro), de FeEDTA (etileno diaminotetracetático de ferro), de FeEDDHA (etilenodiaminodiorto-hidroxifenilacetático de ferro) e de FeEDDHMA (etilenodiaminodiorto-hidroxi para metilfenilacetático de ferro).

Para o Fe e demais cátions micronutrientes, as alterações nas formas livres e complexadas dependem do pH e do quelato de Fe utilizado. Considerando a faixa normal de pH das soluções nutritivas (de 5,5 a 6,5), o quelato FeEDDHA é mais estável do que o FeDTPA, e este, mais estável que o FeEDTA. Aumentos eventuais de pH na solução podem comprometer a disponibilidade de Fe, acarretando sua deficiência. Dessa maneira, é comum ocorrer carência de Fe em pH acima de 7, quando se utiliza o EDTA como quelante. Nesse caso, é recomendável a utilização de FeEDDHA ou de FeEDDHMA.

## 11.5 Considerações finais

Além das orientações e das recomendações expostas neste capítulo, sobre a forma de calcular e preparar as soluções nutritivas,

outros cuidados devem ser tomados, especialmente quando se tratar dos cultivos hidropônicos realizados em condições de alta temperatura, que ocorrem na baixada fluminense e no litoral norte capixaba. A oxigenação da solução nutritiva, nessas condições, passa a ser limitante, pois, com o seu aquecimento, cai a solubilidade máxima de  $O_2$ , causando morte das raízes e a redução do crescimento e da produtividade da cultura. Nesse caso, devem ser tomadas medidas adicionais para a refrigeração da casa de cultivo (estufa), por meio do uso de nebulizadores, ventiladores, refrigeradores evaporativos e outros, e, para a solução nutritiva, pode-se reduzir a temperatura, utilizando-se trocadores de calor, refrigeradores e banho de água fria em torno do reservatório de solução.

A qualidade da água é condição imprescindível no preparo da solução. Deve-se evitar água sem tratamento por causa do risco dos contaminantes, especialmente microbianos e metais pesados. Águas ferruginosas e pesadas também devem ser evitadas, pois carbonatos, bicarbonatos, Na e Cl em excesso podem alterar a condutividade elétrica da solução. Água com CE acima de  $0,2 \text{ mS cm}^{-1}$  indica que há íons dissolvidos, os quais, mediante análise, devem ser avaliados na formulação da solução. Portanto, caso a água possua uma CE acima de  $0,75 \text{ mS cm}^{-1}$ , a depender dos íons dissolvidos, ela pode se tornar inviável para o cultivo de hortaliças de folhas, já que, em condições de alta temperatura, a CE ideal pode variar de  $0,75 \text{ mS cm}^{-1}$  a  $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$ .

Finalmente, cumpre advertir para a imperiosa necessidade de utilizar fertilizantes de origem idônea, evitando, assim, certos problemas, como o risco de fitotoxidez da raiz das plantas, provocada por micronutrientes que vêm na forma de contaminantes de fertilizantes com macronutrientes. Atualmente, há empresas especializadas em comércio de produtos para a hidroponia que mantêm controle de qualidade de fertilizantes, por meio de análises periódicas. Essas devem ser as preferidas. Há também fabricantes que mantêm alto nível de controle de qualidade dos produtos comerciais utilizados largamente no Brasil, produtos esses de grande receptividade entre os agricultores.

## Capítulo 12

# **CrITÉRIOS econÔMICOS relacionados com a seleÇÃO de adubos e corretivos**

*Luiz Rodrigues Freire*

A tomada de decisão a respeito da aquisição de produtos e de procedimentos a serem adotados para a melhoria da fertilidade do solo é questão que envolve vários aspectos, principalmente o interesse do agricultor em produzir mais com o menor custo possível.

A diversidade de produtos comerciais, aliada às peculiaridades de cada unidade produtora, representa um grande desafio na tomada de decisão que, de qualquer forma, terá como referência obrigatória o tipo de propriedade rural, um determinado sistema de produção e um conjunto específico de relações preço/custos/expectativas de produção. Entretanto, há determinados itens que podem ser avaliados, com o propósito de diminuir a despesa final com a produção. Com base em cálculos específicos, é possível selecionar os produtos comerciais que exibam o menor custo final por unidade de elemento ativo a ser usado.

### **12.1 Calcário**

Conforme instruem os capítulos 5 e 13, a quantidade de calcário comercial a ser usada por hectare, visando a atender à necessidade de calagem, é definida pelo poder relativo de neutralização total (PRNT) do

corretivo. Assim, para cada um dos calcários disponíveis no mercado, devem ser feitos cálculos, que são mostrados a seguir, cujos resultados permitirão compará-los quanto ao preço final por hectare:

- Divide-se 100 pelo PRNT do calcário; o valor obtido é o peso efetivo do corretivo.
- Multiplica-se o peso efetivo do calcário pela necessidade de calagem, definida pela análise da amostra de terra, para se obter a quantidade do corretivo a ser usada por hectare.
- Somam-se os valores referentes ao preço de uma tonelada do calcário com os valores das demais despesas com frete, armazenamento e aplicação, por tonelada do calcário comercial.
- Multiplicam-se os valores obtidos em b e c; o resultado dá o custo real da calagem, por hectare.

Para cada um dos calcários comerciais, são feitos os cálculos correspondentes, e os resultados finais são comparados entre si; obviamente, o que apresentar menor custo real por hectare é o que deverá ser comprado. Em caso de empate, deve ser adquirido o corretivo com maior valor neutralizante (melhor qualidade química), pois esse apresentará efeito residual mais duradouro do que o calcário com maior eficiência relativa. Na (pouco) provável possibilidade de novo empate, a opção poderá ser pela concentração de magnésio em um dos corretivos.

Se houver necessidade de comprar calcário que contenha magnésio, e se seu preço real for superior ao do calcário calcítico, deverá ser feita a comparação entre custo do calcário calcítico mais adubação com magnésio e custo do calcário magnesiano, e, com base no resultado, será tomada a decisão.

É importante destacar que frequentemente o item de maior custo é o preço do frete do calcário, não sendo raros os casos em que o frete supera em duas vezes ou mais o preço do calcário na sua fonte de produção. Dessa forma, quando possível, convém negociar o transporte do calcário como “frete de retorno”. Um bom planejamento permite a aquisição do corretivo a preços mais atraentes em épocas de menor demanda de transporte.

Pode ocorrer que, entre os corretivos oferecidos pelo mercado local, figure um cujo PRNT supera o dos demais, e seu preço por

tonelada seja igual ou inferior aos preços dos outros; ou, então, um calcário cujo PRNT seja superior ao dos outros, mas é mais oneroso. É óbvio que, se corretivo de maior PRNT for mais barato que os demais, ele será escolhido; mas, se não o for, será necessário proceder ao cálculo do custo real do calcário, pois, dependendo dos demais itens de despesa (frete, armazenamento e aplicação), o de maior PRNT poderá ou não ser o mais econômico.

Nesta apreciação, só foi levada em consideração a questão econômica, entretanto, por vezes, outros fatores poderão se sobrepor ao valor, como é o caso do período disponível para a reação do calcário no solo. Em certas situações, será preciso comprar um corretivo caro, mas que reaja mais rapidamente no solo.

## **12.2 Adubos minerais**

A escolha do adubo mineral mais econômico é matéria um pouco mais complexa do que a avaliação de calcário, apesar de se basear em princípios semelhantes: adquirir o produto eficiente de menor custo final por unidade de elemento ativo. A mencionada complexidade reside no fato de que devem ser examinadas outras características além das verificadas nos calcários. Além da concentração do adubo e do preço, é necessário considerar: principal nutriente presente no adubo, solubilidade, elementos nutrientes complementares, compatibilidade com outros produtos, reações no solo e efeito residual. As implicações técnicas que podem levar à escolha de um produto ou outro estão explicadas, resumidamente, nos capítulos 5 e 6. Na abordagem a seguir, a preocupação maior está centralizada na seleção do adubo mais econômico.

### **12.2.1 Adubos nitrogenados**

Quando a deficiência a ser suprida pelo adubo é somente a do nitrogênio, será obtido um efeito semelhante na produção, por quilograma de nitrogênio aplicado, independentemente do adubo nitrogenado usado. Essa constatação, originada de dados de pesquisa de várias regiões do Brasil e de outros países, indica que, quando o interesse é o de fornecer N, a escolha do adubo nitrogenado mineral pode ser feita

simplesmente pelo cálculo do preço por quilograma de nitrogênio contido no fertilizante. Contudo, às vezes, podem aparecer respostas diferentes entre os adubos nitrogenados, em razão da presença de nutrientes complementares, como é o caso do enxofre no sulfato de amônio ou do cálcio e do magnésio no nitrocálcio. Isso acontece em solos em que, além da carência de nitrogênio, há deficiências daqueles nutrientes, e, nesse caso, será necessário computar o valor econômico adicional decorrente dos nutrientes complementares. Entretanto, se a necessidade de calagem foi corretamente diagnosticada e corrigida, ou se, para o enxofre, foi usado o gesso agrícola (sulfato de cálcio), cujo preço é bastante acessível, pode-se considerar irrelevante essa questão.

No que concerne à solubilidade e ao efeito residual, os adubos nitrogenados simples são semelhantes: todos são altamente solúveis e seus efeitos residuais são ínfimos.

Pelo exposto, ressalvadas as implicações técnicas explicitadas nos capítulos 5 e 6, pode-se reafirmar que o adubo nitrogenado mineral a ser escolhido deve ser o que exibir menor preço por quilograma de nitrogênio aplicado ao solo.

### **12.2.2 Adubos fosfatados**

Ao se tratar da escolha do adubo fosfatado, um índice de grande relevância é a quantidade de fósforo assimilável nele contida. Conforme visto no Capítulo 5, item 5.1.2, o teor de fósforo total pode não indicar a disponibilidade efetiva do elemento no adubo e, por isso, o cálculo do preço por quilograma de fósforo deve ser feito, considerando, em uma primeira aproximação, somente a fração solúvel em água e citrato.

Quando se comparam diferentes fontes, usando-se como referência a mesma quantidade de fósforo assimilável, os adubos fosfatados mais solúveis geralmente apresentam respostas mais rápidas do que os de baixa solubilidade. A tendência, entretanto, é a de se igualarem ao longo do tempo, resguardado o fato de serem usados em quantidade equivalente assimilável. Entretanto, como os fertilizantes que apresentam baixo teor de fósforo assimilável possuem, frequentemente, elevada concentração de fósforo total, o efeito residual é maior porque, na realidade, a quantidade final de fósforo aplicada no solo é bem mais alta.

A magnitude do efeito residual deve ser levada em consideração nos cálculos para definir a seleção do adubo fosfatado. A diversidade de situações encontradas no campo, contudo, não permite quantificar genericamente esse efeito.

À falta de elementos para julgamento mais acurado, sugere-se que seja feito o cálculo para se determinar o preço por quilograma de fósforo assimilável. Se a fonte mais solúvel apresentar preço superior, igual ou apenas ligeiramente inferior ao de outra fonte de menor solubilidade, mas com maior teor de fósforo total, a opção será pelo fertilizante com porcentagem de fósforo total mais elevada. Na hipótese de serem obtidos preços similares por quilograma de fósforo assimilável para variados fertilizantes, deve-se verificar se algum deles apresenta vantagens adicionais, representadas pelo maior teor de outro nutriente, como, por exemplo, de enxofre (superfosfato simples, superfosfato 30 e os parcialmente acidulados), o que, evidentemente, será motivo de desempate.

No caso dos fertilizantes fosfatados amoniacais, quando estão sendo adquiridos dois nutrientes cujos preços são relativamente elevados, os cálculos podem ser efetuados de duas formas:

- Determina-se o preço por quilograma de nitrogênio dos outros fertilizantes nitrogenados simples disponíveis; o menor preço obtido é multiplicado pela quantidade de nitrogênio contida no fosfato amoniacal, e esse resultado é subtraído do preço desse adubo; a diferença, então, é usada para se calcular o preço por quilograma de nitrogênio no MAP ou DAP.
- Determina-se o preço por quilograma de fósforo nos fertilizantes fosfatados simples solúveis; o menor preço encontrado é multiplicado pela quantidade de fósforo contida no fosfato amoniacal, e esse valor é subtraído do preço desse adubo; a diferença é usada para se calcular o preço por quilograma de nitrogênio no MAP ou DAP.

### 12.2.3 Adubos potássicos

O cloreto de potássio apresenta menor preço por tonelada e maior concentração em potássio do que qualquer outro adubo potássico. Por essa razão, é a fonte mais econômica desse nutriente, o que

torna desnecessária a elaboração de cálculos com a finalidade de conhecer o fertilizante de menor custo final.

Entretanto, há situações, apresentadas nas planilhas correspondentes às culturas, em que existe interesse em usar fonte de potássio que não apresente cloretos. Nesses casos, será necessário o emprego de outro adubo, e a escolha entre os ofertados no mercado, exceto o KCl, poderá ser feita seguindo-se o procedimento já descrito para o nitrogênio. Os fertilizantes potássicos no mercado são altamente solúveis, e seu comportamento no solo não apresenta diferença que justifique o uso de outra fonte.

Para diminuir o custo da adubação potássica, pode-se usar a mistura de KCl com outra fonte, até o limite de 25% da quantidade total fornecida pelo KCl.

## 12.3 Adubos orgânicos

A escolha entre os vários tipos de adubo orgânico não pode ser encarada exclusivamente pelo custo do produto. As características discutidas nos capítulos pertinentes (capítulos 7, 8 e 9) mostram a impropriedade de se proceder a julgamento genérico dos adubos orgânicos, seja comparando-os entre si, seja entre os fertilizantes orgânicos, ou entre os minerais. Entretanto, poderão ser efetuados cálculos econômicos comparando-se as quantidades sugeridas nas planilhas para a adubação orgânica, com esterco de curral ou composto orgânico, esterco de cama de ave e esterco de ave.

Ao se comparar o adubo orgânico com o mineral, corre-se o sério risco de cometer um erro grosseiro, pois o fertilizante orgânico promove mais alterações no ambiente edáfico do que a simples adição de nutrientes.

Há indicações de que 30% do nitrogênio, metade do fósforo e todo o potássio contido no fertilizante orgânico estarão disponíveis no primeiro ano da sua aplicação. Mesmo considerando que esses números estão baseados em dados experimentais, e ainda que fosse conhecida a composição química do adubo orgânico, não se podem avaliar, numérica e economicamente, todas as outras implicações positivas do emprego do material orgânico. Portanto, a avaliação do

adubo orgânico deve restringir-se à comparação entre os custos dos fertilizantes orgânicos, evitando-se, então, comparação com fertilizantes minerais.

## 12.4 Adubos NPK

A avaliação econômica dos fertilizantes em cuja composição figuram N, P e K pode ser feita sob dois enfoques: comparando-se duas ou mais fórmulas disponíveis no mercado, ou comparando o que é mais vantajoso – se comprar o fertilizante NPK ou se preparar a mistura com adubos simples comprados separadamente.

### 12.4.1 Comparação entre adubos formulados

A fórmula NPK representa as concentrações, em porcentagem, de nitrogênio, fósforo e potássio, expressos, respectivamente, como N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ . Se esses três números forem divididos pelo valor do que estiver em menor concentração, obtém-se a proporção básica entre os nutrientes. Por exemplo, na fórmula 4-14-8, a proporção básica é 1:3, 5:2, semelhante à das fórmulas 6-21-12 e 8-28-16. Nesse caso, as três fórmulas são equivalentes e, assim, é mais fácil efetuar a comparação do custo final da adubação. Para ser atendida uma recomendação de 24 kg de N, de 84 kg de  $P_2O_5$  e de 48 kg de  $K_2O$  por hectare, podem ser usados, por hectare, 300 kg de 8-28-16 ou 400 kg de 6-21-12, ou, então, 600 kg de 4-14-8. A decisão, portanto, depende somente dos cálculos de custo da adubação, utilizando, para isso, cada uma das fórmulas mencionadas. Assim, para adubos NPK que apresentem a mesma proporção básica, basta serem calculadas as quantidades correspondentes à recomendação, determinando seu custo por hectare, e decidir pelo que apresentar menor custo final (aquisição + frete + armazenamento + aplicação).

Há, contudo, ocasiões em que os adubos formulados não apresentam a mesma proporção básica. As alternativas propostas são as seguintes:

- A proporção entre P e K é igual nos adubos sob avaliação, e os teores de N são diferentes – nesse caso, adquirir o adubo

que forneça as quantidades desejadas de P e K ao menor custo final, e alterar as quantidades de N em cobertura.

- As proporções são desiguais, mas os teores de, N, P e/ou K são apenas ligeiramente diferentes do desejado – usar o adubo de menor custo final. Diferenças que não ultrapassem valores finais de até 5 kg de macronutriente por hectare são irrelevantes sob o ponto de vista econômico, no que concerne aos efeitos esperados com a adubação.
- As proporções básicas são diferentes entre si, e as concentrações dos nutrientes são muito diversas – para essas situações, existem várias maneiras de se resolver o problema. Uma delas é calcular o custo do fornecimento total de fósforo via fórmula NPK e o custo de aplicações complementares, em cobertura, de N e K. Nessa hipótese, com a quantidade da fórmula NPK a ser utilizada, não devem ser excedidas as doses necessárias de N e K; as aplicações em cobertura poderão ser feitas com adubos simples ou com fórmulas que só contenham N e K. A avaliação, apesar de mais trabalhosa, apontará a solução para o caso.

### **12.4.2 Comparação entre fórmulas NPK e adubos simples**

O adubo NPK formulado industrialmente apresenta facilidade de uso, mas, por vezes, é mais econômico preparar a mistura na fazenda. É necessário, contudo, considerar a qualidade da estrutura da propriedade rural para ver se é viável preparar eficazmente a mistura. Se Sem essa condição, não se deve correr o risco de uma adubação inadequada.

Decidir pela melhor opção, ou seja, entre comprar a fórmula já pronta ou prepará-la na fazenda, resume-se em comparar os custos dos componentes compatíveis entre si e do preparo da mistura (mão de obra + enchimento) com o custo final do adubo NPK.

Há variações que devem também ser consideradas, especialmente se está programado o uso simultâneo de adubos orgânicos e minerais. A aplicação de doses superiores a 20 t de esterco de curral, ou o seu equivalente em outros adubos orgânicos, pode ensejar o uso de N e K exclusivamente em cobertura. Nessa situação, a adubação mineral

inicial pode restringir-se ao emprego de adubo fosfatado simples, e os cálculos referentes à escolha dos adubos para a primeira aplicação consistirão na comparação entre as várias fontes fornecedoras de fósforo e as fórmulas NPK com baixos teores de N e K. Para a adubação em cobertura, a comparação se restringirá entre o uso de nitrogenados e potássicos simples e o das fórmulas N-zero-K disponíveis.



## Capítulo 13

# Recomendações gerais

*Luiz Rodrigues Freire*

As recomendações de nutrientes constantes das planilhas referentes às culturas foram elaboradas com base nas informações sobre respostas das culturas à adubação e à calagem, resultantes das experiências de especialistas, aplicadas e adaptadas às especificidades da agricultura fluminense. As recomendações oferecem ao usuário sugestões que o ajudarão a tomar decisões quanto à quantidade de insumos a ser utilizada em cada situação.

Neste capítulo, estão apresentados os critérios gerais de obtenção dessas recomendações, além de outras informações de interesse dos usuários. Algumas planilhas exibem os dados sobre a extração de nutrientes da cultura, os quais poderão ser utilizados para adequar a recomendação que consta da planilha, desde que se apliquem os cálculos apropriados.

### 13.1 Critérios gerais

As sugestões de adubação foram baseadas na adubação por ciclo de produção. Em alguns casos, os dados divulgados poderão ser aplicados à adubação corretiva, mas cumpre lembrar que essa não foi a meta deste trabalho.

Para determinar a quantidade de fósforo, potássio e calcário a ser utilizada, foram estabelecidas classes de interpretação das análises químicas do solo, por meio dos critérios apresentados a seguir. Da mesma forma, foram apresentados os critérios que foram adotados para o estabelecimento das recomendações de nitrogênio e de adubação orgânica. A carência de pesquisa básica sobre a utilização de micronutrientes restringiu a apresentação de dados apenas à sua recomendação; assim, somente nos casos em que a experimentação permitia, foram feitas menções a eles.

### 13.1.1 Fósforo

Para o fósforo, à exceção das culturas de cana-de-açúcar e aspargo, foram estabelecidas cinco classes de interpretação dos teores encontrados nas análises: muito baixo (até 5 mg dm<sup>-3</sup> de P), baixo (de 6 mg dm<sup>-3</sup> a 10 mg dm<sup>-3</sup> de P), médio (de 11 mg dm<sup>-3</sup> a 20 mg dm<sup>-3</sup> de P), alto (de 21 mg dm<sup>-3</sup> a 30 mg dm<sup>-3</sup> de P) e muito alto (maior do que 30 mg dm<sup>-3</sup> de P). Essas classes, contudo, não são aplicadas genericamente a todas as culturas.

A expectativa da ocorrência de diferenças no comportamento das espécies vegetais no tocante à absorção e ao aproveitamento do fósforo presente na solução do solo, aliada ao maior ou menor grau de refinamento das informações disponíveis, levou à adoção de conjuntos de classes para os teores de fósforo e o grupamento de culturas.

Para a cultura de cana-de-açúcar, que não figura na Tabela 1, foi adotado um critério diferente daquele das demais culturas, já que existe experimentação própria, com método de análise específica, que leva a resultados analíticos diversos dos obtidos com o usado para as outras culturas no Estado do Rio de Janeiro.

O conjunto A está constituído por culturas que têm apresentado resposta reduzida ou mesmo nula à aplicação de adubos fosfatados, quando o solo possui teores, revelados pela análise, superiores a 10 mg dm<sup>-3</sup> de P. Provavelmente, isso se deve a vários fatores: à maior capacidade dessas culturas em absorver P do solo, à presença de micorrizas, ao maior volume de raízes no solo, à baixa exigência em fósforo, ou, no caso específico do arroz cultivado em várzeas úmidas, às modificações na disponibilidade do fósforo nativo, ao se alterarem

as condições do potencial redox da camada do solo em que se concentra seu sistema radicular.

**Tabela 1.** Agrupamento de culturas em conjunto de classes para os teores de fósforo.

| Conjunto | Classes de teores de P (mg dm <sup>-3</sup> ) | Cultura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A        | Até 5<br>6–10<br>> 10                         | Arroz, café (produção), feijão-mauá (macáçar), mandioca e inhame                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| B        | Até 10<br>11–30<br>> 30                       | Abacate (plantio e formação), abacaxi, banana, cebola, coco, eucalipto, frutas cítricas, goiaba, maçã (formação), mamão, manga (plantio e formação), maracujá, nectarina (formação e produção), pera (formação), pêssego (formação e produção) e quiabo                                                                                                                                                                               |
| C        | Até 10<br>11–20<br>> 20                       | Pinhão-manso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| D        | Até 10<br>11–20<br>21–30<br>> 30              | Abóbora, abobrinha, alface, alho, amendoim, aspargo, batata-doce, batata-inglesa, berinjela, beterraba, brócolos, cenoura, chuchu, couve, couve-flor, ervilha-vagem, feijão-de-vagem, feijão, pepino tutorado e rasteiro, formação e manutenção de capineiras e de forrageiras, jiló, mandioquinha-salsa, mamona, maxixe, melancia, melão, milho, moranga, nabo, pimenta, pimentão, rabanete, repolho, soja, sorgo granífero e tomate |
| E        | Até 10<br>> 10                                | Leguminosas, arbóreas e arbustivas, e seringueira                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| F        | Até 20<br>> 20                                | Abacate (produção), café (plantio), caqui e figo (formação), maçã (plantio), manga (produção), nectarina (plantio), pera (plantio), pêssego (plantio) e urucu                                                                                                                                                                                                                                                                         |

No conjunto B, figuram espécies vegetais para as quais não se dispõe de dados que justifiquem a separação em classes para os valores de 0 a 10 mg dm<sup>-3</sup> e de 11 mg dm<sup>-3</sup> a 30 mg dm<sup>-3</sup> de P, o que motivou a adoção de somente três níveis de interpretação. A cultura de pinhão-manso, de recente introdução no Rio de Janeiro, foi inserida em novo agrupamento, com base nas expectativas de sua resposta à adubação com fósforo.

No conjunto D, está agrupado o maior número de espécies cultivada no Rio de Janeiro e para as quais já se adotavam as classes de interpretação apresentadas, não tendo sido considerada necessária a introdução de alterações quanto aos níveis de interpretação vigentes. Contudo, para as recomendações de adubação fosfatada, foram feitas modificações, com o objetivo de aperfeiçoá-las. As quantidades sugeridas constam das planilhas correspondentes.

Nos conjuntos E e F, foi feita a separação dos teores de fósforo revelados pela análise em somente duas categorias, as quais foram definidas levando em consideração aspectos já apresentados e, também, o sistema de manejo preconizado para essas espécies. Assim, o valor de 20 mg dm<sup>-3</sup> de P para o conjunto F expressa o limite para definir uma determinada dose de fósforo, sem, contudo, deixar de usá-lo na adubação mineral, mesmo quando forem elevados os níveis desse elemento no solo. Já no conjunto E, constituído por espécies florestais de reconhecida rusticidade, adotou-se o valor de 10 mg dm<sup>-3</sup> de P, para determinar se deveria ser usada a adubação fosfatada em baixa dosagem ou se ela poderia ser dispensada.

### 13.1.2 Potássio

Para o potássio, foram estabelecidas quatro classes de interpretação dos teores encontrados nas análises: baixo (até 45 mg dm<sup>-3</sup> de K), médio (de 46 mg dm<sup>-3</sup> a 90 mg dm<sup>-3</sup> de K), alto (de 91 mg dm<sup>-3</sup> a 135 mg dm<sup>-3</sup> de K) e muito alto (teores superiores a 135 mg dm<sup>-3</sup> de K). Por razões explicitadas no item anterior, não foi incluída nessas classes a cultura de cana-de-açúcar e, para as explorações com plantas ornamentais, foi adotado um valor limite (de 270 mg dm<sup>-3</sup> de K), acima do qual não se recomenda a adubação com adubo mineral contendo potássio. Por motivos semelhantes aos já expostos para o fósforo,

adotou-se a separação das classes em conjuntos por grupo de culturas, conforme mostra a Tabela 2.

**Tabela 2.** Agrupamento de culturas em conjunto de classes para os teores de potássio.

| Conjunto | Classes de teores de K (mg dm <sup>-3</sup> ) | Cultura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A        | Até 45<br>> 45                                | Feijão-mauá (macáçar), leguminosas arbóreas e arbustivas, maçã (plantio), mandioca, pera (plantio), seringueira e urucu                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| B        | Até 45<br>46–90<br>>90                        | Abacaxi (produção), alho, arroz, amendoim, café (plantio e produção), cebola, eucalipto, feijão, inhame, mamão, maracujá (produção), milho, nectarina (plantio), pêssego (plantio), pinhão-manso, quiabo, soja e sorgo granífero                                                                                                                                                          |
| C        | Até 45<br>46–90<br>91–135<br>>135             | Abóbora, abobrinha, alface, aspargo, batata-doce, batata-inglesa, berinjela, beterraba, brócolos, cenoura, chuchu, couve, couve-flor, ervilha-vagem, feijão-de-vagem, formação e manutenção de capineiras e de forrageiras, girassol, jiló, mamona, mandioquinha-salsa, melancia, melão, moranga, maxixe, nabo, pepino tutorado e rasteiro, pimenta, pimentão, tomate, rabanete e repolho |
| D        | Até 90<br>91–135<br>> 135                     | Abacate, banana, caqui, coco, figo, frutas cítricas, goiaba, maçã (formação), manga (plantio e produção), nectarina (formação e produção), pera (formação) e pêssego (formação e produção)                                                                                                                                                                                                |
| E        | Até 90<br>91–135<br>136–270<br>> 270          | Antúrio, crisântemo, gladiolo e rosa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

No conjunto A, estão culturas que têm apresentado reduzidas ou inconsistentes respostas econômicas à aplicação de adubos minerais contendo potássio quando o teor desses, revelado nas análises de terra, é superior a  $45 \text{ mg dm}^{-3}$  de K. A inclusão de algumas espécies frutíferas nessa categoria deve-se ao fato de se tratar de adubação complementar à orgânica, na fase de plantio; para as fases de formação e produção, contudo, essas espécies são objeto de outra avaliação.

No conjunto B, estão presentes culturas cuja recomendação de potássio está vinculada ao limite de  $90 \text{ mg dm}^{-3}$  de K, não estando disponíveis informações que permitam recomendação segura de adubos minerais que contenham potássio quando os teores revelados pela análise forem superiores àquele valor.

O conjunto C, além de outras culturas, é constituído por espécies de hortaliças para as quais não se espera resposta economicamente consistente quando as análises do solo revelarem teores superiores a  $135 \text{ mg dm}^{-3}$  de K. Também se levou em consideração que os sistemas de produção adotados no Estado do Rio de Janeiro, com o uso frequente de adubos orgânicos, levam à existência de potássio disponível em quantidade provavelmente suficiente para altas produções. Para a batatinha foi feita uma exceção, em virtude das elevadas exigências dessa cultura em potássio; nesse caso, há a recomendação de aplicação de adubo mineral potássico mesmo para teores superiores a  $135 \text{ mg dm}^{-3}$  de K.

No conjunto D, figuram culturas perenes exigentes em potássio, e para as quais foram adotadas classes de fertilidade cujo limite inferior corresponde a  $90 \text{ mg dm}^{-3}$  de K, visando a diminuir a probabilidade de comprometer a produtividade dessas espécies por inadequado suprimento de potássio.

As classes que constituem o conjunto E diferem das que compõem o conjunto anterior pela adoção do valor  $270 \text{ mg dm}^{-3}$  de K como limite para o emprego de adubo mineral potássico. As culturas abrangidas nesse conjunto são espécies ornamentais para as quais, regionalmente, ainda não estão disponíveis dados experimentais. Essas culturas recebem elevadas adubações potássicas nos níveis inferiores e, geralmente, são cultivadas com o uso de adubos orgânicos. Além disso, nem sempre a irrigação é feita de forma controlada, o que estimula a lixiviação.

### 13.1.3 Calagem

A recomendação de calagem considera a exigência das culturas quanto ao cálcio e ao magnésio, ou a tolerância delas ao teor de alumínio trocável. Os critérios utilizados estão descritos a seguir:

- Quando o teor de  $\text{Al}^{3+}$  for menor que  $0,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de TFSA e a soma dos teores de cálcio e magnésio for superior a  $3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de TFSA (culturas mais exigentes em cálcio e/ou magnésio), ou a  $2 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de TFSA (demais culturas), não será necessária a aplicação de calcário.
- Se o teor de  $\text{Al}^{3+}$  for igual a ou maior que  $0,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de TFSA, será necessário corrigir o solo.
- Se a soma dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  for inferior a  $2 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de TFSA, ou no caso de culturas mais exigentes em cálcio e/ou magnésio, e com teor inferior a  $3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de TFSA, será necessária a aplicação de calcário para corrigir as deficiências desses nutrientes; as exigências das culturas estão definidas nas planilhas.
- Se o teor de  $\text{Mg}^{2+}$  for inferior a  $0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de TFSA, será preciso usar calcário dolomítico ou adubação magnesiana. Para se determinar a quantidade de calcário a ser aplicada ao solo, foi elaborada a Tabela 3. Os critérios empregados estão baseados na economicidade da calagem, e os resultados experimentais obtidos com o uso desses critérios reforçam a sua adoção.

A necessidade de calagem refere-se à quantidade de calcário, corrigida para PRNT igual a 100%, a ser aplicada por hectare e incorporada na profundidade de 20 cm. Se a profundidade a ser neutralizada for diferente de 20 cm, deverão ser calculadas as quantidades proporcionais a 20 cm, isto é, se, por exemplo, a profundidade for de 10 cm, deverá ser usada a metade da quantidade calculada pelos dados da Tabela 3. E, se a profundidade for diferente de 20 cm, será necessário que a amostra de terra tenha sido coletada na profundidade que se deseja corrigir, para evitar distorções na recomendação.

Poder relativo de neutralização total (PRNT) é a medida que expressa a qualidade do calcário e deve ser utilizado para calcular a quantidade do calcário comercial que equivale à recomendada:  $\text{PRNT} =$

100%. O peso efetivo de um calcário comercial é calculado dividindo-se 100 pelo PRNT do calcário; esse valor é a quantidade, em toneladas, de calcário comercial equivalente a 1 t de carbonato de cálcio quimicamente puro e finamente pulverizado, usado como padrão de referência para os cálculos da necessidade de calagem. Assim, a quantidade do calcário comercial a ser usada, por hectare, é igual à necessidade de calagem multiplicada pelo peso efetivo do calcário.

**Tabela 3.** Critérios para aplicação de calcário.

| Resultado da análise<br>(teores em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) |                                   | Cálculo da necessidade de calagem <sup>(1)</sup>                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\text{Al}^{3+}$                                                     | $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ |                                                                                                                                                                                                                   |
| < 0,3                                                                | > 2,0                             | Não aplicar calcário, exceto para culturas mais exigentes, se $\text{Ca} + \text{Mg} < 3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$                                                                                        |
| < 0,3                                                                | < 3,0                             | $3 - \text{cmol}_c (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ dm}^{-3}$ (para culturas mais exigentes)                                                                                                              |
| < 0,3                                                                | < 2,0                             | $2 - \text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \text{ dm}^{-3}$                                                                                                                              |
| > = 0,3                                                              | > 2,0                             | $\text{cmol}_c \text{ Al}^{3+} \text{ dm}^{-3} \times \text{fator de calagem}$                                                                                                                                    |
| > = 0,3                                                              | > 3,0                             | $\text{cmol}_c \text{ Al}^{3+} \text{ dm}^{-3} \times \text{fator de calagem}$ (para culturas mais exigentes)                                                                                                     |
| > = 0,3                                                              | < 2,0                             | $\text{cmol}_c \text{ Al}^{3+} \text{ dm}^{-3} \times \text{fator de calagem}$<br>ou $2 - \text{cmol}_c (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ dm}^{-3}$ (usar o valor mais alto)                               |
| > = 0,3                                                              | < 3,0                             | Para culturas mais exigentes: $3 - \text{cmol}_c (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ dm}^{-3}$<br>ou $\text{cmol}_c \text{ Al}^{3+} \text{ dm}^{-3} \times \text{fator de calagem}$ (usar o valor mais alto) |

<sup>(1)</sup> t calcário  $\text{ha}^{-1}$  a 20 cm de profundidade.

A quantidade de calcário a ser aplicada é sempre relacionada com o volume de solo, e não apenas com a superfície. Para calcular a necessidade de calagem a ser usada por cova, deve-se calcular o volume

de solo a ser corrigido e usar a quantidade equivalente do calcário comercial. A necessidade de calagem expressa em  $t\ ha^{-1}.20\ cm^{-1}$  pode ser transformada em grama por litro de solo, bastando multiplicar o número referente à necessidade de calagem por 0,5. Não se deve esquecer de coletar as amostras de terra na profundidade da cova.

O fator de calagem mencionado na Tabela 3 como multiplicador do teor de alumínio é de extrema importância: o seu significado está ligado à eficácia da calagem, e não diretamente ao PRNT do calcário. Se o calcário aplicado reagisse exclusivamente com a acidez do solo, o valor desse fator seria igual a 1, indicando 100% de eficácia da calagem. Como, entretanto, há outras reações envolvendo o calcário – além de perdas na sua eficácia relacionadas com uma imperfeita incorporação ao solo, perdas por erosão, entre outras –, é necessária a aplicação de uma quantidade maior do que a teoricamente exigida para a neutralização da acidez. O fator de eficácia da calagem mais frequentemente usado é igual a 2, ou seja, é usado o dobro da quantidade teoricamente necessária. Para condições que exigem melhor eficácia, tais como solos com topografia plana, textura leve a média, equipamentos apropriados e mão de obra qualificada, pode ser usado o fator 1,5, o que representa uma aplicação de 50% a mais do que a quantidade teoricamente necessária. Em outras condições, como as apresentadas por terrenos declivosos, textura pesada, mão de obra mal treinada e incorporação de baixa precisão, é necessário o uso de fator superior a 2, podendo, em casos extremos, chegar a ser usado o fator 3.

Para o cálculo das quantidades necessárias para suprir os teores de cálcio e/ou magnésio, não se adota o uso de fator de eficácia de calagem. Nesse caso, o objetivo é o de complementar os elementos (adubação com Ca e/ou Mg), e as quantidades exigidas pelas culturas são suficientemente atendidas pelas doses assim calculadas.

Em todos os casos, é recomendável, porém não exclusivamente, o uso de calcário dolomítico. O uso continuado de calcários com reduzidos teores de magnésio (abaixo de 6% de MgO) pode levar ao aparecimento de problemas de deficiência magnesiana ao longo dos anos. A decisão para se usar calcário dolomítico pode ser tomada levando-se em consideração o teor inicial de magnésio no solo.

Em solos com elevado teor de matéria orgânica, com o uso do método atual de análise de rotina, os resultados apresentados como valores referentes ao alumínio trocável podem estar superestimados

pela liberação de íons de hidrogênio do complexo de troca. A falta de dados básicos de pesquisa não permite afirmar, genericamente, qual é a contribuição quantitativa dos íons de hidrogênio nesses resultados e, portanto, a sua interpretação deve ser feita cautelosamente.

Nas planilhas de culturas, estão indicadas, quando pertinentes, orientações adicionais para a calagem. Há casos especiais, como o da batata-inglesa, em que a quantidade de calcário a ser usada não pode deixar de considerar o índice pH do solo, por razões de fitossanidade. Em terrenos alagados, a modificação do potencial redox leva ao aumento da quantidade de hidroxilas na solução do solo e, por consequência, ao aumento do pH enquanto permanecer a condição de saturação por água. Tais alterações, conhecidas como “autocalagem”, devem ser consideradas para efeito da adição de calcário. Entretanto, existem variações na magnitude do processo que impedem a generalização de informações a respeito.

Depois de definida a quantidade de calcário a ser usada, verificar a conveniência de parcelar a calagem em anos sucessivos. Não são esperadas respostas economicamente atraentes no ano de sua aplicação para quantidades superiores a  $4 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , e, no caso de valores maiores, aconselha-se fracionar a dose determinada, para a aplicação em 2 ou mais anos.

O calcário deve ser sempre bem incorporado ao solo, na profundidade definida. Para as condições de lavouras em que são feitas aração e gradagem, recomenda-se aplicar uma metade do calcário antes da entrada do arado, e a outra metade antes da gradagem. É importante considerar a lenta reação do calcário no solo e, por isso, deve-se proceder à aplicação do calcário com certa antecedência do plantio. Aconselha-se não proceder às operações de movimentação do solo (aração-gradagem) em terreno com reduzida ou excessiva umidade. Sugere-se proceder à aplicação do calcário antes da incorporação dos restos da cultura, operação esta que deve ser feita logo após a colheita. São grandes as vantagens advindas da adubação orgânica representada pela incorporação dos resíduos da lavoura anterior, e tais vantagens, somadas com a antecedência dada à calagem, traduzem-se em produções mais elevadas no próximo período agrícola. Recomenda-se a consulta aos capítulos 7, 8 e 9 deste manual.

Contrariando a publicidade, não fundamentada, da necessidade de emprego de gesso agrícola como corretivo da acidez do solo, adverte-se que esse produto não tem tal poder. O seu emprego restringe-se ao fornecimento de cálcio e enxofre, sendo excelente produto para essa função, especialmente quando o objetivo é o de elevar o teor de cálcio em profundidade. Cabe lembrar que cálcio não neutraliza acidez: o elemento que cumpre essa função é o carbonato ou o silicato presente nos corretivos da acidez. Sulfato não forma composto insolúvel com hidrogênio ou alumínio nas condições prevalentes na solução do solo, e, assim, não neutraliza a acidez do solo.

### 13.1.4 Nitrogênio

Em razão da dificuldade de avaliar a contribuição da matéria orgânica para a disponibilidade de nitrogênio, e em virtude da variação das condições climáticas, não há, até o momento, critério satisfatório que permita generalizar o uso da análise de amostras de terra, como é feito para outros nutrientes, para se recomendar a adubação nitrogenada. Considerando esses fatores e a importância do nitrogênio no aumento da produtividade das culturas, utilizaram-se, para a recomendação da adubação nitrogenada, os critérios relacionados a seguir:

- Não recomendação do uso de adubação nitrogenada; em seu lugar, fazer a inoculação das sementes para as leguminosas cuja eficácia de fixação biológica está comprovada e podem dispensar a adubação nitrogenada.
- Recomendação de inoculação para o feijoeiro; no entanto, para cultura irrigada, em áreas com possibilidade de alcançar-se alta produtividade, recomenda-se a adubação orgânica ou complementação com N-mineral em cobertura.
- Utilização, para algumas culturas, das informações de pesquisa de campo para o território fluminense.
- Aproveitamento da experiência de técnicos da pesquisa e da assistência técnica, com as diversas culturas.
- Aceitação das modificações propostas pelo técnico local, em razão:
  - 1) Do histórico da área (cultura anterior, intensidade de cultivo na mesma área, manejo anterior, etc.).

- 2) Dos sintomas visuais de carência ou de grande disponibilidade de nitrogênio em razão do teor de matéria orgânica do solo.
- 3) Da recomendação de adubação verde para liberar o agricultor, na pior das hipóteses, de pelo menos parte da adubação nitrogenada mineral, e para usufruir dos grandes benefícios que essa prática proporciona, além de alertar o agricultor para a necessidade de adotar práticas que visem à conservação do solo.
- 4) Da adoção do sistema orgânico de manejo sustentado.

### **13.1.5 Adubação orgânica**

Neste manual, a recomendação de adubação orgânica foi feita para a totalidade das culturas e teve como base de avaliação os seguintes fatores:

- As características das propriedades e do tipo de exploração predominante no estado (pequenas propriedades, mão de obra familiar e exploração diversificada).
- O potencial de resíduos agrícolas e urbanos do estado e o que podem representar esses resíduos orgânicos como fonte de insumos para o aumento e a sustentabilidade da produtividade agrícola.
- Os resultados de pesquisa, que demonstram que a adubação orgânica pode contribuir bastante para melhorar a fertilidade dos solos e, conseqüentemente, para aumentar a produtividade dos solos pobres, para reduzir os custos de produção de muitas culturas e para dar independência parcial ou total ao agricultor com relação ao insumo-fertilizante.
- A necessidade de conscientização de agricultores, extensionistas e pesquisadores sobre o assunto, e de incentivo a obterem o máximo de aproveitamento dos resíduos orgânicos disponíveis localmente.
- As vantagens econômicas e sociais para a região, proporcionadas pelo aproveitamento adequado dos resíduos orgânicos na agricultura.

Com relação às quantidades sugeridas nas planilhas, é oportuno frisar que elas se referem aos materiais com umidade natural ou atual

(em torno de 30% de umidade) com densidade aproximada de  $0,6 \text{ g cm}^{-3}$ , e não seca. As variações das doses em conformidade com os diversos materiais (esterco de curral, compostos, esterco de cama de aves e esterco de aves) foram estabelecidas levando-se em consideração a riqueza em nutrientes e a experiência existente no estado. No entanto, a variabilidade de adubos orgânicos em conformidade com o tipo de adubo, a alimentação do animal e as formas de produção, manipulação e armazenamento, sugere a análise do adubo a ser usado, visando permitir que o técnico local faça as adaptações necessárias das quantidades.

Convém salientar que a eficácia da adubação orgânica depende de alguns fatores, como: qualidade e quantidade; métodos e época de aplicação; custo relativo de sua aplicação; e escolha do adubo orgânico conforme for a disponibilidade local, evitando transporte a grandes distâncias.

Recomendam-se, como imprescindíveis, a leitura e a aplicação dos conceitos abordados nos capítulos 7, 8 e 9.

### **13.1.6 Outras informações**

As recomendações de nutrientes, constantes das planilhas por cultura, permitem, aos usuários, a definição de aquisição dos fertilizantes que melhor atendam às peculiaridades de cada exploração. Para serem aplicadas as quantidades recomendadas, poderão ser usados adubos simples ou fórmulas NPK, cuja composição será dividida pela avaliação dos parâmetros envolvidos, conforme foi explicitado nos capítulos 5 e 12. É pertinente lembrar que pequenas diferenças que não ultrapassem 5 kg de macronutrientes por hectare não apresentam efeitos relevantes na economicidade das culturas.

As recomendações relacionadas com o uso de micronutrientes estão limitadas às culturas para as quais têm sido observadas respostas às aplicações e que figuram nas planilhas correspondentes. Há, atualmente, impossibilidade do uso da análise química de amostras de terra para se estabelecer, antes do plantio, a necessidade da adubação com micronutrientes, pois não existem, no Estado do Rio de Janeiro, curvas de calibração para esses elementos.

Pode-se considerar, contudo, que, em determinadas condições, existem fortes expectativas de respostas aos micronutrientes. Por exemplo, áreas que tenham sido muito utilizadas, terrenos com reduzido

teor de matéria orgânica, ambientes que favoreçam a lixiviação ou a erosão, solos ácidos, calagem excessiva e uso intensivo de fertilizantes concentrados, todas essas condições favorecem a carência de micronutrientes. A avaliação da possível deficiência pode ser feita por meio de análise foliar ou de testes de campo, da seguinte forma: em talhões adequadamente demarcados, fazer as aplicações foliares do micronutriente de cuja deficiência se suspeita, e acompanhar o desenvolvimento da planta, tanto no seu aspecto vegetativo quanto, e em especial, na sua produção (ver Capítulo 3).

Cumpra lembrar de qualquer forma que, se forem seguidas as recomendações apresentadas nas planilhas, principalmente no que se refere ao uso da adubação orgânica, não serão enfrentados problemas com micronutrientes.

Com exceção das bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e dos fungos micorrízicos, o tema da utilização de organismos do solo para a melhoria das condições edáficas não foi incluído neste manual por conta da dificuldade de estender as recomendações para um eficaz uso deles. Deve-se, contudo, destacar que estão sendo ampliadas pesquisas básicas, que permitirão o emprego mais extensivo de organismos, como os fungos micorrízicos, e de microrganismos que apresentam efeitos de solubilização de nutrientes e de promoção de crescimento vegetal. Os fungos micorrízicos, especialmente os vesicular-arbusculares, representam uma alternativa para aumentar a eficiência de absorção de nutrientes, como fósforo, mas ainda perduram dificuldades relacionadas com a sua inoculação no campo. Para as culturas cuja exploração inclui a fase de viveiro, a possibilidade de inoculação é mais viável. Com respeito a minhocas, é necessário o estabelecimento das condições apropriadas para o seu crescimento nos campos de cultivo, o que pode ser obtido com o manejo do ambiente.

A utilização indiscriminada de informações genéricas pode gerar frustrações, com resultados abaixo das expectativas do agricultor; por isso, é conveniente que o interessado procure orientação específica, que poderá ser obtida em instituições de ensino, pesquisa e extensão rural do estado.

Por último, cabe destacar que a opinião dos colaboradores na confecção de cada planilha foi a base para as recomendações delas constantes.

## Capítulo 14

# **Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de Janeiro**

*Adriano Portz  
Alexander Silva de Resende  
Alexandre Jacinto Teixeira  
Antonio Carlos de Souza Abboud  
Carla Andreia da Cunha Martins  
Carlos Augusto Brandão de Carvalho  
Eduardo Lima  
Everaldo Zonta  
João Batista Alves Pereira  
Fabiano de Carvalho Balieiro  
João Carlos de Carvalho Almeida  
Jorge Ferreira de Souza  
José Guilherme Marinho Guerra  
José Ronaldo de Macedo  
José Nestor de Souza  
Luiz Rodrigues Freire  
Marco Antônio da Silva Vasconcelos  
Marco Antonio de Almeida Leal  
Martinho Belo Costa Ferreira  
Mauri Manhães  
Rogério Faulha de Gouvea  
Rubens N. Briançon Busquet  
Silvio Barge Bhering*

Autores das planilhas das culturas da edição original (1988) e desta edição, com respectivas instituições em que atuavam/atuam.

| <b>Cultura</b>                              | <b>Esta edição (Instituição)</b>                                  | <b>Obra original</b>                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Grandes culturas</b>                     |                                                                   |                                                                                                                                                        |
| Amendoim<br>( <i>Arachis hypogaea</i> )     | Eduardo Lima (UFRRJ)<br>Everaldo Zonta (UFRRJ)                    | João Carlos Pereira (Embrapa Agrobiologia) – <i>In memorian</i><br>Gilberto Gastim Pessanha (UFRRJ) –<br><i>In memorian</i>                            |
| Arroz<br>( <i>Oryza sativa</i> )            | Eduardo Lima (UFRRJ)<br>Everaldo Zonta (UFRRJ)                    | Aldo Bezerra de Oliveira (Pesagro-Rio)<br>Marcelo Grandi Teixeira (Pesagro-Rio)                                                                        |
| Café<br>( <i>Coffea arabica</i> )           | Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                    | José Braz Matiello (IBC)<br>Roberto Tozani (UFRRJ)                                                                                                     |
| Cana-de-açúcar<br>( <i>Saccharum</i> spp.)  | Mauri Manhães (UFRRJ-<br>Campus Dr. Leonel<br>Miranda, 2ª edição) | Demétrio Ferreira de Azeredo<br>(UFRRJ – Campus Dr. Leonel<br>Miranda)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)<br>Heroldo Weber (UFRRJ – Campus<br>Dr. Leonel Miranda) |
| Feijão<br>( <i>Phaseolus vulgaris</i> )     | Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                    | Gilberto Gastim Pessanha<br>(UFRRJ)<br>Benedito Fernandes de Souza<br>Filho (Pesagro-Rio)<br>Avílio Antônio Franco (Embrapa<br>Agrobiologia)           |
| Feijão mauá<br>( <i>Vigna unguiculata</i> ) | Eduardo Lima (UFRRJ)<br>Everaldo Zonta (UFRRJ)                    | Fernando Faria Duque (Embrapa/<br>UAPNPBS)<br>Gilberto Gastim Pessanha (UFRRJ/<br>IA-DF)                                                               |
| Mandioca<br>( <i>Manihot esculenta</i> )    | Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                    | A Comissão                                                                                                                                             |
| Milho ( <i>Zea mays</i> )                   | Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                    | Paulo Tavares de Macedo<br>(UFRRJ)<br>Paulo Augusto da Eira (Embrapa<br>Agrobiologia)                                                                  |

Continua...

Continuação.

| Cultura                                                                                                                      | Esta edição (Instituição)                                                                                                                                       | Obra original                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Soja<br>( <i>Glycine max</i> )                                                                                               | Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                                                                                                                  | Fernando Faria Duque (Embrapa Agrobiologia)<br>Gilberto Gastin Pessanha (UFRRJ)                            |
| Sorgo granífero<br>( <i>Sorghum bicolor</i> )                                                                                | Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                                                                                                                  | Helvécio De-Polli (Embrapa Agrobiologia)<br>Fernando Faria Duque (Embrapa Agrobiologia)                    |
| <b>Hortaliças</b>                                                                                                            |                                                                                                                                                                 |                                                                                                            |
| Abóbora<br>( <i>Cucurbita moschata</i> )<br>Abobrinha<br>( <i>Cucurbita pepo</i> )<br>Moranga<br>( <i>Cucurbita maxima</i> ) | José Guilherme Marinho<br>Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio) | Alberto Leandro Pereira (UFRRJ)<br>Luiz Rodrigues Freire (UFRRJ)<br>Nelson M.B. do Amaral Sobrinho (UFRRJ) |
| Alface<br>( <i>Lactuca sativa</i> )                                                                                          | José Guilherme Marinho<br>Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio) | Alberto Leandro Pereira (UFRRJ)<br>Newton Novo Costa Pereira (Emater-Rio)                                  |
| Alho<br>( <i>Allium sativum</i> )                                                                                            | José Guilherme Marinho<br>Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio) | A Comissão                                                                                                 |
| Aspargo<br>( <i>Asparagus officinalis</i> )                                                                                  | A Comissão                                                                                                                                                      | Segundo S. Urquiaga (Embrapa Agrobiologia)                                                                 |
| Batata-doce<br>( <i>Ipomoea batatas</i> )                                                                                    | A Comissão                                                                                                                                                      | A Comissão                                                                                                 |

Continua...

Continuação.

| Cultura                                                         | Esta edição (Instituição)                                                                                                                            | Obra original                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Batata-inglesa<br>( <i>Solanum tuberosum</i> )                  | A Comissão                                                                                                                                           | A Comissão                                                                           |
| Berinjela ( <i>Solanum melogena</i> )                           | José Guilherme Marinho<br>Guerra (Embrapa<br>Agrobiologia)                                                                                           | A Comissão                                                                           |
| Jiló ( <i>Solanum gilo</i> )                                    | José Nestor de Souza<br>(Emater-Rio)                                                                                                                 |                                                                                      |
| Pimentão<br>( <i>Capsicum annuum</i> )                          | Marco Antônio de Almeida<br>Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio)<br>Rogério Faulha de Gouveia<br>(Emater-Rio) |                                                                                      |
| Beterraba<br>( <i>Beta vulgaris</i> )                           | José Guilherme Marinho<br>Guerra (Embrapa<br>Agrobiologia)                                                                                           | A Comissão                                                                           |
| Cenoura<br>( <i>Dactus carota</i> )                             | Marco Antônio de<br>Almeida Leal (Embrapa<br>Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio)                                           |                                                                                      |
| Brócolos ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> )       | José Guilherme Marinho<br>Guerra (Embrapa<br>Agrobiologia)                                                                                           | Alberto Leandro Pereira (UFRRJ)<br>Dejair Lopes de Almeida (Embrapa<br>Agrobiologia) |
| Couve ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> )         | Marco Antônio de<br>Almeida Leal (Embrapa<br>Agrobiologia)                                                                                           | Lúcia Helena Cunha (UFRRJ)                                                           |
| Couve-flor<br>( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> ) | Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio)                                                                                                         |                                                                                      |
| Repolho ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> )       |                                                                                                                                                      |                                                                                      |
| Cebola<br>( <i>Allium cepa</i> )                                | A Comissão                                                                                                                                           | A Comissão                                                                           |

Continua...

## Continuação.

| <b>Cultura</b>                                       | <b>Esta edição (Instituição)</b>                                                                                                                          | <b>Obra original</b>                                                                                     |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Chuchu ( <i>Sechium edule</i> )                      | José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa Ferreira (Emater-Rio) | José Paulo de Souza (Emater-Rio; 1ª edição)<br>Dejair Lopes de Almeida (Embrapa Agrobiologia; 1ª edição) |
| Ervilha-vagem ( <i>Pisum sativum</i> )               | José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa Ferreira (Emater-Rio) | Helvécio De-Polli (Embrapa Agrobiologia)<br>Newton Novo Costa Pereira (Emater-Rio)                       |
| Feijão-de-vagem ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )        | José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa Ferreira (Emater-Rio) | Nilton Rocha Leal (Pesagro-RIO/ EEI, 1ª edição)                                                          |
| Inhame ( <i>Colocasia esculenta</i> )                | A Comissão (2ª edição)                                                                                                                                    | Dejair Lopes de Almeida (Embrapa Agrobiologia)<br>Gilberto Gastim Pessanha (UFRRJ)                       |
| Mandioquinha-salsa ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ) | Adriano Portz (UFF)<br>Carla Andreia da Cunha Martins (UFRRJ)                                                                                             | -                                                                                                        |
| Maxixe ( <i>Cucumis anguria</i> )                    | José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa Ferreira (Emater-Rio) | A Comissão                                                                                               |

Continua...

Continuação.

| <b>Cultura</b>                                 | <b>Esta edição (Instituição)</b>                                                                                                                                                                   | <b>Obra original</b>                                                       |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Melancia ( <i>Citrullus lanatus</i> )          | José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia)                                                                                                                                               | A Comissão                                                                 |
| Melão ( <i>Cucumis melo</i> )                  | Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio)                                                                                               |                                                                            |
| Nabo ( <i>Brassica rapa</i> var. <i>raca</i> ) | José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia)                                                                                                                                               | Alberto Leandro Pereira (UFRRJ)<br>Nelson M. B. do Amaral Sobrinho (UFRRJ) |
| Rabanete ( <i>Raphanus sativus</i> )           | Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio)                                                                                               |                                                                            |
| Pepino ( <i>Cucumis sativus</i> )              | José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio)<br>Rogério Faulha de Gouveia (Emater) | A Comissão                                                                 |
| Pimenta ( <i>Capsicum</i> spp.)                | José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa<br>Ferreira (Emater-Rio)                                       | A Comissão                                                                 |

Continua...

Continuação.

| Cultura                                     | Esta edição (Instituição)                                                                                                                                 | Obra original                                                                                                      |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Quiabo<br>( <i>Abelmoschus esculentus</i> ) | José Guilherme Marinho Guerra (Embrapa Agrobiologia)<br>Marco Antônio de Almeida Leal (Embrapa Agrobiologia)<br>Martinho Belo Costa Ferreira (Emater-Rio) | Dejair Lopes de Almeida (Embrapa Agrobiologia)                                                                     |
| Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.)    | José Ronaldo de Macedo (Embrapa Solos)<br>Rogerio Faulha de Gouveia (Emater-Rio)<br>Silvio Barge Bhering (Embrapa Solos)                                  | A Comissão                                                                                                         |
| <b>Frutíferas</b>                           |                                                                                                                                                           |                                                                                                                    |
| Abacate<br>( <i>Persea</i> spp.)            | Marco Antonio da Silva Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briançon Busquet (UFRRJ)                                                                          | Rubens N. Briançon Busquet (UFRRJ)<br>Lúcia Helena Cunha dos Anjos (UFRRJ)<br>Nelson M. B. Amaral Sobrinho (UFRRJ) |
| Abacaxi ( <i>Anana comosus</i> )            | Marco Antonio da Silva Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briançon Busquet (UFRRJ)                                                                          | Césare A. M. Pace (UFRRJ)<br>Lúcia Helena Cunha dos Anjos (UFRRJ)                                                  |
| Banana<br>( <i>Musa</i> spp.)               | Marco Antonio da Silva Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briançon Busquet (UFRRJ)                                                                          | Rubens N. Briançon Busquet (UFRRJ)<br>Nelson M. B. Amaral Sobrinho (UFRRJ)                                         |
| Caqui ( <i>Diospyros kaky</i> )             | Marco Antonio da Silva Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briançon Busquet (UFRRJ)<br>Alexandre Jacinto Teixeira (Emater-Rio)                               | Lúcia Helena Cunha dos Anjos (UFRRJ)                                                                               |

Continua...

Continuação.

| <b>Cultura</b>                           | <b>Esta edição (Instituição)</b>                                                                                                                                              | <b>Obra original</b>                                                                                           |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cítricas<br>( <i>Citrus</i> spp.)        | Jorge Ferreira de Souza<br>(Emater-Rio)<br>Marco Antonio da Silva<br>Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briçon<br>Busquet (UFRRJ)                                               | Hélio de Oliveira Vasconcelos<br>(Pesagro-Rio)                                                                 |
| Coco<br>( <i>Cocos nucifera</i> )        | João Batista Alves Pereira<br>(Emater-Rio)<br>Marco Antonio da Silva<br>Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briçon<br>Busquet (UFRRJ)<br>Silvio Barge Bhering<br>(Embrapa Solos) | Wollmer Maiolino (MA/DFA-RJ)                                                                                   |
| Figo<br>( <i>Ficus carica</i> )          | Marco Antonio da Silva<br>Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briçon<br>Busquet (UFRRJ)                                                                                          | Lúcia Helena Cunha dos Anjos<br>(UFRRJ)                                                                        |
| Goiaba ( <i>Psidium guajava</i> )        | Marco Antonio da Silva<br>Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briçon<br>Busquet (UFRRJ)                                                                                          | Lúcia Helena Cunha dos Anjos<br>(UFRRJ)                                                                        |
| Maçã ( <i>Malus domestica</i> )          | Marco Antonio da Silva<br>Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briçon<br>Busquet (UFRRJ)                                                                                          | Lúcia Helena Cunha dos Anjos<br>(UFRRJ)                                                                        |
| Mamão<br>( <i>Carica papaya</i> )        | A Comissão                                                                                                                                                                    | Lúcia Helena Cunha (UFRRJ)<br>Nelson M. B. do Amaral Sobrinho<br>(UFRRJ)                                       |
| Manga ( <i>Mangifera indica</i> )        | Marco Antonio da Silva<br>Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briçon<br>Busquet (UFRRJ)                                                                                          | Rubens N. Briçon Busquet<br>(UFRRJ)<br>Lúcia Helena Cunha (UFRRJ)<br>Nelson M. B do Amaral Sobrinho<br>(UFRRJ) |
| Maracujá<br>( <i>Passiflora edulis</i> ) | Marco Antonio da Silva<br>Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Briçon<br>Busquet (UFRRJ)                                                                                          | Césare A. M. Pace (UFRRJ)<br>Lúcia Helena Cunha (UFRRJ)<br>Nelson M. B do Amaral Sobrinho<br>(UFRRJ)           |

Continua...

## Continuação.

| <b>Cultura</b>                                                                               | <b>Esta edição (Instituição)</b>                                                  | <b>Obra original</b>                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Pera ( <i>Pyrus communis</i> )                                                               | Marco Antonio da Silva Vasconcelos (UFRRJ)<br>Rubens N. Brianchon Busquet (UFRRJ) | Lúcia Helena Cunha dos Anjos (UFRRJ) |
| Pêssego ( <i>Prunus persica</i> )<br>Nectarina ( <i>P. persica</i> var. <i>Nucipersica</i> ) | A Comissão (2ª edição)                                                            | Lúcia Helena Cunha (UFRRJ)           |

**Forrageiras**

|                                                                             |                                                                                                                                         |                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capineiras e bancos de proteína                                             | Carlos Augusto Brandão de Carvalho (UFRRJ)<br>João Carlos Carvalho de Almeida (UFRRJ)<br>Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ) | Helvécio De-Polli (Embrapa Agrobiologia)<br>Fernando Faria Duque (Embrapa Agrobiologia)<br>Dejair Lopes de Almeida (Embrapa Agrobiologia) |
| Milho ( <i>Zea mays</i> ) e sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> ) para ensilagem | Carlos Augusto Brandão de Carvalho (UFRRJ)<br>João Carlos Carvalho de Almeida (UFRRJ)<br>Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ) | Helvécio De-Polli (Embrapa Agrobiologia)<br>Fernando Faria Duque (Embrapa Agrobiologia)<br>Dejair Lopes de Almeida (Embrapa Agrobiologia) |
| Pastagens exclusivas e consorciadas                                         | João Batista Rodrigues de Abreu (UFRRJ)<br>Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                                               | Sebastião Manhães Souto (Embrapa Agrobiologia)                                                                                            |

**Ornamentais**

|                                                                               |                                         |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|
| Antúrio ( <i>Anthurium andreaeanum</i> )                                      | A Comissão                              | Ricardo Motta Miranda (UFRRJ) |
| Crisântemo ( <i>Chrysanthemum morifolium</i> e <i>Chrysanthemum indicum</i> ) | Alexandre Jacinto Teixeira (Emater-Rio) | Ricardo Motta Miranda (UFRRJ) |
| Gadíolo ( <i>Gladipus hybrida</i> )                                           | A Comissão                              | Ricardo Motta Miranda (UFRRJ) |

Continua...

Continuação.

| Cultura                                                       | Esta edição (Instituição)                                                                         | Obra original                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Orquídeas                                                     | Antonio Carlos de Souza Abboud (UFRRJ)                                                            | -                                                                                                      |
| Rosa ( <i>Rosa híbrida</i> )                                  | A Comissão                                                                                        | Ricardo Motta Miranda (UFRRJ)                                                                          |
| <b>Florestais</b>                                             |                                                                                                   |                                                                                                        |
| Eucalipto ( <i>Eucalyptus</i> spp.)                           | Fabiano de Carvalho Balieiro (Embrapa Solos)                                                      | Fátima C. M. Pinã-Rodrigues (UFRRJ)<br>José Américo de Mello Filho (UFRR)<br>Sílvia Regina Goi (UFRRJ) |
| Leguminosas arbustivas e arbóreas fixadoras de N <sub>2</sub> | Fabiano de Carvalho Balieiro (Embrapa Solos)<br>Alexander Resende da Silva (Embrapa Agrobiologia) | Sílvia Regina Goi (UFRRJ)<br>Fátima C. M. Pinã-Rodrigues (UFRRJ)                                       |
| Seringueira ( <i>Hevea brasiliensis</i> )                     | -                                                                                                 | Anésio Baliane (Emater-Rio)                                                                            |
| Urucu ( <i>Bixa orellana</i> )                                | -                                                                                                 | Anésio Baliane (Emater-Rio)                                                                            |
| <b>Oleaginosas</b>                                            |                                                                                                   |                                                                                                        |
| Mamona ( <i>Ricinus communis</i> )                            | Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                                                    | -                                                                                                      |
| Girassol ( <i>Helianthus annuus</i> )                         | Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                                                    | -                                                                                                      |
| Pinhão manso ( <i>Jatropha curcas</i> )                       | Everaldo Zonta (UFRRJ)<br>Eduardo Lima (UFRRJ)                                                    | -                                                                                                      |

## 14.1 Grandes culturas

### 14.1.1 Amendoim (*Arachis hypogaea*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Em solos muito argilosos e sujeitos a encharcamentos (mal drenados), deve-se evitar o plantio do amendoim. A ocorrência de murcha-bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*) na área inviabiliza o plantio, principalmente para a produção de sementes. Recomenda-se a rotação com outras culturas para evitar graves problemas fitossanitários. Não é recomendada a incorporação de restos culturais do amendoizeiro infestado com doenças.

**Produtividade esperada.** Para o Estado do Rio de Janeiro pode-se esperar de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> a 2.500 kg ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** De 0,60 m a 0,70 m entre fileiras, com 10 a 12 sementes por metro linear de sulco.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou elevar o nível de cálcio e de magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Inoculação das sementes.** Apesar de ser elevada a exigência nutricional nitrogenada, a fixação simbiótica do nitrogênio supre as necessidades da planta, dispensando a aplicação desse nutriente. As sementes dessas plantas devem ser inoculadas com as bactérias específicas, conforme descrito no Capítulo 8.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas abaixo (Tabela 1), de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para a aplicação no plantio e em cobertura.

**Nota:** a cultura do amendoim dá boa resposta ao efeito residual da adubação da cultura anterior.

**Tabela 1.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para amendoim.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                         | 0–45                                | 40                                       |
| 11–20                               | 40                                         | 46–90                               | 20                                       |
| 21–30                               | 20                                         | > 90                                | 0                                        |
| > 30                                | 0                                          |                                     |                                          |

### 14.1.2 Arroz (*Oryza sativa*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Os solos mais utilizados para a cultura do arroz no estado são os argilosos, situados em várzeas úmidas, que poderão ser, ou não, sistematizados.

Para áreas de condições mais rústicas, são recomendadas as cultivares dos grupos das tradicionais. Para lavouras em que se execute um bom manejo da cultura, poderão ser utilizadas as cultivares do grupo moderno.

**Produtividade esperada.** Com a tecnologia aqui indicada, produções acima de 5.000 kg ha<sup>-1</sup> podem ser obtidas, sem considerar a possibilidade de utilização da soca.

**Espaçamento.** Existem dois tipos de semeadura no cultivo do arroz:

- Semeadura direta, que poderá ser manual ou mecanizada. A semeadura manual pode ser realizada em covas ou linhas, adotando-se espaçamento de 0,30 m entre linhas e 0,20 m

entre covas para as cultivares tradicionais e 0,30 m e/ou 0,20 m entre linhas para as cultivares recentemente recomendadas pela pesquisa, mantendo-se nesse caso o mesmo espaçamento entre covas; menores espaçamentos poderão ser utilizados se prevista a utilização de herbicidas; para materiais com boa capacidade de perfilhamento, deve ser utilizada a densidade de 5 a 8 sementes/cova, e, para as cultivares modernas, a de 8 a 12 sementes/cova. Para a semeadura mecanizada, deve-se utilizar a densidade de 90 a 100 sementes aptas por metro linear de sulco.

- b) Semeadura por transplântio de mudas. Para o plantio de 1 ha de lavoura comercial é preciso preparar um viveiro de 200 m<sup>2</sup>; a densidade de semeadura deve ser de 400 g m<sup>-2</sup> de viveiro; o transplântio para o local definitivo deverá ocorrer aos 30 a 40 dias após a semeadura, dependendo do desenvolvimento da planta. Mudanças com idade superior a essa têm acarretado a redução da produção de grãos. Os espaçamentos devem ser os mesmos mencionados para a semeadura direta.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e de magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 2, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo e o potássio devem ser aplicados todo no plantio.

**Tabela 2.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para arroz.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                                              | 0–45                                | 60                                                 |
| 11–20                               | 60                                                              | 46–90                               | 30                                                 |
| 21–30                               | 20                                                              | > 90                                | 0                                                  |
| > 30                                | 0                                                               |                                     |                                                    |

O nitrogênio deve ser aplicado na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Se irrigado por inundação, usar exclusivamente adubos nitrogenados amoniacaais para minimizar a desnitrificação.

**Parcelamento do N.** Devem ser feitas duas aplicações: a primeira, de 20 kg ha<sup>-1</sup>, no plantio; e a segunda, de 40 kg ha<sup>-1</sup>, no início da formação do primórdio floral (em geral, de 70 a 80 dias após a germinação), para as cultivares modernas ou melhoradas. Para as cultivares tradicionais, reduzir as quantidades à metade. Em plantios efetuados em várzeas férteis, tanto para as cultivares tradicionais quanto para as melhoradas, aplicar a dose de N em cobertura apenas se forem observados sintomas de deficiência desse nutriente.

Em lavouras irrigadas, a adubação de cobertura deverá ser realizada após a diminuição da lâmina d'água, evitando-se o movimento de água circulante nos tabuleiros imediatamente após a adubação, o que poderá ocasionar a lavagem dos adubos aplicados.

#### Notas:

1) Em solos inundados, pode ser desnecessária a correção da acidez trocável, em virtude da alteração do potencial redox da solução do solo.

2) Para a produção de soca, devem ser observadas as seguintes orientações: efetuar a semeadura até o final de outubro; realizar o corte para a colheita na altura de 15 cm a 25 cm; após a colheita, aplicar 40 kg de N ha<sup>-1</sup> e deixar o solo saturado de água até a brotação dos colmos. Após a rebrota, manter uma fina lâmina d'água nas quadras até a fase inicial da maturação. O ciclo da soca é de aproximadamente 65 a 70 dias. Produções de 40% a 60% das alcançadas na primeira colheita têm sido obtidas. Para a produção de soca, usar somente cultivares melhoradas, pois, em estudos realizados no estado, as cultivares tradicionais têm apresentado baixas produções nesse sistema.

3) Após a colheita do arroz, manter no campo uma grande quantidade de matéria seca, que pode ser aproveitada na alimentação do gado. A digestibilidade desse material pode ser aumentada quando tratado adequadamente. Mais informações podem ser obtidas na Estação Experimental de Campos/Pesagro-Rio.

### 14.1.3 Café (*Coffea arabica*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Escolher áreas que estejam dentro do Zoneamento Agroclimático para a cafeicultura. Evitar locais com infestação de nematódeos, cigarras e pragas do sistema radicular; para tanto, observar as lavouras velhas porventura existentes em áreas próximas. Glebas com cafezais velhos podem ser utilizadas, desde que não se constatem esses problemas. Em terrenos declivosos, usar, de preferência, faces pouco expostas a ventos frios, evitando-se a face sul e a sudeste. Em regiões quentes (de café robusta), dar preferência para encostas de exposição que recebam pouco sol.

Evitar solos encharcados, de difícil drenagem, ou com impedimentos físicos (adensamento, pedras, camada de cascalho, solos rasos).

**Produtividade esperada.** De 40 a 60 sacas (60 kg) de café beneficiado ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Deve-se considerar o aspecto de bialidade do cafeeiro, em que anos de elevada produção se alternam com anos de baixa produção.

**Espaçamento.** Na escolha do espaçamento, em cada propriedade deve-se observar: a topografia, a cultivar a utilizar, o tamanho da lavoura e a condução ou manejo da cultura, quanto à adoção ou não de podas.

Para livre crescimento, em terrenos declivosos (caso mais frequente no Rio de Janeiro), recomendam-se 3,50 m x 0,50 m a 1,00 m para a cultivar Mundo Novo, e 2,50 m a 3,00 m x 0,80 m a 1,00 m para a cultivar Catuaí vermelha ou amarela.

Para plantios adensados, com podas programadas a partir do quinto ou sexto ano: 2,00 m x 0,50 m a 1,00 m para a cultivar Mundo Novo, e 1,75 m x 0,80 m a 1,00 m para a cultivar Catuaí vermelha ou amarela.

Em ambos os casos, usar uma muda por cova.

**Calagem.** Na formação da lavoura, incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem), se o teor de alumínio for superior a 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, e/ou elevar o nível de cálcio e de magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente

60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Em áreas não mecanizáveis, aplicar nas covas, depois de reduzir, proporcionalmente, a quantidade, de acordo com a área e a profundidade da cova. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico.

Na lavoura em produção, a calagem é feita pós-colheita e com base na análise de terra, sendo o calcário incorporado na área total, a pelo menos 10 cm de profundidade, com a esparramação do cisco e as capinas subsequentes. Em áreas não mecanizáveis, aplicar na projeção da cova. Em ambos os casos, deve-se efetuar a redução proporcional da quantidade de acordo com a área e a profundidade de incorporação. Os critérios para definir a necessidade de calagem são os mesmos usados na formação da lavoura.

A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

Na formação da lavoura, aplicar, na cova de plantio, esterco de curral ou composto ou esterco de cama de ave. É interessante o aproveitamento de palha de café para a confecção do composto. Na lavoura em produção, aplicar na projeção da copa do cafeeiro, na época de pós-colheita (no terceiro ou quarto ano), a mesma quantidade aplicada na cova de plantio.

**Adubação mineral** (complementar à adubação orgânica). Na formação da lavoura, efetuar apenas a adubação fosfatada, aplicando na cova de plantio a dose de  $\text{P}_2\text{O}_5$  recomendada na Tabela 3, com base no resultado da análise de terra. Podem ser usadas uma das duas fontes, solúvel ou fosfato de rocha (teor total), ou duas fontes simultaneamente; neste último caso, utilizando-se de 30% a 50% da dose como fonte solúvel, e complementando com 70% a 50%, respectivamente, de fosfato de rocha.

**Tabela 3.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para café.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose (g cova <sup>-1</sup> ) |                  | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose (g cova <sup>-1</sup> ) |        |        |
|-------------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------|--------|
|                                     | Fonte solúvel                | Fosfato de rocha |                                     | 1º ano                       | 2º ano | 3º ano |
| 0–20                                | 30                           | 80               | 0–45                                | 20                           | 60     | 80     |
| > 20                                | 15                           | 40               | 46–90                               | 10                           | 30     | 40     |
|                                     |                              |                  | > 90                                | 0                            | 0      | 0      |

**Adubação do primeiro ano:** aplicar, por cova, 10 g de N e a dose de K<sub>2</sub>O recomendada, com base na análise de terra. A aplicação deve ser feita no período das chuvas (de setembro a abril), parcelada a dose total de N em três (a intervalos de 70 dias) ou quatro vezes (a intervalos de 50 dias), e a do potássio em duas vezes, junto com a primeira e a terceira do nitrogênio.

**Adubação do segundo ano:** aplicar, por cova, 40 g de N e a dose de K<sub>2</sub>O recomendada com base no resultado da análise de terra. Parcelar a dose total em três ou quatro vezes, no período das chuvas, no qual ocorre, também, a granação dos frutos.

**Adubação do terceiro e quarto anos:** aplicar, por cova, 80 g de N e a dose de K<sub>2</sub>O recomendada com base no resultado da análise de terra. Parcelar a dose total em três ou quatro vezes, no mesmo período dos anos anteriores: nessa época (após a primeira produção), deve-se efetuar uma nova análise de terra para verificar a necessidade ou não de calagem e a adubação de produção.

**Adubação de produção.** Levando em consideração a produtividade (Tabela 4) esperada e a análise de terra efetuada (Tabela 5) após a primeira produção, pode-se definir um esquema de adubação.

**Tabela 4.** Níveis de produtividade.

| Padrão de produtividade<br>média potencial <sup>(1)</sup> | Dose (g cova <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |                               |                  |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                                           | N                                              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 10                                                        | 90                                             | 20                            | 90               |
| 20                                                        | 120                                            | 30                            | 120              |
| 30                                                        | 150                                            | 40                            | 150              |

<sup>(1)</sup>Sacas de 60 kg beneficiadas.1.000 covas<sup>-1</sup>.

**Tabela 5.** Doses em conformidade com a análise de terra.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose a aplicar | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose a aplicar |
|-------------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|
| Até 5                               | Total          | Até 45                              | Total          |
| De 6 a 10                           | 1/2            | De 46 a 90                          | 2/3            |
| > 10                                | Dispensa       | > 90                                | Dispensa       |

Verificado o nível de produtividade, aplicar a dose de N indicada e calcular as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em conformidade com os resultados obtidos na análise de terra.

As doses recomendadas devem ser aplicadas no caso de lavouras com espaçamentos correspondentes a até 3.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Para plantios bem adensados (podas sistemáticas), a quantidade por cova pode ser reduzida em cerca de 2/3 dessas doses.

A aplicação dos adubos deve ser feita de forma parcelada, no período de setembro a abril. A dose total de N deve ser dividida em três ou quatro; e a de K, em duas ou três. O adubo fosfatado deve ser aplicado de uma só vez, junto com a primeira dose de N e K. Se for utilizada a fórmula completa, a aplicação desses nutrientes será feita, simultaneamente, em três ou quatro aplicações, no período de outubro a abril.

### Notas:

1) A calagem na lavoura em produção, quando necessária, deverá ser feita antes da adubação mineral.

2) A aplicação dos adubos minerais, a partir do primeiro ano, deve ser feita na projeção da copa do cafeeiro.

3) A aplicação de micronutrientes deve ser feita por pulverização foliar, caso sejam observados sintomas de deficiência. O zinco pode ser aplicado na forma de sulfato, na concentração de 0,6%; e o boro, como ácido bórico, a 0,3%. O cobre, normalmente, pode ser suprido pela aplicação de fungicidas cúpricos usados para a prevenção da ferrugem.

4) As recomendações de calagem e adubação podem ser também usadas para o café robusta.

5) Novas análises de terra devem ser feitas em intervalos de 3 anos, após a primeira colheita.

### 14.1.4 Cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** No Estado do Rio de Janeiro, o cultivo da cana-de-açúcar é um dos mais tradicionais e desenvolve-se particularmente na Região Norte Fluminense, abrangendo uma área de cerca de 200.000 ha. Essa região apresenta solos desenvolvidos de material do Cristalino, do Terciário e do Quaternário. Os solos do Quaternário são conhecidos, em relação ao relevo, como solos de baixada; os do Terciário, como solos de tabuleiro; e os do Cristalino, como solos de morro.

**Produtividade esperada.** De 60 t ha<sup>-1</sup> a 80 t ha<sup>-1</sup> por corte, em média, durante quatro cortes, em cultivo sem irrigação.

**Espaçamento.** Para as condições de cultivo no estado, o espaçamento comumente utilizado é o de 1,40 m.

**Calagem.** De maneira geral, a cana-de-açúcar mostra-se relativamente tolerante ao alumínio tóxico do solo e não muito exigente em cálcio e magnésio. Em face das características da cultura, bem como das particularidades observadas nos solos do Quaternário no norte fluminense, onde, muitas vezes, verificam-se altos teores de Al, Ca e Mg, preconiza-se o emprego de calcário para a cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro, nas condições abaixo indicadas (Tabelas 6 e 7).

**Tabela 6.** Teores de Al, Ca e Mg e correspondentes recomendações de calagem para os vários teores desses cátions.

| Condições <sup>(1)</sup> | Teor (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |                  |                  |
|--------------------------|--------------------------------------------|------------------|------------------|
|                          | Ca <sup>+2</sup>                           | Mg <sup>+2</sup> | Al <sup>+3</sup> |
| a                        | > 0,8                                      | > 0,6            | < 1,5            |
| b                        | < 0,8                                      | < 0,6            | < 1,5            |
| c                        | < 0,8                                      | < 0,6            | > 1,5            |
| d                        | > 0,8                                      | > 0,6            | > 1,5            |

<sup>(1)</sup>a) não aplicar calcário; b) considerar a soma de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, e utilizá-la na equação 1,4 - (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>); se a necessidade de calcário for inferior a 600 kg ha<sup>-1</sup>, a aplicação poderá ser feita no sulco de plantio, cobrindo-se com um pouco de terra para evitar contato direto com fertilizantes; c e d) considerar a relação Al<sup>+3</sup> x 100 / Al<sup>+3</sup> + Ca<sup>+2</sup> + Mg<sup>+2</sup>, na forma da Tabela 7.

**Tabela 7.** Saturação de alumínio no solo.

| Relação (%) | Dose (Mg calcário ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------|--------------------------------------|
| 50–60       | 2                                    |
| 61–80       | 3                                    |
| > 80        | 4                                    |

No caso da aplicação do calcário em área total, a época mais indicada é aquela em que se faz o preparo do solo para o plantio. Em topografia acidentada, o calcário pode ser aplicado no sulco de plantio, devendo o cálculo considerar a área do sulco.

Em canavial já instalado, é viável a aplicação de calcário após o corte da cana, seguida de incorporação superficial. Recalcular a quantidade de acordo com a profundidade de incorporação.

Quando a quantidade de calcário a ser usada for superior a 4,0 t ha<sup>-1</sup>, sugere-se o parcelamento da calagem, com nova aplicação após o quarto ou quinto corte, recomendando-se, no entanto, nova coleta de amostras de terra da área antes do processamento dessa prática. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

Pode-se recorrer também ao emprego dos subprodutos orgânicos derivados do processo de industrialização da cana, tais como vinhaça, torta de filtro, cinzas e bagaço.

A vinhaça é aplicada por sulco de infiltração, por aspersão e com veículos-tanque. A quantidade de vinhaça a ser aplicada deve considerar a necessidade de potássio, a concentração desse elemento no resíduo e o risco de salinização do solo. Para os solos de baixada, são recomendadas doses de vinhaça que forneçam até cerca de 400 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, enquanto, para solos de tabuleiro, arenosos e profundos, a indicação de doses de K<sub>2</sub>O por intermédio da vinhaça pode ser ampliada para cerca de 600 kg ha<sup>-1</sup>.

A torta de filtro, cuja produção se situa em torno de 40 kg t<sup>-1</sup> de cana esmagada, pode ser aplicada em área total, em quantidade elevada, e, preferencialmente, no sulco de plantio, à base de 10 t a 15 t de torta seca.ha<sup>-1</sup>, ou cerca de 30 t de torta úmida.ha<sup>-1</sup>.

O bagaço, por ser material pobre em elementos minerais, é recomendado após sua compostagem em misturas, principalmente com torta de filtro, na proporção, em peso, de 1:1, podendo, entretanto, ser utilizado como cobertura morta, com vista à manutenção da umidade do solo. As doses de composto para aplicação em área total podem variar de 70 t ha<sup>-1</sup> a 120 t ha<sup>-1</sup> e de 20 t ha<sup>-1</sup> a 30 t ha<sup>-1</sup> para aplicação no sulco.Outra prática recomendável é o corte da cana crua, pois, além do fornecimento de material orgânico, os restos da cultura ajudam a controlar as plantas invasoras e a conservar a umidade do solo. Outra grande vantagem do corte da cana crua é que essa prática fornece o material orgânico no próprio local de utilização.

## **Adubação mineral**

### **Cana-planta**

Nitrogênio: em solo de tabuleiro e morro, não têm sido obtidas respostas à adubação nitrogenada. Em solos de baixada, especificamente nos Cambissolos, são recomendadas as doses abaixo (Tabela 8), em virtude da relação w/t (w = preço da tonelada de cana na esteira e t = custo do quilograma do nutriente).

**Tabela 8.** Recomendação de nitrogênio para Cambissolos.

| <b>Relação (w/t)</b> | <b>Dose (kg de N ha<sup>-1</sup>)</b> |
|----------------------|---------------------------------------|
| 12                   | 60                                    |
| 18                   | 80                                    |
| 24                   | 100                                   |

A aplicação deve ser feita no plantio, em uma só dose, ou em cobertura até o quarto mês, desde que não tenha sido possível a aplicação no plantio.

Fósforo: as doses recomendadas, calculadas de acordo com o teor de fósforo no solo e com a relação w/t de 14, encontram-se na Tabela 9. É importante lembrar que o extrator usado para a obtenção da curva de

calibração de fósforo é o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 N, mais forte do que o de Carolina do Norte ( $\text{HCl}$  0,50 N e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025 N), utilizado para outras culturas.

**Tabela 9.** Recomendação de fósforo (para w/t = 14) para vários grupos de solo.

| Teor de P <sup>(1)</sup><br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose (kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> ) |       |         |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------|---------|
|                                                    | Tabuleiro <sup>(2)</sup>                                     | Morro | Baixada |
| < 14                                               | 70                                                           | 140   | 90      |
| 14–28                                              | 60                                                           | 120   | 70      |
| 29–42                                              | 45                                                           | 90    | 50      |
| 43–56                                              | 0                                                            | 60    | 0       |
| > 56                                               | 0                                                            | 0     | 0       |

<sup>(1)</sup> Extrator  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 N.

<sup>(2)</sup> As indicações preconizadas são para condições de sequeiro. Em áreas de tabuleiro irrigadas, utilizar as doses indicadas para as áreas de morro.

O adubo fosfatado deve ser aplicado numa única dose, no sulco de plantio, devendo ser considerado como referência o  $\text{P}_2\text{O}_5$  solúvel em ácido cítrico contido no fertilizante.

Potássio: as doses recomendadas, de acordo com o teor de potássio no solo, encontram-se na Tabela 10. O K, tal como o P, é extraído do solo com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 N.

**Nota:** O adubo potássico deve ser aplicado numa única dose, no sulco de plantio.

**Tabela 10.** Recomendação de potássio (para w/t = 20) para vários grupos de solo.

| Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Doses (kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> ) |         |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------|---------|
|                                     | Tabuleiro e morro                                | Baixada |
| < 40                                | 70                                               | 60      |
| 41–80                               | 60                                               | 50      |
| 81–120                              | 45                                               | 40      |
| 121–160                             | 30                                               | 30      |
| > 160                               | 0                                                | 0       |

## Cana-soca

Nitrogênio: a soca da cana tem mostrado resposta à aplicação de adubos nitrogenados em vários tipos de solo e de forma mais consistente que as observadas em cana-planta. As doses recomendadas encontram-se na Tabela 11.

A aplicação deve ser realizada logo após a colheita, desde que as condições de umidade a permitam.

Em áreas colhidas com cana sem queimar a palhada (cana crua), as aplicações de N nos primeiros 3 anos deve ser de, no mínimo, 100 kg de N ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 11.** Recomendação de nitrogênio para socas de cana-de-açúcar.

| Relação (w/t) | Dose (kg de N ha <sup>-1</sup> ) |
|---------------|----------------------------------|
| 12            | 80                               |
| 18            | 100                              |
| 24            | 120                              |

Fósforo: não tem sido obtida resposta economicamente significativa à adubação fosfatada. No entanto, se a análise de terra revelar a necessidade, deverá ser seguida a recomendação definida acima, desde que não tenha sido efetuada adubação fosfatada no plantio. Se a adubação foi feita no plantio, a utilização de doses correspondentes a cerca de  $\frac{1}{3}$  das apresentadas na tabela atendem às necessidades da cana-soca.

Potássio: a recomendação é a mesma definida na tabela supracitada, devendo ser aplicada em uma única dose, juntamente com o adubo nitrogenado, após a colheita da cana.

### Notas:

1) Entre os micronutrientes, o cobre e o zinco têm sido os mais limitantes à produção. Para corrigir deficiências desses elementos, basta aplicar doses de 20 kg a 40 kg de sulfato de cobre pentaidratado (25% de Cu)ha<sup>-1</sup> e de 20 kg a 30 kg de sulfato de zinco heptaidratado (28% de Zn)ha<sup>-1</sup>; outros produtos podem ser usados em doses proporcionais de acordo com suas concentrações de Cu e Zn. Se houver deficiência de boro, a correção poderá ser feita com a aplicação de 20 kg a 30 kg de bórax (11% de B)ha<sup>-1</sup> no solo.

2) *Os solos de tabuleiro, por apresentarem horizontes coesos, devem ser manejados de forma a evitar problemas de compactação que afetem o desenvolvimento do sistema radicular. O mesmo cuidado deve ser tomado em áreas de baixada que apresentem horizontes com estrutura maciça próximo da superfície.*

#### 14.1.5 Feijão (*Phaseolus vulgaris*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Evitar o plantio de feijão em áreas próximas das cultivadas com soja, em virtude da alta população da mosca-branca transmissora do vírus-do-mosaico-dourado, e em áreas próximas às cultivadas com feijão-de-porco, por conta da transmissão do vírus-do-mosaico-comum, a menos que se utilize uma cultivar resistente. Além disso, fazer rotação de culturas com não leguminosas sempre que ocorrerem altas infestações de podridões radiculares e doenças fúngicas ou bacterianas na parte aérea das plantas. Evitar o enterrio de restos culturais do feijoeiro infestado por doenças.

**Produtividade esperada.** Até 1.300 kg ha<sup>-1</sup>, quando só for usada a inoculação de sementes com microrganismos específicos para todos os tipos de cultivar e para as cultivares precoces e de porte determinado (tipo I), mesmo com 20 kg a 40 kg de N ha<sup>-1</sup>. E acima de 1.300 kg ha<sup>-1</sup>, se for feita inoculação de sementes com microrganismos específicos mais adubação complementar com nitrogênio, nos demais tipos de cultivar.

**Espaçamento.** De 0,50 m a 0,60 m entre fileiras, com 12 a 15 sementes por metro linear de sulco. Em solos muito férteis e com alto teor de matéria orgânica; e, para as cultivares dos tipos III e IV de crescimento indeterminado, recomenda-se diminuir a população de plantas.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida conforme for a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Inoculação das sementes.** Para níveis de produtividade mais altos, além da inoculação das sementes, recomenda-se a aplicação de nitrogênio de 25 a 30 dias após emergência das plantas, em quantidade a ser determinada pelo desenvolvimento da cultura, pela expectativa de produção e pela economicidade, podendo variar de 20 kg a 60 kg de N ha<sup>-1</sup>. As sementes dessas plantas devem ser inoculadas com as bactérias específicas, conforme descrito no Capítulo 8.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 12, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura (uma ou duas vezes).

**Tabela 12.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para feijão.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 90                                                              | 0–45                                | 40                                                 |
| 11–20                               | 60                                                              | 46–90                               | 20                                                 |
| 21–30                               | 30                                                              | > 90                                | 0                                                  |
| > 30                                | 0                                                               |                                     |                                                    |

**Notas:**

1) Em vários solos do Estado do Rio de Janeiro, tem sido observada a resposta de feijoeiro à adubação de molibdênio, com a inoculação e a adubação NPK (a deficiência pode ser corrigida aplicando-se uma dose de 20 g de Mo revestindo a semente, formando um pélete) (ver Capítulo 8).

### 14.1.6 Feijão-mauá (*Vigna unguiculata*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Também conhecido como feijão-macáçar, feijão-de-corda, feijão-caupi, feijão-fradinho, feijão-mauá, etc. Esse feijão tolera bem todos os tipos de solo, mesmo os pobres e/ou degradados, devendo-se, porém, evitar aqueles de fácil encharcamento.

Em relação ao clima, não existem muitas limitações. O feijão-macáçar suporta melhor as altas temperaturas do que o feijão-comum plantado no período “das águas”. Em temperaturas frias e em condições de baixa umidade do ar pode ocorrer o aparecimento de míldio-pulverulento (*Erysiphe polygoni*) em determinadas cultivares.

No Estado do Rio de Janeiro, as culturas do feijão-fradinho e do feijão-mauá são consideradas, erroneamente, como espécies.

**Produtividade esperada.** De cultivares eretas (de araque ou moita) são esperados de 800 kg a 1.500 kg de grãos ha<sup>-1</sup>. De cultivares ramadoras (prostadas ou de metro), de 1.200 kg a 2.500 kg de grãos ha<sup>-1</sup>. De cultivares ramadoras, quando usadas como adubo verde: de 10.000 kg a 25.000 kg de massa verde ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Para cultivares eretas, é indicado o seguinte espaçamento: de 0,50 m a 0,60 m entre fileiras, com 15 plantas por metro linear; para cultivares ramadoras: 1,00 m entre fileiras, com 0,50 m entre covas e duas plantas por cova.

Deve-se considerar, na escolha do espaçamento e da cultivar, o sistema de plantio: associado, em espaldeira, para a produção de grãos ou de vagem verdolenga.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Inoculação das sementes.** As sementes dessas plantas devem ser inoculadas com as bactérias específicas, conforme descrito no Capítulo 8.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. Os restos culturais do feijão-macáçar são utilizados como adubo verde para a cultura subsequente.

**Adubação mineral.** A cultura do feijão-macáçar pode aproveitar a adubação residual da cultura anterior ou utilizar a adubação da cultura principal quando plantada em associação. Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 13, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura (uma vez).

**Tabela 13.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para feijão-mauá.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–5                                 | 60                                         | 0–45                                | 40                                       |
| 5–10                                | 30                                         | > 45                                | 0                                        |
| > 10                                | 0                                          |                                     |                                          |

**Notas:**

1) Em vários solos do Estado do Rio de Janeiro tem sido observada a resposta à adubação de molibdênio, com a inoculação e adubação NPK. Essa deficiência pode ser corrigida aplicando-se a dose de 20 g de Mo em revestimento da semente (pélete) (ver Capítulo 8).

2) Não se deve usar adubação nitrogenada. O feijão-macáçar apresenta uma relação simbiótica eficiente com a população autóctone (nativa) de rizóbio, capaz de atender à demanda por nitrogênio. Entretanto, para garantir a fixação biológica do  $N_2$ , devem-se inocular as sementes com inoculantes formados de estirpes selecionadas (ver Capítulo 8).

### 14.1.7 Mandioca (*Manihot esculenta*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Evitar solo de textura argilosa e/ou sujeito a encharcamento. A cultura é relativamente eficiente no aproveitamento de baixos teores de nutrientes no solo, fato associado, provavelmente, à formação de micorrizas.

**Produtividade esperada.** Mandioca de mesa (de 8 a 12 meses): de 10 t ha<sup>-1</sup> a 15 t ha<sup>-1</sup>. Mandioca industrial (de 16 a 24 meses): de 20 t ha<sup>-1</sup> a 30 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Mandioca de mesa e mandioca industrial: 1,00 m entre fileiras e 0,50 m entre covas. Em solos mais férteis, usar espaçamento de 1,20 m x 0,60 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos. Podem ser utilizadas variações, em cova ou em faixa, na forma de aplicação do calcário, conforme for o sistema de manejo. As doses, nesses casos, devem ser recalculadas.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente o de adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 14, de acordo com os resultados da análise de terra. Dependendo do teor de matéria orgânica do solo e do desenvolvimento das plantas, pode-se dispensar a aplicação de nitrogênio no plantio. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura.

**Tabela 14.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para mandioca.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–5                                 | 60                                                 | 0–45                                | 40                                                 |
| 5–10                                | 30                                                 | > 45                                | 0                                                  |
| > 10                                | 0                                                  |                                     |                                                    |

Nota: aplicar, ainda, 20 kg de N ha<sup>-1</sup>.

**Notas:**

1) Dependendo do aspecto e do desenvolvimento da planta, é dispensável a aplicação de nitrogênio. Se for necessário, o N deverá ser aplicado 2 meses após o plantio.

2) O K deve ser parcelado: uma metade na época da adubação nitrogenada, e a outra metade aos 120 dias.

3) Em sucessão à cultura adubada, não é necessária a adubação da mandioca.

**14.1.8 Milho (*Zea mays*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A cultura pode ser explorada em solos dos mais variados tipos, desde que eles não apresentem problemas de drenagem deficiente. Em experimentos realizados no Estado do Rio de Janeiro, as cultivares híbridas e sintéticas responderam bem às adubações com nitrogênio e fósforo, enquanto, para o potássio, as respostas têm sido, de modo geral, baixas, chegando a acarretar, em alguns casos, efeitos depressivos de produção.

**Produtividades esperadas.** De 3.000 kg a 5.000 kg de grãos ha<sup>-1</sup>, quando o milho for plantado em sucessão a leguminosas, em consorciação de leguminosas, ou em áreas recém-desbravadas, ou que receberão adubação orgânica. De 5.000 kg a 8.000 kg de grãos ha<sup>-1</sup>, efetuando-se a calagem do solo, se necessária, e usando adubação mineral exclusiva ou em complemento à adubação orgânica. Para atingir alta produtividade, é fundamental o emprego de sementes melhoradas, com destaque para híbridos.

**Espaçamento.** O espaçamento entre fileiras deve ser de 1 m quando o plantio é realizado em covas. Para produtividades até 3.000 kg de grãos  $\text{ha}^{-1}$ , a densidade da população (números de plantas por hectare) pode ser de 40 mil. Isto é obtido deixando-se duas plantas por cova, em covas espaçadas de 0,50 m. Para plantios mecanizados, recomenda-se espaçamento de 0,80 m a 0,90 m entre linhas e 5 ou 6 plantas por metro linear (população de 60 mil a 70 mil plantas por hectare).

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou elevar nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 15, de acordo com os resultados da análise de terra.

**Tabela 15.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para milho.

| Teor de P<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 80                                                        | 0–45                                 | 40                                                      |
| 11–20                                | 60                                                        | 46–90                                | 20                                                      |
| 21–30                                | 40                                                        | >90                                  | 0                                                       |
| > 30                                 | 20                                                        |                                      |                                                         |

Nota: aplicar, ainda, 80 kg de N  $\text{ha}^{-1}$ .

**Parcelamento.** O nitrogênio e o potássio devem ser aplicados da seguinte maneira: 1/3 da dose no plantio e 2/3 em cobertura, 40 dias após a emergência das plântulas.

**Nota:** a rotação de culturas, principalmente com leguminosas, é indicada, bem como a incorporação de restos vegetais e a adubação verde.

### 14.1.9 Soja (*Glycine max*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A soja adapta-se a quase todos os tipos de solo, com exceção dos encharcados e dos mal drenados.

Não existe limitação em relação ao clima, pois existem cultivares adaptadas a todas as faixas de latitude. Ressalte-se, no entanto, que, para regiões de temperaturas excessivamente altas, os plantios devem ser feitos de acordo com as recomendações dos órgãos de pesquisa locais, visando à ocorrência da floração em época mais apropriada e evitando-se o ataque de percevejos.

Recomenda-se a rotação com outras culturas não leguminosas para maior controle fitossanitário da área e para melhor aproveitamento do nitrogênio fixado.

**Produtividade esperada.** De 2.000 kg ha<sup>-1</sup> a 3.000 kg ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** O plantio deve ser feito no espaçamento de 0,50 m a 0,60 m, entre fileiras com 15 a 25 sementes por metro linear de sulco, dependendo da cultivar.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Inoculação das sementes.** As sementes dessas plantas devem ser inoculadas com as bactérias específicas, conforme descrito no Capítulo 8. A inoculação das sementes é suficiente para suprir, de nitrogênio, as plantas.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas Tabela 16, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura (uma ou duas vezes).

**Tabela 16.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para soja.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                         | 0–45                                | 60                                       |
| 11–20                               | 60                                         | 46–90                               | 40                                       |
| 21–30                               | 30                                         | > 90                                | 0                                        |
| > 30                                | 0                                          |                                     |                                          |

**Notas:**

1) Não se deve usar adubo nitrogenado em soja, pois a inoculação das sementes com inoculante específico é suficiente para o suprimento de N.

2) Se não for utilizado adubo orgânico, aplicar um dos adubos minerais (fosfatados ou potássicos) que contenham enxofre (S).

3) No processo de inoculação das sementes com bactérias, adicionar 50 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de amônio.

### 14.1.10 Sorgo granífero (*Sorghum bicolor*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O sorgo é uma planta relativamente tolerante a solos pobres e a baixa precipitação. Seu cultivo pode ser uma alternativa para a cultura do milho quando as condições de fertilidade do solo forem baixas e a periodicidade de

chuvas for irregular. Indica-se também seu plantio no período de entressafra, em regiões com inverno menos rigoroso.

**Produtividade esperada.** De 2.000 kg ha<sup>-1</sup> a 3.000 kg ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** De 0,70 m entre linhas, com 14 plantas por metro linear.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou elevar nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. Adubo verde plantado no final da cultura de verão e adicionado ao solo (incorporado ou não) antes do próximo plantio de sorgo substitui, parcial ou totalmente, a adubação nitrogenada mineral.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 17,

**Tabela 17.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para sorgo granífero.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 60                                                              | 0–45                                | 40                                                 |
| 11–20                               | 40                                                              | 46–90                               | 20                                                 |
| 21–30                               | 20                                                              | > 90                                | 0                                                  |
| > 30                                | 0                                                               |                                     |                                                    |

de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura (uma ou duas vezes).

Aplicar 20 kg de N ha<sup>-1</sup> no sulco de plantio e 40 de N ha<sup>-1</sup> em cobertura, aos 40 dias após o plantio, para as cultivares de ciclo curto, e aos 60 dias para as de ciclo longo.

## 14.2 Hortalças

### 14.2.1 Abóbora (*Cucurbita moschata*), abobrinha (*Cucurbita pepo*) e moranga (*Cucurbita maxima*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O preparo do terreno para o plantio não deve ser muito intenso, já que a presença de torrões favorece a fixação das ramas, além de diminuir o contato dos frutos com o solo. As abóboras são sensíveis à duração do comprimento do dia. Em locais onde a luz é reduzida, há maior número de flores femininas, resultando em maior quantidade de frutos. A escolha do local de plantio de acordo com a luminosidade (encostas sombreadas) é, então, uma forma de aumentar a produtividade da cultura.

**Produtividade esperada.** Abóbora: de 10 t ha<sup>-1</sup> a 20 t ha<sup>-1</sup>. Abobrinha: de 8 t ha<sup>-1</sup> a 10 t ha<sup>-1</sup>. Moranga: de 8 t ha<sup>-1</sup> a 15 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Para abóbora: 4 m x 4 m, 4 m x 3 m ou 3 m x 3 m, com duas plantas por cova. Para abobrinha: 1,50 x 1 m ou 1 x 1 m, com duas plantas por cova. Para moranga: 2 m x 2 m, com duas plantas por cova.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. Para a cultura, é altamente recomendável o reúso dos restos culturais em qualquer situação, com vista a garantir a ciclagem dos nutrientes e/ou a manter a cobertura do solo.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 18, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. Para a abobrinha, poderão ser aplicados até 60 kg de N  $ha^{-1}$ , e no plantio a quantidade deverá ser de 30 kg  $ha^{-1}$ , aplicados de forma localizada na cova ou em sulco, junto com o fósforo e o potássio. Em cobertura, poderão ser aplicados mais 30 kg de N  $ha^{-1}$ , dependendo do desenvolvimento da cultura. Usar metade da dose de N, P e K reco-

**Tabela 18.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para abóbora, abobrinha e moranga.

| Teor de P<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg $ha^{-1}$ ) | Teor de K<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $K_2O$<br>(kg $ha^{-1}$ ) |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 0–10                         | 80                                  | 0–45                         | 60                                |
| 11–20                        | 60                                  | 46–90                        | 40                                |
| 21–30                        | 30                                  | 91–135                       | 20                                |
| > 30                         | 0                                   | > 135                        | 0                                 |

**Notas:**

1) Recomenda-se rotacionar culturas na área de plantio dessas culturas.

2) A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

mendada para a abobrinha, como de cobertura para a abóbora e a moranga. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha ou em sulco de plantio.

### 14.2.2 Alface (*Lactuca sativa*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A cultura desenvolve-se melhor em solos de textura média, soltos e ricos em matéria orgânica, desde que não apresentem drenagem deficiente. Seu cultivo contínuo na mesma área poderá aumentar a incidência de organismos fitopatogênicos, devendo-se, por isso, proceder à rotação com outras lavouras, ou com adubos verdes (por exemplo, espécies de crotalária ou de mucuna), como forma de manejo antagônico às pragas.

**Produtividade esperada.** De 15 t ha<sup>-1</sup> a 20 t ha<sup>-1</sup> ou de 60 a 80 mil pés ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Cultivares de porte menor (lisa com cabeça ou crespa sem cabeça), 0,25 m x 0,25 m. Cultivares de porte maior (crespa com cabeça), 0,30 m x 0,30 m. No verão, para qualquer padrão de cultivar, deve-se trabalhar com espaçamentos menores que os recomendados anteriormente.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 19, de acordo com os resultados da análise de terra. Essa recomendação de P e K é para três ciclos de cultivos subsequentes. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. Deverão ser aplicados 30 kg de N  $ha^{-1}$ , em cobertura, 15 dias após o transplântio. Ocorrendo sintomas de deficiência de N, 10 ou mais dias após o transplântio, antecipar essa adubação. A recomendação de N deve ser repetida a cada ciclo. As quantidades devem ser aplicadas nas linhas de plantio ou incorporadas homogeneamente nos canteiros.

**Tabela 19.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para alface.

| Teor de P<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg $ha^{-1}$ ) | Teor de K<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $K_2O$<br>(kg $ha^{-1}$ ) |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 0–10                         | 90                                  | 0–45                         | 60                                |
| 11–20                        | 60                                  | 46–90                        | 30                                |
| 21–30                        | 30                                  | 91–135                       | 0                                 |
| > 30                         | 0                                   | > 135                        | 0                                 |

**Nota:** a incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

### 14.2.3 Alho (*Allium sativum*)

**Produtividade esperada.** De 4 t a 8 t bulbos por hectare.

**Espaçamento.** De 0,20 m a 0,30 m entre linhas e de 0,08 m a 0,10 m entre plantas.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3  $cmol_c\ dm^{-3}$ , em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores

de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 20, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com as duas primeiras doses de nitrogênio. Quanto ao nitrogênio, aplicar  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  parcelados em duas doses iguais, aos 20 e 50 dias após a emergência da plântula.

**Tabela 20.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para alho.

| Teor de P<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 180                                                       | 0–45                                 | 120                                                     |
| 11–20                                | 90                                                        | 46–90                                | 80                                                      |
| 21–30                                | 30                                                        | > 90                                 | 40                                                      |
| > 30                                 | 0                                                         |                                      |                                                         |

Para suprir deficiências de B e Zn, recomenda-se aplicar  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de bórax e de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de sulfato de zinco, em solos com comprovada deficiência nesses micronutrientes.

**Nota:** o excesso de nitrogênio pode ocasionar superbrotamento em cultivares suscetíveis.

#### 14.2.4 Aspargo (*Asparagus officinalis*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O aspargo é uma hortaliça perene, cuja produção geralmente tem início decorridos 3 anos de cultivo (1 ano na sementeira e 2 anos no local definitivo). É uma cultura de investimento e lucros elevados. Para a obtenção de produção alta e de boa qualidade, a cultura deve ser instalada em solo profundo e principalmente de textura leve, no máximo franco-argiloso, para que as raízes possam desenvolver-se bem e para que os brotos não se entortem. Em alguns países, como o Peru, o aspargo cresce adequadamente em solos muito arenosos (nesse caso, inclusive salinos e com boa drenagem), mas com adequada aplicação de esterco, fertilização e irrigação.

Em relação ao clima, o melhor desenvolvimento da cultura ocorre em regiões com temperaturas moderadas. As temperaturas médias de 15 °C a 26 °C são necessárias para que a planta entre em repouso. No Brasil, os estados sulinos apresentam condições mais favoráveis para a cultura em áreas de altitudes acima de 700 m, já que o frio e a estiagem são necessários para o requerido repouso. Entretanto, tem sido observado que a seca é capaz de, por si só, propiciar o necessário período de repouso à planta, independentemente da temperatura, simplesmente pela ausência de fornecimento de água. Como exemplo disso, tem-se, no Brasil, o caso de produções comerciais de aspargo em Petrolina, PE, e no Peru, na região de Trujillo; no clima semiárido e constantemente quente do Nordeste, o frio invernal inexistente é substituído pela seca, que induz o repouso.

**Produtividade esperada.** Pode-se obter de 3 t ha<sup>-1</sup> a 6 t ha<sup>-1</sup> por ano. A produtividade aumenta nos primeiros anos da cultura, até atingir um máximo, e logo diminui. Dependendo do manejo, podem-se ter lavouras rentáveis por até 10 a 15 anos e, em casos excepcionais, por até 20 anos.

**Espaçamento.** Na sementeira, o canteiro deve ter 1,50 m de largura e 0,20 m de altura, devendo ser adubado adequadamente pelo menos uma semana antes da semeadura. A semeadura (setembro-outubro) é feita em fileiras espaçadas de 0,35 m, colocando uma

semente a cada 0,50 m. Cerca de 45 dias após a germinação, faz-se o desbaste, deixando-se apenas as plantas mais vigorosas.

No local definitivo para a produção de turiões brancos, o espaçamento entre as valetas deve ser de 2,00 m, com largura e profundidade de 0,40 m.

**Calagem.** O aspargo é cultura pouco tolerante à acidez do solo, tendo as mais altas produções na faixa de pH de 6,6 a 7,0. É altamente exigente em Ca. Sugere-se, então, incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

### Adubação mineral

**Adubação de canteiro:** aplicar 60 g de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , usando uma fonte solúvel em água, 25 g de  $\text{K}_2\text{O}$  e 3 g de bórax, por  $\text{m}^2$ .

**Adubação em local definitivo:** se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 21, de acordo com os resultados da análise de terra.

O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto o potássio deve ser fracionado para aplicação no plantio e em cobertura, junto com o nitrogênio. Poderão ser aplicados até  $80 \text{ kg de N ha}^{-1}$ ; dos quais  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  no plantio, aplicados de forma localizada na cova, junto com o fósforo e o potássio. Em cobertura, poderão ser aplicados de  $40 \text{ kg a } 60 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , dependendo do desenvolvimento da cultura, em uma ou duas vezes. O adubo deve ser aplicado na linha de plantio.

**Tabela 21.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para aspargo.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                                              | 0–45                                | 60                                                 |
| 11–20                               | 60                                                              | 46–90                               | 40                                                 |
| 21–30                               | 40                                                              | 91–135                              | 20                                                 |
| > 30                                | 20                                                              | > 135                               | 0                                                  |

Sendo uma cultura perene, cujo tempo de exploração pode chegar a 15 anos, recomenda-se que, após cada período de colheita, faça-se nova adubação, com metade das doses de adubos usados no plantio.

**Nota:** Em relação a fontes de nutrientes, em princípio, qualquer fonte pode ser empregada, mas, quanto ao fósforo, é recomendável o uso de fosfato que também contenha altos teores de cálcio.

### 14.2.5 Batata-doce (*Ipomoea batatas*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Utilizar de preferência a ponta ou o meio das ramas de plantas saudas, para obtenção de mudas para o plantio.

**Produtividade esperada.** De 20 t ha<sup>-1</sup> a 30 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** De 1,00 m x 0,20 m, em plantio em camalhões.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 22, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. Poderão ser aplicados até 20 kg de N  $ha^{-1}$ , junto com o potássio, em cobertura, cerca de 1 mês após a brotação das ramas. Se a planta estiver com muito vigor, a aplicação de N será dispensável.

**Tabela 22.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para batata-doce.

| Teor de P<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg $ha^{-1}$ ) | Teor de K<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $K_2O$<br>(kg $ha^{-1}$ ) |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 0–10                         | 60                                  | 0–45                         | 40                                |
| 11–20                        | 40                                  | 46–90                        | 20                                |
| 21–30                        | 20                                  | 91–135                       | 0                                 |
| > 30                         | 0                                   | >135                         | 0                                 |

#### 14.2.6 Batata-inglesa (*Solanum tuberosum*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A batata-inglesa é uma hortaliça que requer solos de textura média. Os solos argilosos e pouco permeáveis são impróprios para a cultura, pois prejudicam o desenvolvimento normal dos tubérculos, além de causar uma série de anormalidades fisiológicas por deficiência de oxigênio, em condições de alta umidade.

**Produtividade esperada.** Conforme for a cultivar escolhida, poderão ser esperadas produtividades de 20 t  $ha^{-1}$  a 30 t  $ha^{-1}$ .

**Espaçamento.** Cultivo para consumo: 0,80 m x 0,35 m a 0,40 m. Cultivo para a obtenção de batata-semente: 0,80 m x 0,30 m.

**Calagem.** Caso haja necessidade, incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos. Não efetuar calagem se o pH for igual ou superior a 5,5. Nesse caso, se for necessária a complementação dos teores de Ca e/ou Mg, usar outra fonte para esses elementos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 23, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura. A dose de nitrogênio é de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ , o nitrogênio deverá ser aplicado 1/3 no plantio e 2/3 aos

**Tabela 23.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para batata-inglesa.

| Teor de P<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 150                                                       | 0–45                                 | 300                                                     |
| 11–20                                | 100                                                       | 46–90                                | 200                                                     |
| 21–30                                | 60                                                        | 91–135                               | 100                                                     |
| > 30                                 | 30                                                        | >135                                 | 50                                                      |

45 dias após, ou, preferencialmente, 1/5 no plantio, 2/5 aos 20 dias e 2/5 aos 45 dias após o plantio. A aplicação do potássio poderá ser feita em três vezes (no plantio, aos 45 e aos 60 dias), ou menos, de maneira a não ultrapassar 100 kg ha<sup>-1</sup> por vez. A dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> poderá ser aplicada de uma só vez, em cobertura, 45 após o plantio. O potássio deverá ser aplicado preferencialmente na forma de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### 14.2.7 Berinjela (*Solanum melogena*), jiló (*Solanum gilo*) e pimentão (*Capsicum annuum*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Não devem ser cultivadas em sucessão a outras solanáceas (tomate e batata, por exemplo). Devem ser evitados solos sujeitos a encharcamento ou com drenagem deficiente. Não deve ser feita a prática da amontoa, para evitar a incidência de *Esclerotium* spp.

**Produtividade esperada.** Berinjela: de 25 t ha<sup>-1</sup> a 50 t ha<sup>-1</sup>. Jiló: de 20 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup>. Pimentão, de 20 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Berinjela: 1,00 m a 1,30 m entre fileiras e de 0,50 m a 1,00 m entre covas. Jiló: de 1,00 m a 1,30 m entre fileiras e de 0,70 m a 1,00 m entre covas. Pimentão: de 1,00 m entre fileiras e de 0,40 m a 0,60 m entre covas.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 24,

de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. Poderão ser aplicados até 60 kg de N ha<sup>-1</sup>, em cobertura, sendo a primeira dose, de 30 kg N ha<sup>-1</sup> após o transplante e a segunda dose 30 dias depois. Se houver sintoma visual de deficiência de N, aplicar mais uma dose de 30 kg de N ha<sup>-1</sup>.

As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio.

**Tabela 24.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para berinjela, jiló e pimentão.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 120                                                             | 0–45                                | 90                                                 |
| 11–20                               | 90                                                              | 46–90                               | 60                                                 |
| 21–30                               | 60                                                              | 91–135                              | 30                                                 |
| > 30                                | 0                                                               | > 135                               | 0                                                  |

**Nota:** a incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

### 14.2.8 Beterraba (*Beta vulgaris*) e cenoura (*Dactus carota*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Essas hortaliças produzem melhor em solos de textura arenosa; em solos argilosos, a incidência de raízes deformadas é grande. O canteiro deve ser bem preparado para evitar falhas na germinação da cenoura.

**Produtividade esperada.** Cenoura: de 30 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup>, em um ciclo de 80 a 110 dias. Beterraba: de 30 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup> em um ciclo de 60 a 70 dias.

**Espaçamento.** Cenoura: de 0,20 m a 0,25 m x de 0,06 m a 0,08 m. Beterraba: de 0,25 m a 0,30 m x de 0,10 m a 0,15 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 25,

**Tabela 25.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para beterraba e cenoura.

| Teor de P<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 120                                                       | 0–45                                 | 120                                                     |
| 11–20                                | 90                                                        | 46–90                                | 90                                                      |
| 21–30                                | 60                                                        | 91–135                               | 60                                                      |
| > 30                                 | 0                                                         | > 135                                | 0                                                       |

**Notas:**

1) Recomenda-se rotação com hortaliças folhosas e/ou com adubo verde.

2) A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio.

Para nitrogênio, seguir a recomendação feita para berinjela, jiló e pimentão.

Para cenoura, se houver sintomas de deficiência de N, aplicar uma dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio de 30 a 40 dias após o desbaste.

Para beterraba, se houver sintomas de deficiência de N, aplicar uma dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, de 20 a 30 dias após o transplântio.

### **14.2.9 Brócolos (*Brassica oleracea* var. *italica*), couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*), couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) e repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Essas hortaliças podem ser cultivadas em diversos tipos de solo, devendo-se, porém, evitar os de textura arenosa. O cultivo contínuo delas na mesma área poderá aumentar a incidência de doenças, como a podridão-negra e a hérnia-das-crucíferas. É recomendável alternar o plantio dessas hortaliças com espécies vegetais de outras famílias.

**Produtividade esperada.** Brócolos, de 15 t ha<sup>-1</sup> a 30 t ha<sup>-1</sup>, em um ciclo de 90 a 180 dias. Couve, de 40 t ha<sup>-1</sup> a 60 t ha<sup>-1</sup>, em um ciclo de 120 a 180 dias. Couve-flor, de 20 t ha<sup>-1</sup> a 30 t ha<sup>-1</sup>, em um ciclo de 90 a 100 dias. Repolho, de 30 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup>, em um ciclo de 90 a 100 dias.

**Espaçamento.** Brócolos: de 1,00 m x 0,50 m. Couve: de 1,00 m x 0,50 m. Couve-flor: de 0,90 m a 0,50 m. Repolho: de 0,80 m a 0,90 m x 0,40 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder

relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 26, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio. Já o potássio deve ser aplicado parceladamente, sendo 1/3 da dose incorporada ao solo 7 dias antes do transplântio, 1/3, em cobertura, aos 20 dias após o transplântio e 1/3 restante aos 40 dias após o transplântio. Aplicar 20 kg de N por hectare aos 20, 40 e 60 dias após o transplântio para culturas de repolho e couve-flor. Para brócolos e couve, efetuar essa aplicação de 30 em 30 dias. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio.

**Tabela 26.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para brócolos, couve, couve-flor e repolho.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–10                                | 120                                        | 0–45                                | 120                                      |
| 11–20                               | 90                                         | 46–90                               | 90                                       |
| 21–30                               | 60                                         | 91–135                              | 60                                       |
| > 30                                | 0                                          | > 135                               | 0                                        |

**Notas:**

1) Aplicar bórax ou ácido bórico, na concentração de 4 g L<sup>-1</sup> e 2 g L<sup>-1</sup>, respectivamente, e molibdato de sódio, na concentração de 2 g L<sup>-1</sup>. Esses produtos devem ser aplicados em duas fases: a primeira pulverização na sementeira; e a segunda, de 10 a 20 dias após o transplântio. Quando não for

*utilizado adubo orgânico, será aconselhável que uma das fontes de nutrientes (N ou P) contenha enxofre.*

*2) A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Especialmente no caso de ocorrência de hêmia-das-crucíferas, deve-se evitar a incorporação. Não há restrição à utilização dos restos vegetais para a produção de composto.*

### 14.2.10 Cebola (*Allium cepa*)

**Produtividade esperada.** De 10 t a 20 t de bulbos por hectare.

**Espaçamento.** De 0,30 m a 0,40 m entre linhas x 0,10 m entre plantas.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 27, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio e a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com as duas primeiras doses de nitrogênio. A dose de nitrogênio é de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ . O nitrogênio deve ser parcelado em duas doses iguais, aplicadas aos 20 e 50 dias após o transplantio.

**Tabela 27.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para cebola.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 120                                                             | 0–45                                | 100                                                |
| 11–30                               | 80                                                              | 46–90                               | 60                                                 |
| > 30                                | 30                                                              | > 90                                | 30                                                 |

### 14.2.11 Chuchu (*Sechium edule*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A cultura desenvolve-se satisfatoriamente em áreas com temperaturas amenas e por isso é plantada basicamente na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. É contraindicado o cultivo em regiões sujeitas a geadas, que podem ocasionar a destruição total da planta. Pode ser cultivado em diversos tipos de solo, desde que sejam convenientemente adubados e não apresentem problemas de drenagem.

**Produtividade esperada.** Região Serrana: de 50 t ha<sup>-1</sup> a 60 t ha<sup>-1</sup> por safra (ano todo). Baixada Litorânea: de 40 t ha<sup>-1</sup> a 45 t ha<sup>-1</sup> (de maio a outubro).

**Espaçamento.** De 3,00 m x 3,00 m ou de 3,00 m x 6,00 m, com duas plantas por cova.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da

qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 28, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. Poderão ser aplicados até 60 kg de N  $ha^{-1}$  – dos quais 20 kg  $ha^{-1}$  no plantio –, aplicados de forma localizada na cova, junto com o fósforo e o potássio. Em cobertura, poderão ser aplicados mais 20 kg de N  $ha^{-1}$ , dependendo do desenvolvimento da cultura, em até duas vezes, de 30 em 30 dias. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio.

**Tabela 28.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para chuchu.

| Teor de P<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg $ha^{-1}$ ) | Teor de K<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $K_2O$<br>(kg $ha^{-1}$ ) |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 0–10                         | 60                                  | 0–45                         | 60                                |
| 11–20                        | 30                                  | 46–90                        | 40                                |
| 21–30                        | 30                                  | 91–135                       | 20                                |
| > 30                         | 0                                   | > 135                        | 0                                 |

**Notas:**

1) A irrigação é indispensável para a cultura, podendo o desequilíbrio hídrico causar a morte das plantas.

2) Plantas afetadas pelo envassouramento, enfermidade caracterizada por um superbrotamento acompanhado de subdesenvolvimento e clorose das folhas, pouco ou nada produzem. Os frutos apresentam-se deformados e logo caem. A doença pode causar perda de 50% da produção, sendo atribuída a um micoplasma, cujo provável vetor é a cigarrinha. Sugere-se a erradicação e a queima das plantas afetadas.

3) *A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.*

### 14.2.12 Ervilha-vagem (*Pisum sativum*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Essa leguminosa de clima temperado apresenta boas condições de cultivo na Região Serrana do estado, mesmo nas encostas dos morros. É uma opção econômica para a rotação de culturas, principalmente pela sua alta capacidade de fixação de nitrogênio.

**Produtividade esperada.** 10 t ha<sup>-1</sup> de vagem verde.

**Espaçamento.** De 1,00 m x 0,20 m, com duas a três plantas por cova.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 29, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura. Não aplicar fertilizantes nitrogenados. Inocular a bactéria diazotrófica rizóbio nas sementes (ver Capítulo 8).

**Tabela 29.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para ervilha-vagem.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 120                                                             | 0–45                                | 90                                                 |
| 11–20                               | 90                                                              | 46–90                               | 60                                                 |
| 21–30                               | 60                                                              | 91–135                              | 30                                                 |
| > 30                                | 0                                                               | > 135                               | 0                                                  |

**Notas:**

1) A rotação com culturas espaldeiradas, como tomate e pepino, pode ser usada. Nesse caso, considerar o efeito da adubação anterior.

2) A adubação nitrogenada pode afetar negativamente a capacidade de fixação biológica de nitrogênio.

3) A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

**14.2.13 Feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O feijão-de-vagem apresenta melhores rendimentos em solos de textura média, devendo-se evitar solos muito argilosos e que apresentem camadas compactas. A planta não suporta encharcamento.

Apresenta normalmente larga faixa de adaptação, desenvolvendo-se muito bem em temperaturas entre 18 °C e 30 °C. No entanto, temperaturas muito baixas ou muito altas afetam a fecundação, podendo ocasionar queda de flores e produção de vagens deformadas. Por sua vez, as temperaturas mais baixas favorecem a incidência do fungo causador da ferrugem.

Podem ser usadas para o plantio as cultivares de crescimento indeterminado, sendo, portanto, estaqueadas, e cultivares de porte determinado, consideradas rasteiras, semelhantemente ao feijão-comum, para a produção de grãos. No primeiro caso, as plantas podem atingir

mais de 2,00 m, e as rasteiras normalmente atingem de 0,50 m a 0,60 m de altura total. As plantas não são sensíveis ao fotoperiodismo.

**Produtividade esperada** (vagens verdes). Cultivares estaqueadas: de 16 t ha<sup>-1</sup> a 20 t ha<sup>-1</sup>. Cultivares rasteiras: de 11 t ha<sup>-1</sup> a 15 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Cultivares estaqueadas: de 1,00 m x 0,50 m, podendo-se manter duas plantas por cova; de 1,00 m x 0,20 m para cultura isolada, mantendo-se uma planta por cova. Cultivares rasteiras: de 0,40 m a 0,50 m entre linhas e de 0,15 m a 0,20 m entre plantas, mantendo-se apenas uma planta por cova.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 30, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura. Recomenda-se inocular a bactéria diazotrófica rizóbio, específica para o feijoeiro, nas sementes (ver Capítulo 8). Dependendo do desenvolvimento da cultura, além da inoculação das sementes, recomenda-se a aplicação de nitrogênio (30 kg de N/ha, por aplicação), em número a ser determinado pelo aspecto da cultura, pela expectativa de produção e pela economicidade. A aplicação pode deve ter início, se necessário, após 20 dias de emergência das plântulas.

**Tabela 30.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para feijão-de-vagem.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 120                                                             | 0–45                                | 90                                                 |
| 11–20                               | 90                                                              | 46–90                               | 60                                                 |
| 21–30                               | 60                                                              | 91–135                              | 30                                                 |
| > 30                                | 0                                                               | > 135                               | 0                                                  |

**Notas:**

1) Para cultivares rasteiras, aplicar 70% da adubação mineral recomendada para as cultivares estaqueadas, sendo, quando necessário, o N (de 30 t ha<sup>-1</sup> a 50 kg ha<sup>-1</sup>) aplicado de uma só vez, no início da floração. Em sucessão a culturas estaqueadas (por exemplo, a de tomate), é dispensável a adubação inicial, aplicando-se apenas o nitrogênio em cobertura.

2) A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

**14.2.14 Inhame (*Colocasia esculenta*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O inhame no Estado do Rio de Janeiro é cultivado tanto em solos de baixada quanto em áreas declivosas. Embora seja considerada uma cultura de clima quente e úmido, adapta-se a outras regiões. O plantio na Região Serrana é feito no período de setembro a dezembro, e, nas regiões das Baixadas Litorâneas, no período de maio a agosto. Os tipos mais usados de muda são: rebentos laterais, rizoma central inteiro ou, quando este último for muito desenvolvido, apenas seu terço superior.

O plantio não deve ser feito em solos sujeitos a inundação. A presença de alta umidade no solo, após o amadurecimento, pode ocasionar a brotação e o enraizamento dos rebentos, dificultando a colheita e

afetando a qualidade do produto. Os rebentos imaturos ou rebrotados são muito “aguados” e, por isso, não são utilizados para o consumo.

Embora seja considerada uma cultura de baixa exigência em nutrientes, o inhame produz muito bem quando plantado em solos ricos em matéria orgânica e profundos.

**Produtividade esperada.** De 20 t ha<sup>-1</sup> a 25 t ha<sup>-1</sup> de rebentos laterais (dedos) comercializáveis, mais 10 t ha<sup>-1</sup> a 15 t ha<sup>-1</sup> de rizomas centrais (cabeças).

**Espaçamento.** De 1,00 m x 0,30 m; de 0,80 m x 0,40 m; ou de 0,60 m x 0,50 m, sendo este último mais utilizado na Região Serrana.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 31, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. A dose de nitrogênio é de 40 kg ha<sup>-1</sup>. A fase de maior desenvolvimento vegetativo da cultura vai do do terceiro ao sexto mês após o plantio. A adubação em cobertura de N e K deve ser feita no terceiro mês de desenvolvimento da planta.

**Tabela 31.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para inhame.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–5                                 | 40                                                              | 0–45                                | 40                                                 |
| 6–10                                | 20                                                              | 46–90                               | 20                                                 |
| > 10                                | 0                                                               | > 90                                | 0                                                  |

**Notas:**

1) Em solos férteis ou em rotação com outras culturas intensamente adubadas, a adubação mineral pode ser dispensada.

2) A aplicação de adubo nitrogenado após o sexto mês de desenvolvimento da cultura pode afetar, negativamente, a quantidade e a qualidade do produto.

**14.2.15 Mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Também conhecida como batata-baroa, a mandioquinha-salsa deve ser cultivada em solos bem drenados, preferencialmente aqueles de textura franco-argilo-arenosos, visto não tolerar condições de encharcamento ou com deficiência na drenagem. Em face de sua susceptibilidade a nematódeos formadores de galhas radiculares (*Meloidogyne* spp.), deve-se evitar o plantio em solos com histórico de ocorrência dessa praga. O cultivo em sucessão às espécies da mesma família *Apiaceae* (salsa, cenoura, coentro, aipo, funcho, entre outras) deve ser evitado. A produção de mudas é uma fase especial do processo produtivo, devendo ser orientada por um profissional com experiência com a cultura.

**Produtividade esperada.** de 10 t ha<sup>-1</sup> a 25 t ha<sup>-1</sup> de raízes comerciais com adoção de irrigação. Considerando uma produtividade de 12,5 t, são extraídos, em valores médios: 133 kg ha<sup>-1</sup> de N; 38 kg ha<sup>-1</sup> de P; 274 kg ha<sup>-1</sup> de K; 51 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 27 kg ha<sup>-1</sup> de Mg; e 135 kg ha<sup>-1</sup> S.

**Espaçamento.** O plantio pode ser realizado em leiras nos espaçamentos de 0,70 m a 0,80 m entre fileiras; e de 0,30 m a 0,40 m entre plantas.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio

e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. Para a cultura da mandioquinha-salsa, a adubação orgânica é recomendável junto à mineral, pois promove ambiente favorável ao crescimento das raízes de reserva.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 32, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser parcelada com aplicações no plantio e em cobertura, junto com o nitrogênio. Poderão ser aplicados até  $80 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , sendo  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  no plantio e  $60 \text{ kg de N ha}^{-1}$  em cobertura, parcelados em duas épocas, dependendo do desenvolvimento da cultura. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos com alta densidade, a aplicação dos fertilizantes deve ser feita na linha de plantio.

**Tabela 32.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para mandioquinha-salsa.

| Teor de P<br>( $\text{mg kg}^{-3}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg kg}^{-3}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 200                                                       | 0–45                                 | 180                                                     |
| 11–20                                | 180                                                       | 46–90                                | 140                                                     |
| 21–30                                | 140                                                       | 91–135                               | 100                                                     |
| > 30                                 | 100                                                       | > 135                                | 80                                                      |

Para suprir deficiências de B e Zn, recomenda-se aplicar de 15 t ha<sup>-1</sup> a 30 kg ha<sup>-1</sup> de bórax e de 5 t ha<sup>-1</sup> a 10 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco, em solos com comprovada deficiência em micronutrientes.

#### **Notas:**

1) *Em terrenos com relevo suave-ondulado ou íngremes, as leiras devem ser preparadas em nível.*

2) *A utilização de irrigação é imprescindível para a obtenção de altas produtividades.*

3) *A seleção de material genético (clones melhorados) é importante para a obtenção de altas produtividades e a colheita de raízes comerciais com alta qualidade.*

4) *O pré-enraizamento diminui os custos culturais iniciais, permite a seleção de mudas com ausência de florescimento, promove maior uniformidade da produção, além de encurtar o ciclo de cultivo.*

5) *A incorporação de restos culturais ao solo e o plantio profundo das mudas devem ser evitados, como medidas profiláticas quanto à incidência de *Erwinia spp.*, *Sclerotinia sclerotiorum* e *Sclerotium rolfsii*, causadoras de podridão no campo e na pós-colheita.*

### **14.2.16 Maxixe (*Cucumis anguria*)**

Considerações sobre a cultura e a área de cultivo. É uma hortaliça rústica, adaptada ao clima quente, que pode ser plantada durante todo o ano em áreas localizadas nas Baixadas Litorâneas, e de setembro a fevereiro na Região Serrana.

**Produtividade esperada.** Cerca de 5 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** De 1,00 m a 1,50 m x 0,50 m a 1,00 m, com duas plantas por cova.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 33, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser parcelada com aplicações no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. O N é aplicado integralmente em cobertura, cerca de 20 dias após a semeadura, podendo-se utilizar uma dose de até 20 kg de N  $ha^{-1}$ . As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos com alta densidade, a aplicação dos fertilizantes deve ser feita na linha de plantio.

**Tabela 33.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para maxixe.

| Teor de P<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg $ha^{-1}$ ) | Teor de K<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $K_2O$<br>(kg $ha^{-1}$ ) |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 0–10                         | 60                                  | 0–45                         | 60                                |
| 11–20                        | 40                                  | 46–90                        | 40                                |
| 21–30                        | 20                                  | 91–135                       | 20                                |
| > 30                         | 0                                   | > 135                        | 0                                 |

**Notas:**

1) O maxixe pode ser plantado em consórcio nas entrelinhas do quiabeiro, após a germinação dessa cultura.

2) Quando a cultura é plantada em sucessão a espécies intensamente adubadas (como tomate e pimentão), a adubação pode ser totalmente dispensada.

3) A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

### 14.2.17 Melancia (*Citrullus lanatus*) e melão (*Cucumis melo*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Condições climáticas de cultivo com temperatura elevada e baixa umidade do ar são importantes para a obtenção de maiores produtividades das culturas. Além disso, desenvolvem-se melhor em solos de textura média.

**Produtividade esperada.** Melancia: de 20 t ha<sup>-1</sup> a 25 t ha<sup>-1</sup>. Melão: de 12 t ha<sup>-1</sup> a 18 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Melancia: de 2,00 m a 3,00 m x de 1,50 m a 2,00 m. Melão: de 2,00 m x 0,80 m a 0,90 m, com duas ramificações; ou de 2,00 m x 1,50 m, com três ramificações. Em ambas as culturas, mantém-se uma planta por cova.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 34, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto o potássio deve ser aplicado parceladamente, com uma dose no plantio e uma dose em cobertura, junto com a segunda dose de nitrogênio. Aplicar duas doses de 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, em cobertura: a primeira, logo após o desbaste; e a segunda, 40 dias depois.

**Tabela 34.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para melão e melancia.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                                              | 0–45                                | 80                                                 |
| 11–20                               | 60                                                              | 46–90                               | 60                                                 |
| 21–30                               | 30                                                              | 91–135                              | 30                                                 |
| > 30                                | 0                                                               | > 135                               | 0                                                  |

**Nota:** a incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

#### 14.1.18 Nabo (*Brassica rapa* var. *raca*) e rabanete (*Raphanus sativus*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** São hortaliças que produzem melhor em solos de textura arenosa. O terreno deve ser bem preparado para evitar falhas na germinação, uma vez que as sementes são pequenas e de difícil manuseio.

**Produtividade esperada.** Nabo: de 20 t ha<sup>-1</sup> a 30 t ha<sup>-1</sup>, em um ciclo de 40 a 50 dias. Rabanete: de 30 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup>, em um ciclo de 25 a 30 dias.

**Espaçamento.** Nabo: de 0,25 m a 0,30 m x 0,10 m a 0,12 m. Rabanete: de 0,25 m x 0,06 m a 0,10 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da

qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, devem-se aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 35, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto o potássio deve ser aplicado parceladamente, com uma dose no plantio e uma dose em cobertura, junto com o nitrogênio. Pode ser utilizada uma dose de 20 kg de N  $ha^{-1}$ , devendo-se aplicar de 5 a 10 dias após o desbaste.

**Tabela 35.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para nabo e rabanete.

| Teor de P<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg $ha^{-1}$ ) | Teor de K<br>(mg $dm^{-3}$ ) | Dose de $K_2O$<br>(kg $ha^{-1}$ ) |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 0–10                         | 90                                  | 0–45                         | 90                                |
| 11–20                        | 60                                  | 46–90                        | 60                                |
| 21–30                        | 30                                  | 91–135                       | 30                                |
| > 30                         | 0                                   | > 135                        | 0                                 |

**Notas:**

1) Recomenda-se o cultivo em sucessão com hortaliças folhosas, exceto as da família Brassicaceae.

2) A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

### 14.2.19 Pepino (*Cucumis sativus*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Como a maioria das curcubitáceas, o pepino é uma cultura adaptada ao clima quente e desenvolve-se melhor em solos de textura arenosa ou média.

**Produtividade esperada.** O sistema de cultura conduzido com tutor é mais produtivo e obtêm-se de 15 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup>. No sistema de cultura rasteira, obtêm-se de 10 t ha<sup>-1</sup> a 15 t ha<sup>-1</sup>. A produtividade também varia conforme a cultivar usada.

**Espaçamento.** Cultura tutorada: de 1,00 m x 0,50 m, com uma ou duas plantas por cova. Cultura rasteira: de 1,00 m x 0,20 m a 0,30 m, com duas a três plantas por cova.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

Adubação mineral. Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas nas Tabela 36 e 37, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve

**Tabela 36.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para pepino tutorado.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 100                                                             | 0–45                                | 80                                                 |
| 11–20                               | 70                                                              | 46–90                               | 60                                                 |
| 21–30                               | 40                                                              | 91–135                              | 30                                                 |
| > 30                                | 0                                                               | > 135                               | 0                                                  |

**Tabela 37.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para pepino rasteiro.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                                              | 0–45                                | 60                                                 |
| 11–20                               | 60                                                              | 46–90                               | 40                                                 |
| 21–30                               | 30                                                              | 91–135                              | 20                                                 |
| > 30                                | 0                                                               | > 135                               | 0                                                  |

ser aplicado todo no plantio, enquanto o potássio deve ser aplicado parceladamente, com uma dose no plantio e duas doses em cobertura, junto com o nitrogênio. Utilizam-se até 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, aplicados em cobertura, parceladamente, sendo a primeira dose após o desbaste, e a segunda dose cerca de 20 dias depois, tanto para a cultura tutorada quanto para a rasteira. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio.

**Notas:**

- 1) Quando a cultura sucede o tomate tutorado, pode-se reduzir ou até eliminar o uso de adubação mineral, em virtude do efeito residual da adubação anterior.
- 2) Quando a fase de floração ocorre no período seco, que no Estado do Rio de Janeiro ocorre no inverno, o que coincide com fotoperíodo de noites longas e menor número de horas de luz, há maior estímulo à formação de flores femininas. Tal condição proporciona aumento de produtividade da cultura.
- 3) A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

**14.2.20 Pimenta (*Capsicum* spp.)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** É cultura de clima tropical, podendo ser plantada o ano todo em regiões quentes,

e de agosto a novembro na Região Serrana. A cultura desenvolve-se melhor em solos de textura média.

**Produtividade esperada.** Muito variável, dependendo da espécie cultivada e do tempo de exploração da cultura. Obtêm-se, em média, de 30 t ha<sup>-1</sup> a 60 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** De 1,20 m a 1,50 m x 0,80 m a 1,00 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 38, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio e a dose de potássio deve ser fracionada para

**Tabela 38.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para pimenta.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                                              | 0–45                                | 60                                                 |
| 11–20                               | 60                                                              | 46–90                               | 40                                                 |
| 21–30                               | 30                                                              | 91–135                              | 20                                                 |
| > 30                                | 0                                                               | > 135                               | 0                                                  |

aplicação no plantio e em cobertura junto com as duas primeiras doses de nitrogênio. Aplicar uma dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio 30 dias após o plantio. Se forem observados sintomas de deficiência de nitrogênio, aplicar outra dose de 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

**Nota:** *a incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.*

### 14.2.21 Quiabo (*Abelmoschus esculentus*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A incidência de nematódeos é um dos principais fatores de queda de produção da cultura em solos arenosos. O plantio de leguminosas para adubação verde, de 20 a 30 dias antes do final da colheita, principalmente em solos de textura arenosa, é uma forma de diminuir o ataque dessa praga e contribui com nutrientes para a próxima cultura. Em áreas com cultivos sucessivos de quiabo, deve-se, além disso, fazer a rotação com outras espécies.

**Produtividade esperada.** De 15 t ha<sup>-1</sup> a 25 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** De 1,20 m x 0,40 m, com duas plantas por cova.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 39, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com as duas primeiras doses de nitrogênio. Aplicar quatro doses de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, aos 30, 60, 100 e 120 dias após o desbaste.

**Tabela 39.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para quiabo.

| Teor de P<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $P_2O_5$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $K_2O$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|
| 0–10                                 | 80                                          | 0–45                                 | 80                                        |
| 11–30                                | 40                                          | 46–90                                | 40                                        |
| > 30                                 | 20                                          | > 90                                 | 0                                         |

**Notas:**

1) Se for efetuada a poda, aplicar duas doses de  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio em cobertura: a primeira na época da poda, e a segunda 30 dias depois.

2) Se for usada a adubação verde, reduzir a adubação orgânica em 30% e suprimir as duas primeiras doses de N.

3) A incorporação dos restos vegetais ao solo é uma prática recomendada; todavia, deve ser criteriosa, evitando-se a sua utilização quando a lavoura apresentar problemas fitossanitários. Nessa situação, o material vegetal poderá ser destinado à produção de composto.

### 14.2.22 Tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A cultura do tomateiro deve ser plantada em solo após pousio ou em sucessão a uma leguminosa ou gramínea (por exemplo, feijão-vagem ou milho), para diminuir o ataque de nematódeos e de outras doenças. Não deve ser cultivado em solos sujeitos a encharcamento. Em algumas regiões, 90% da área cultivada na região é arrendada, com predominância de declividade muito acentuada, onde se deveria evitar a limpeza do terreno usando fogo e a aração morro abaixo. Percebe-se, entre os agricultores,

a tendência a adotar o “covão” (de 0,30 m x 0,40 m), onde o plantio em nível segue apenas uma tendência.

**Produtividade esperada.** De 40 t ha<sup>-1</sup> a 60 t ha<sup>-1</sup>, em áreas sujeitas a problemas fitossanitários, para produtores de nível tecnológico médio; de 60 t ha<sup>-1</sup> a 80 t ha<sup>-1</sup>, em áreas sem problemas fitossanitários, para produtores de nível tecnológico alto. Há, porém, relatos de maiores produtividades (de 110 t ha<sup>-1</sup>) no estado, mas de ocorrência restrita.

**Espaçamento.** De 1,00 m x 1,20 m x 0,50 m x 0,70 m, com um pé por cova (duas guias). O espaçamento entre linhas pode aumentar conforme a declividade do terreno.

**Calagem.** A cultura do tomate é bastante exigente em Ca e relativamente sensível à relação Ca:Mg do solo. Sendo assim, sugere-se uma boa recomendação desses nutrientes. Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Por conta do uso dos “covões”, deve-se considerar um perfil de exploração mais amplo (de 30 cm). A quantidade de calcário por cova deve ser proporcional ao volume da cova ou do “covão”. Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. O uso de torta de mamona, em substituição ao estêrco animal, tem sido ampliado no Estado do Rio de Janeiro. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** A adubação mineral deve ser usada em complemento à adubação orgânica, utilizando-se as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 40, de acordo com os resultados da análise de terra e da quantidade e da qualidade do adubo orgânico utilizado. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose

de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. O N deverá ser aplicado em cobertura, em quatro doses, sendo duas de 30 kg de N ha<sup>-1</sup> aos 30 e 50 dias após o transplântio, e as outras duas de 20 kg de N ha<sup>-1</sup> aos 70 e 90 dias após o transplântio. O K deve ser parcelado e aplicado em cobertura, junto com as doses de N. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio.

**Tabela 40.** Recomendação de adubação de plantio, de fósforo e potássio, para tomate, em complemento à adubação orgânica.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 160                                                | 0–45                                | 180                                                |
| 11–20                               | 120                                                | 46–90                               | 120                                                |
| 21–30                               | 80                                                 | 91–135                              | 60                                                 |
| > 30                                | 40                                                 | > 135                               | 0                                                  |

**Adubação com uso exclusivo de adubos minerais.** A utilização exclusiva de adubação mineral não é conduta adotada no Estado do Rio de Janeiro, e as informações a seguir (Tabela 41) estão apresentadas para orientar sobre as quantidades máximas a serem empregadas para a cultura do tomateiro.

**Tabela 41.** Recomendação de adubação exclusiva de adubos minerais, com fósforo e potássio, para tomate. Doses totais a serem aplicadas.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 640                                                             | 0–45                                | 720                                                |
| 11–20                               | 480                                                             | 46–90                               | 540                                                |
| 21–30                               | 240                                                             | 91–135                              | 360                                                |
| > 30                                | 160                                                             | > 135                               | 180                                                |

As doses acima recomendadas devem ser aplicadas parceladamente, de acordo com a idade da planta e seguindo o sugerido na Tabela 42. A dose de N é de 400 kg ha<sup>-1</sup> e deve ser diminuída para solos com teor médio a alto de matéria orgânica, ou quando a adubação verde anteceder o plantio.

**Tabela 42.** Doses que devem ser aplicadas parceladamente, para tomate.

| Nutri-<br>ente                                        | Idade da planta, em dias após a semeadura para a obtenção de mudas |                    |                |                |                |                |                |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                                                       | 25                                                                 | 40                 | 55             | 70             | 85             | 100            | 115            |
|                                                       | Plantio                                                            | 1 <sup>a</sup> (1) | 2 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup> | 4 <sup>a</sup> | 5 <sup>a</sup> | 6 <sup>a</sup> |
| <b>Percentual do total indicado para a dose total</b> |                                                                    |                    |                |                |                |                |                |
| N                                                     | 10                                                                 | 10                 | 10             | 20             | 20             | 15             | 15             |
| P                                                     | 70 <sup>(2)</sup>                                                  | 30 <sup>(3)</sup>  | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| K <sup>(4)</sup>                                      | 10                                                                 | 15                 | 15             | 20             | 20             | 15             | 5              |

(1) A primeira aplicação de fertilizantes em cobertura é incorporada pela amontoa.

(2) Os termofosfatos podem substituir parte do adubo fosfatado mais solúvel (superfosfatos) e fornecem quantidades apreciáveis de magnésio, cálcio, silício e micronutrientes. Incorporar separadamente ao solo, por causa da incompatibilidade da mistura.

(3) Deve ser aplicado na forma de superfosfatos.

(4) Dose acima de 166 kg de KCl ha<sup>-1</sup> causa salinização, com efeito negativo na produção.

### Notas:

1) Doses elevadas de cátions (K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) podem aumentar a incidência de podridão apical, provocada por deficiência de cálcio. Essa deficiência pode ser corrigida com a aplicação de CaCl<sub>2</sub>, via foliar, quando do aparecimento do sintoma; deve ser dirigida para as folhas superiores aos frutos, enquanto persistir o sintoma nos frutos novos. O uso de cobertura morta diminui a incidência de podridão apical.

2) A deficiência de magnésio ("amarelo baixeiro") pode ser corrigida com duas ou três pulverizações de solução de 1,5 g de sulfato de magnésio por litro de água, dirigidas às folhas. A adição de ureia (5 g/L) favorece a absorção foliar do magnésio.

3) Caso se comprove deficiência de micronutrientes, pode-se complementar com pulverizações foliares, com adubos foliares em forma de sais solúveis em água.

4) O biofertilizante é recomendável principalmente para aquelas propriedades em fase de transição para o sistema agroecológico.

## 14.3 Frutíferas

### 14.3.1 Abacate (*Persea* spp.)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O abacateiro desenvolve-se melhor em solos profundos e bem drenados. Terrenos sujeitos a encharcamento favorecem o ataque de *Phytophthora cinnamoni*. As variedades de abacates estão agrupadas, segundo a origem, em três raças, sendo que, no Brasil, as cultivares das raças Antilhana, Mexicana e Guatemalis ou suas híbridas inter-raciais são plantadas comercialmente. Entre essas, destacam-se as variedades: Pollock, Simonds, Fortuna, Prince, Ouro Verde, Linda, Quintal, Fuerte e Hass, sendo esta última uma variedade cultivada para a exportação. O peso médio de frutos das variedades comerciais está em torno de 700 g, com exceção da variedade Hass. Recomenda-se o interplântio de cultivares dos grupos florísticos A e B, para que haja uma boa polinização e consequente produção.

**Produtividade esperada.** De 12 t ha<sup>-1</sup> a 16 t ha<sup>-1</sup> (de 170 a 230 frutos/planta).

**Espaçamento.** De 8 m x 9 m a 10 m x 12 m, sendo os maiores espaçamentos usados em solos profundos, com teores altos de matéria orgânica e textura média ou argilosa. O plantio é feito em covas de 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m a 0,60 m x 0,60 m x 0,60 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e

manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas abaixo, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas.

**Adubação de plantio.** Além da adubação orgânica, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 43, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

**Tabela 43.** Recomendação de adubação de plantio, de nitrogênio, fósforo e potássio, para abacate.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–10                                | 200                                        | 0–90                                | 60                                       |
| 11–30                               | 160                                        | 91–135                              | 30                                       |
| > 30                                | 80                                         | > 135                               | 0                                        |

Nota: N: 30 g planta<sup>-1</sup>.

O fósforo deve ser aplicado 50% como fosfato de rocha (teor total) e 50% com solúvel. O potássio deve ser parcelado em duas doses iguais, sendo a primeira aplicada na cova, com o P e o adubo orgânico. O nitrogênio é parcelado em duas doses, sendo a primeira (1/3 da dose recomendada) aplicada 30 dias após o plantio da muda, e a segunda (2/3 da dose), 90 dias após o plantio; a segunda dose de K será aplicada com a segunda dose de N.

**Adubação de formação.** no primeiro, segundo e terceiro anos após plantio, devem ser aplicados N, P e K na projeção da copa, com base nos resultados da análise das amostras de terra, de acordo com a recomendação na Tabela 44.

**Tabela 44.** Recomendação de adubação de formação, de fósforo e potássio, para abacate.

| Teor de P (mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose (g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> planta <sup>-1</sup> ) |                |                | Teor de K (mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose (g de K <sub>2</sub> O planta <sup>-1</sup> ) |                |                |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|----------------|----------------|
|                                  | 1 <sup>a</sup>                                                  | 2 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup> |                                  | 1 <sup>a</sup>                                     | 2 <sup>a</sup> | 3 <sup>a</sup> |
| 0–10                             | 60                                                              | 80             | 100            | 0–90                             | 30                                                 | 60             | 90             |
| 11–30                            | 36                                                              | 48             | 60             | 91–135                           | 20                                                 | 40             | 60             |
| > 30                             | 12                                                              | 16             | 20             | > 135                            | 10                                                 | 20             | 30             |

No primeiro ano, aplicar três doses de 20 g de N por planta, no início, no meio e no final das chuvas; o P será aplicado de uma só vez, com a primeira dose de N; o K da mesma forma que o P, sendo aplicado com a terceira dose de N. No segundo ano, no início, no meio e no final do período das chuvas, aplicar, respectivamente, 20 g, 40 g e 20 g de N por planta. O parcelamento das doses de P e K recomendadas é o mesmo do da adubação no primeiro ano. No terceiro ano, no início do período das chuvas, aplicar 40 g de N e a dose de P recomendada por planta; no meio do período, aplicar outra dose de 40 g de N e 1/3 da recomendação de K por planta; e, no final do período chuvoso, aplicar 20 g de N e 2/3 do K recomendado por planta.

**Adubação de produção.** Aplicar anualmente, com base na expectativa de produção (tendo como unidade o número de caixas de 28 kg, tipo “M”, por planta), as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 45, de acordo com os resultados da análise das amostras de terra, efetuada no início da fase de produção.

**Tabela 45.** Recomendação de adubação de produção, de nitrogênio, fósforo e potássio, para abacate.

| Teor de P (mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose (g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> cx <sup>-1</sup> ) | Teor de K (mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose <sup>(1)</sup> (g de K <sub>2</sub> O cx <sup>-1</sup> ) |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 0–20                             | 40                                                          | 0–90                             | 1.200                                                         |
| > 20                             | 20                                                          | 91–135                           | 60                                                            |
|                                  |                                                             | > 135                            | 20                                                            |

N: 90 g caixa de 28 kg (tipo “M”) planta<sup>-1</sup>. <sup>(1)</sup> caixa (cx) de 28 kg planta<sup>-1</sup>.

Dividir as quantidades recomendadas de N e K em três partes iguais e aplicar o P com a primeira dose de N; o nitrogênio deve ser aplicado no início, no meio e no final do período chuvoso; a primeira e segunda doses do K devem ser aplicadas no meio e no fim das chuvas (com a segunda e a terceira de N), e a terceira, 60 dias após a última adubação nitrogenada.

#### **Notas:**

*1) O plantio de culturas intercalares pode ser feito durante os 3 ou 4 primeiros anos de idade do pomar. Também é recomendado o plantio de leguminosas, para adubação verde, nas entrelinhas.*

*2) A amostragem de terra, antes da instalação do pomar, deve ser feita em profundidade maior que o normal, sobretudo visando à avaliação de níveis altos de Al em profundidade (ver Capítulo 5).*

*3) A aplicação dos adubos na fase de formação deve ser feita em círculos (ou semicírculos, em terrenos declivosos) ao redor das plantas, com um raio conforme com a projeção da copa. Em ambos os casos, os adubos devem ser ligeiramente incorporados.*

*4) O terreno deve ser analisado a cada 3 ou 4 anos para avaliar a necessidade de calagem e adubação mineral. O cálculo da calagem, se necessária na fase de produção, deve considerar a área (função da projeção da copa) e a profundidade da incorporação (em torno de 0,10 m).*

### **14.3.2 Abacaxi (*Anana comosus*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O abacaxizeiro é uma planta tropical, desenvolvendo-se melhor em clima quente. O terreno deve ser de textura arenosa ou média, bem drenado, sem camadas compactadas em profundidade, situado em relevo plano a suave-ondulado. O abacaxi pode ser cultivado em solos de restinga (Regossolos ou Areias Quartzosas), desde que haja incorporação de adubos orgânicos.

Como as mudas efetuam seu enraizamento no local definitivo, o terreno deve ser bem preparado. Em solos de textura média ou argilosa, é aconselhável uma aração profunda e uma ou duas gradagens, dependendo do número de gradagem da estrutura do solo. Em solos de restinga (arenosos), uma gradagem para a uniformização do terreno é suficiente.

A uniformização do ciclo das plantas é diretamente proporcional ao uso de mudas sadias, de mesmo tamanho ou peso e origem semelhante, em cada talhão de quadra. É aconselhável a obtenção de mudas a partir de cultivos produtivos, sem problemas de fusariose (gomose) e podridão, e, preferencialmente, de plantas na primeira safra. As mudas selecionadas devem ser tratadas quimicamente, visando ao controle de ácaros e cochonilhas. Recentemente, foram lançadas no mercado as variedades Vitória e Imperial, ambas resistentes à fusariose e com dupla finalidade de uso: tanto para a indústria quanto para o mercado de fruta in natura.

### **Produtividade esperada**

Para consumo in natura: Variedades Pérola, Jupí, Smooth Cayenne – frutos de 1,3 kg a 2,0 kg, de 40 t ha<sup>-1</sup> a 50 t ha<sup>-1</sup>.

Para indústria e exportação: Variedade Smooth Cayenne (Havaí) – frutos de 1,5 kg a 1,6 kg, de 60 t ha<sup>-1</sup> a 80 t ha<sup>-1</sup>.

A produtividade da segunda safra (soca) varia conforme os tratos culturais dispensados no primeiro plantio e conforme o estado fitossanitário quando da primeira colheita.

**Espaçamento.** Como sistema de plantio, recomenda-se o de linhas duplas em quincôncio. Para as cultivares Pérola e Jupí, há ainda quem utilize o plantio em linhas simples:

- a) Linhas duplas em quincôncio: 1,00 m entre filas duplas, 0,40 m entre linhas simples e 0,30 m entre plantas, totalizando 47.600 plantas/ha.
- b) Linhas simples: 0,90 x 0,30 m, totalizando 37.000 plantas/ha.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e

manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 46, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio.

**Tabela 46.** Recomendação de adubação de nitrogênio, fósforo e potássio, para abacaxi.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|
| 0–10                                | 5,0                                           | 0–45                                | 12,0                                        |
| 11–30                               | 3,0                                           | 46–90                               | 6,0                                         |
| > 30                                | 0,0                                           | > 90                                | 3,6                                         |

N: de 9 g planta<sup>-1</sup> a 12 g planta<sup>-1</sup>.

O P é aplicado todo no plantio, junto com o adubo orgânico.

O N e o K devem ser parcelados em três ou quatro aplicações, de acordo com o ciclo vegetativo da cultura e a época prevista para a colheita. O N deve ser aplicado no terceiro mês (1,0 g planta<sup>-1</sup>), no quinto e no sexto mês (2,0 g planta<sup>-1</sup>), no sétimo e no oitavo mês (3,0 g/pl.) e no novo mês (3,0 g/pl.) após o plantio da muda. O K é parcelado na proporção de 1/5:1/5:2/5:1/5, devendo ser aplicado, respectivamente, com a segunda, terceira e quarta doses de N, e até 40 a 45 dias antes da indução do florescimento.

Se forem usadas mudas do tipo rebento, com ciclo vegetativo de cerca de 8 meses, as doses totais recomendadas de N e K devem ser parceladas em três vezes.

Na primeira aplicação de N, esse deve ser colocado próximo à base da planta; nas demais, o N e o K são colocados nas axilas das folhas da base da planta.

O sulfato de potássio deve ser usado preferencialmente como fonte de K, uma vez que promove aumento da qualidade do fruto. Entretanto, o cloreto de potássio pode substituí-lo parcialmente e é mais econômico.

Caso se pretenda aproveitar a segunda safra (soca), deve ser feita uma adubação complementar de N e K, nas doses de 1,6 g de nitrogênio por planta e de ½ do potássio recomendado acima. O parcelamento deverá ser feito em duas doses iguais, aplicadas logo após a colheita da primeira safra, e de 3 a 4 meses depois dela.

#### **Notas:**

*1) O uso de substâncias indutoras de floração permite escalonar a produção, melhora a comercialização e favorece o adequado dimensionamento das práticas culturais. Na cultivar Pérola, pode ser usado o carbureto de cálcio ou o ethephon (ethrel). Na cultivar Smooth Cayenne, o ethephon mostra-se mais eficaz.*

*2) Em plantios com alta rentabilidade, o ethephon pode ser associado à ureia, que aumenta a porcentagem de florescimento.*

*3) Na cultivar Smooth Cayenne, que normalmente apresenta pequena produção de mudas (duas ou três por planta), o número de rebentos pode ser aumentado pelo uso de substâncias como o clorofluoreno. O seccionamento de talos é também um processo para a obtenção de mudas, com, aliás, maior sanidade.*

*4) Em terrenos com alta incidência de fusariose, as plantas afetadas e os restos culturais devem ser queimados. O uso de rotação com leguminosas (adubos verdes) é uma prática recomendada para o controle do Fusarium.*

### **14.3.3 Banana (*Musa* spp.)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A temperatura média ideal para a cultura é em torno de 25 °C. Em temperaturas abaixo de 16 °C, a atividade da planta praticamente cessa, não havendo lançamento de folhas novas, o que acarreta o alongamento do ciclo.

A bananeira não se desenvolve em solos encharcados; para contornar esse problema em bananais já implantados, podem ser utilizados drenos de bambu. Solos pedregosos, compactados e argilosos não são

recomendados, pois as raízes da bananeira têm baixo poder de penetração. Os solos profundos e permeáveis (lençol freático abaixo de 0,80 m a 1,00 m) são os mais indicados para a cultura. Os solos arenosos não são adequados, pois retêm pouca umidade, além de favorecerem a presença de nematódeos e o tombamento das plantas.

Para a escolha da área de plantio, quando se tratar de terrenos de encosta, os terrenos soalheiros voltados ao nascente e bem banhados pelo sol são os mais recomendáveis.

As cultivares Prata e Pai Antônio, no Rio de Janeiro, predominam em regiões de encosta, enquanto a Nanicao (banana-d'água) vem sendo introduzida em áreas recém-desbravadas, de topografia menos acidentada. A padronização de mudas por ocasião do plantio é um fator importante para o sucesso do bananal. As melhores mudas são as obtidas da cultura de tecido (micropropagadas), podendo também ser utilizadas mudas do tipo chifrão, com peso igual ou superior a 1,5 kg. Na falta dessas, podem ser utilizados rizomas, inteiros ou em pedaços, com peso acima de 1 kg.

Quando se utilizam mudas obtidas diretamente do campo, ou seja, retiradas de plantios comerciais, o tratamento preventivo das mudas é fundamental, pois o maior problema fitossanitário, o coleóptero *Cosmopolites sordidus* Germ, em seu estágio larval coloniza o rizoma da bananeira, chegando a causar tombamento e até morte da planta. Os nematódeos, colonizando as raízes da bananeira, dificultam a nutrição da planta, provocando o tombamento. Depois de instalados, o seu controle fica difícil, daí a importância do tratamento preventivo.

Recomenda-se a retirada de folhas não funcionais, a roçada e capinas. O desbaste deve ser feito periodicamente, visando a eliminar o excesso de filhotes, mas deixando sempre uma planta-mãe e um seguidor por touceira (filha). Posteriormente, surgirão brotações desse seguidor, e um deles (neta) será selecionado, deixando-se dois seguidores por touceira.

**Produtividade esperada (com irrigação).** Cultivar Prata: de 10 t ha<sup>-1</sup> a 12 t ha<sup>-1</sup>. Cultivar Nanicao: de 30 t ha<sup>-1</sup> a 35 t ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Para a cultivar Prata: de 3 m x 3 m, usando o sistema de desbaste. E para a cultivar Nanicao: de 2,00 m x 2,00 m ou de 2,00 m x 2,50 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 47, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio. Aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  abaixo recomendadas de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

**Tabela 47.** Recomendação de adubação de nitrogênio, fósforo e potássio, para banana.

| Teor de P<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 60                                                        | 0–90                                 | 30                                                      |
| 11–30                                | 40                                                        | 91–135                               | 15                                                      |
| > 30                                 | 20                                                        | >135                                 | 0                                                       |

N:  $40 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### Adubação de formação

Parcelamento. O N em cobertura, 1/3 aos 45 dias e 2/3 aos 90 dias após o plantio; o K em cobertura, 1/3 aos 150 dias e 2/3 aos 270 dias após o plantio; o adubo fosfatado solúvel deverá ser aplicado de uma só vez na cova de plantio; se for feita a aplicação de 1,5 t de fosfato de rocha  $\text{ha}^{-1}$ , deve-se reduzir em 30% a dose da fonte solúvel de fósforo.

### Adubação de produção

Parcelamento. O N e o K deverão ser divididos nas doses recomendadas em três aplicações, nos meses de agosto, dezembro e abril. Para o P, basta uma só aplicação, no mês de agosto (Tabela 48).

**Tabela 48.** Recomendação de adubação de produção, de nitrogênio, fósforo e potássio, para banana.

| Teor de P<br>(mg $\text{kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>(kg $\text{ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>(mg $\text{kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>(kg $\text{ha}^{-1}$ ) |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 0–10                                | 30                                                       | 0–90                                | 90                                                     |
| 11–30                               | 20                                                       | 91–135                              | 60                                                     |
| > 30                                | 0                                                        | > 135                               | 30                                                     |

N: 60 kg  $\text{ha}^{-1}$ .

### Localização e modo de aplicação dos adubos e corretivos.

Em plantios de baixada, o adubo deve ser distribuído em semicírculos, na frente do filhote; em terrenos de encosta, deve-se distribuir o adubo em semicírculos, na frente da planta; a primeira adubação (aos 45 dias) deve ser feita em semicírculos de 0,30 m de raio, na frente das mudas; 2 meses após, o semicírculo deve ter 0,90 m de raio; em espaçamento de 3 m x 3 m, a adubação de produção já pode ser feita a lanço, em área total, sendo o adubo levemente incorporado; quando a topografia permitir, a calagem deve ser feita em toda a área; em terrenos de topografia acidentada, recomenda-se fazer a calagem na cova de plantio, convertendo a quantidade por hectare para o volume da cova, conforme orienta o Capítulo 13. Com o bananal já instalado, as calagens posteriores deverão ser feitas em faixas, seguindo as curvas de nível, nas entrelinhas do bananal.

**Notas:**

1) Se for feita a adubação verde nas entrelinhas do bananal nos dois primeiros anos, a adubação nitrogenada deve ser reduzida em 30%.

2) Atentar para possíveis carências provocadas pelas desproporções entre Ca, Mg e K no solo. O valor de K no solo corresponde a cerca de 10% da soma desses três cátions; ocorre deficiência em valores abaixo de 5%, e toxicidade em valores acima de 20%. A relação cálcio/magnésio deve estar em torno de 2/1, variando entre 1,5/1 e 3/1.

3) Uma alta relação K/Mg provoca uma doença fisiológica denominada azul-da-bananeira. A relação ideal estaria em torno de 1 cmol<sub>c</sub> de K para 3 cmol<sub>c</sub> de Mg.

4) Num bananal bem implantado, é possível explorar culturas intercalares até o segundo ano. Antes de o bananal se fechar, podem ser colhidas duas safras de arroz, ou de milho, ou de feijão. Após a segunda colheita, estando o bananal quase fechado, pode-se plantar uma leguminosa, como adubação verde (ver Capítulo 4).

### 14.3.4 Caqui (*Diospyros kaki*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O caqui-zeiro adapta-se bem aos mais diversos tipos de solo, devendo-se evitar, porém, terrenos encharcados ou sujeitos a alagamento. Entretanto, o desenvolvimento dessa cultura será melhor em solos de textura média, profundos e sem camadas compactadas, e com pH em torno de 6.0.

A maioria dos cultivares de caqui é pouco exigente em número de horas de frio, apesar de ser uma cultura de clima subtropical.

O pomar não deve ser implantado em faces voltadas para o sul, já que a pouca insolação influenciará no pegamento e na qualidade dos frutos. Recomenda-se, ainda, o uso de quebra-ventos.

**Produtividade esperada.** Variedades de caqui do tipo Amagaki produzem em média 80 kg de fruta por planta, por ano (fruta planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Já as variedades dos tipos Sibugaki e Variável produzem em média 100 kg de fruta por planta, por ano, podendo atingir 150 kg fruta planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, se muito bem conduzidos. Essa produtividade é obtida em pomares em plena produção, a partir do oitavo ano.

**Espaçamento.** Para as variedades de caqui-zeiro de grande porte (Rama-Forte e Giombo, por exemplo), utiliza-se o espaçamento de 6 m x 6 m; para as de médio porte (Mikado, por exemplo), de 6 m x 5 m; e para as de menor porte (Fuyu, por exemplo), de 5 m x 5 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas abaixo, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas.

**Adubação de plantio.** Proceder à adubação de plantio conforme a recomendação na Tabela 49.

**Tabela 49.** Recomendação de adubação de plantio, de nitrogênio, fósforo e potássio, para caqui.

| Teor de P<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{g planta}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{g planta}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 0–20                                 | 120                                                          | 0–90                                 | 60                                                         |
| > 20                                 | 60                                                           | 91–135                               | 30                                                         |
|                                      |                                                              | > 135                                | 10                                                         |

N: 40 g  $\text{planta}^{-1}$ .

A dose total de P deve ser aplicada junto com o adubo orgânico: de 20 m a 30 m dias antes do plantio, sendo recomendada a utilização de fosfato de rocha (teor total) para suprir metade da dose. O N e o K devem ser parcelados em três doses iguais, que devem ser aplicadas no início da brotação das gemas e 2 e 4 meses depois.

**Adubação de formação.** No primeiro, segundo e terceiro anos após o plantio, o P deve ser aplicado nas proporções de 1/3, 2/3 e toda a dose recomendada na adubação de plantio, respectivamente. No primeiro e segundo anos, aplicar nitrogênio e potássio nas mesmas quantidades especificadas na adubação de plantio, parcelando as aplicações da mesma forma; no terceiro ano, aplicar o dobro das doses do potássio e do nitrogênio usados no plantio, mantendo o parcelamento em três vezes e nas mesmas épocas; o P pode ser aplicado com a primeira ou a segunda dose de N e K.

**Adubação de produção.** Aplicar, anualmente, 3 kg de esterco de ave bem curtido e as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

**Adubação de manutenção.** Proceder à adubação de plantio conforme a recomendação na Tabela 50.

**Tabela 50.** Recomendação de adubação de manutenção, de nitrogênio, fósforo e potássio, para caqui.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|
| 0–20                                | 90                                            | 0–90                                | 180                                         |
| > 20                                | 60                                            | 91–135                              | 90                                          |
|                                     |                                               | > 135                               | 30                                          |

N: 120 g planta<sup>-1</sup>.

O N e o K devem ser parcelados em três ou quatro doses iguais, aplicadas a partir do início da brotação das gemas e a cada 2 meses seguintes. O P deve ser aplicado de uma só vez com a segunda dose de N e K.

**Notas:**

1) O uso de cobertura morta, na projeção da copa ou em toda a área, é recomendado como prática para conservação de umidade, redução da incidência de invasores e conservação do solo.

2) *Em pomares com maior espaçamento, é recomendado o plantio de leguminosas perenes para adubação verde (amendoim-forrageiro, por exemplo).*

3) *O crescimento e a produtividade do pomar podem ser desuniformes, podendo haver faixas, zonas ou até mesmo árvores isoladas de diferentes comportamentos. Assim, cada talhão deve ser avaliado isoladamente quanto à necessidade de adubação.*

4) *Se, por ocasião do último parcelamento da adubação de produção, as condições climáticas forem de elevadas temperaturas e excesso de chuvas, recomendar-se-á a supressão do fornecimento de adubos nitrogenados, visando-se prevenir a queda de frutos.*

### 14.3.5 Cítricas (*Citrus* spp.)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Diversas espécies e cultivares de cítricas são tradicionalmente plantadas no Rio de Janeiro, com excelente adaptação às condições edafoclimáticas de várias regiões do estado. A maioria dos pomares cítricos no estado está implantada em locais com declividade acima de 8%.

O uso de solos hidromórficos, com drenagem deficiente, frequentemente acarreta a morte de um considerável número de plantas. Os solos mais argilosos podem dificultar o desenvolvimento do sistema radicular da planta, causando baixa produtividade e frutos pequenos.

A produtividade média de três ou quatro caixas por planta é consequência do baixo potencial genético das matrizes utilizadas para a formação dos pomares, associado à presença de doenças viróticas, ao uso inadequado de porta-enxertos e à baixa fertilidade dos solos.

**Produtividade esperada.** De três a quatro caixas de 28 kg de frutos por planta.

**Espaçamento.** O espaçamento para pomares cítricos depende da fertilidade e da textura do solo, do tamanho da copa (plantas oriundas de clones velhos ou clones novos), do porta-enxerto, do clima e de práticas culturais a serem usadas na manutenção do pomar. Os espaçamentos usados são: laranjeiras, 7 m x 7 m, 6 m x 8 m ou 7 m x 8 m; limoeiros, 7 m x 7 m ou 6 m x 8 m; tangerineiras, 5 m x 7 m, 6 m x 7 m ou 7 m x 7 m; e pomeleiros, 8 m x 8 m, 8 m x 9 m ou 8 m x 7 m. Uma técnica que pode ser utilizada é o plantio com espaçamento de 7 m entre fileiras de plantas e de 3,5 m dentro das linhas de plantio, e, aos 10 anos, fazer o desbaste nas linhas, para uma planta, a cada 7 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 51, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio.

Aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  abaixo recomendadas, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

**Tabela 51.** Recomendação de adubação de nitrogênio, fósforo e potássio, para frutas cítricas.

| Teor de P<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{g planta}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{g planta}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 80                                                           | 0–90                                 | 120                                                        |
| 11–30                                | 40                                                           | 91–135                               | 60                                                         |
| > 30                                 | 20                                                           | > 135                                | 30                                                         |

N: 90 g  $\text{planta}^{-1}$ .

No plantio, usar, além da adubação orgânica, 1/3 da dose de N e as doses de P e K supraindicadas, com base na análise das amostras de terra. Aplicar em cobertura o restante do N, em duas doses iguais, aos 180 e 270 dias após o plantio.

No segundo ano, aplicar apenas o N parcelado em duas doses iguais, em setembro-outubro e março-abril.

Do terceiro ao quinto ano, aplicar N, P e K, anualmente, nas mesmas doses usadas por ocasião do plantio. A aplicação deve ser feita em duas épocas: setembro-outubro e março-abril.

A partir do sexto ano, deve ser usado o dobro das quantidades recomendadas acima, mantendo-se o parcelamento em duas épocas.

A aplicação dos adubos em cobertura deve ser feita em toda a área de uma faixa do círculo, compreendida entre a metade do raio da projeção da copa e essa mesma distância além do limite dessa projeção.

#### **Notas:**

1) *O plantio de culturas intercalares pode ser feito nas entrelinhas, até que o pomar chegue à fase de produção. A adubação verde também é recomendada, com o plantio de leguminosas não trepadeiras, que podem ser cortadas na estação seca e deixadas na superfície como cobertura morta.*

2) *O aumento da produtividade dos pomares cítricos no Estado do Rio de Janeiro depende, além da calagem e da adubação adequadas, da melhoria do material genético utilizado.*

### **14.3.6 Coco (*Cocos nucifera*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** No Estado do Rio de Janeiro, os produtores de coco-verde estão concentrados nas regiões Metropolitana, Norte e Litorânea, destacando-se, em área plantada, os municípios de Quissamã, Saquarema, Rio de Janeiro, Itaguaí e Cachoeiras de Macacu. As maiores produtividades foram registradas nos municípios de São João da Barra (18.226 frutos por hectare, por ano; frutos ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), Saquarema (16.400 frutos ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), Macaé (16.100 frutos ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), Magé (14.746 frutos ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e Quissamã (13.185 frutos ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). A produção do estado destina-se principalmente ao mercado de água de coco; porém, nos últimos anos, vem crescendo o consumo de coco seco por agroindústrias, mercados e feiras livres fluminenses, que absorvem quantidades razoáveis de frutos secos oriundos de coqueirais da variedade anã.

A cultura do coco existe no território fluminense há pouco mais de 4 décadas, principalmente após a introdução da cultivar Anão, uma vez que a cultivar típica, também conhecida como coco-da-baía, ou gigante do Brasil, ocorre predominantemente em jardins ou quintais. A partir da década de 1940, o cultivo do coqueiro-anão foi intensificado em alguns municípios do litoral, e atualmente constitui uma alternativa no mercado agrícola, em virtude de sua alta demanda como fruta de consumo in natura verde. A cultivar Anão, de frutos redondos e verdes, é a de maior interesse comercial, por ser a mais produtiva e precoce.

O coqueiro, apesar de adaptar-se em vários solos, tem melhor desenvolvimento em solos arenosos ou de textura média.

**Produtividade esperada.** É de 120 frutos  $\text{pé}^{-1}\text{ano}^{-1}$ .

**Seleção das mudas.** A muda ideal deverá ter de 6 a 8 meses de idade, altura entre 50 cm e 70 cm, apresentar de três a cinco folhas sadias, ser ereta, com aproximadamente 12 cm de circunferência do coleto, ter cor uniforme, sem manchas ou deformações, e estar isenta de pragas e doenças. Essas características referem-se à variedade Anã Verde, que é a mais recomendada para a atividade destinada ao mercado de água de coco. Os híbridos controlados também podem ser utilizados, porém exigem espaçamentos maiores, apresentam frutos maiores, produtividade e precocidade menor que a variedade anã. Ademais, há pequena disponibilidade de mudas idôneas no mercado.

**Espaçamento.** A escolha do espaçamento adequado é um fator importante na futura produção do coqueiro em virtude das consequências que o adensamento poderá trazer à competição por água, luz, nutriente e disseminação de pragas e doenças.

A Tabela 52 a seguir mostra o espaçamento, a disposição e a densidade normalmente utilizados na implantação de coqueirais.

Entre os espaçamentos mencionados, o mais indicado para o coqueiro-anão é o de 7,5 m x 7,5 m x 7,5 m, disposto em triângulo equilátero, admitindo-se aumentar essa distância para 8,0 m quando as condições de solo e clima forem ideais. Para os híbridos controlados, o espaçamento mínimo é 8,5 m, utilizando a disposição em triângulo ou quadrado.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio

**Tabela 52.** Espaçamento, disposição e densidade de plantio de coco, geralmente utilizados no Estado do Rio de Janeiro.

| Espaçamento           | Disposição              | Densidade de coqueiros ha <sup>-1</sup> |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| 7,5 m x 7,5 m x 7,5 m | Quincôncio ou triângulo | 205                                     |
| 8,0 m x 8,0 m x 8,0 m | Quincôncio ou triângulo | 180                                     |
| 7,5 m x 7,5 m         | Quadrado                | 177                                     |
| 7,0 m x 7,0 m         | Quadrado                | 204                                     |
| 8,0 m x 8,0 m         | Quadrado                | 156                                     |
| 8,5 m x 8,5 m x 8,5 m | Quincôncio ou triângulo | 159                                     |
| 8,5 m x 8,5 m         | Quadrado                | 138                                     |
| 9,0 m x 9,0 m x 9,0 m | Quincôncio ou triângulo | 142                                     |
| 9,0 m x 9,0 m         | Quadrado                | 123                                     |

e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 53, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de

**Tabela 53.** Recomendação de adubação de nitrogênio, fósforo e potássio, para coco.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0–10                                | 160                                                                | 0–90                                | 160                                                   |
| 11–30                               | 80                                                                 | 91–135                              | 80                                                    |
| > 30                                | 40                                                                 | > 135                               | 40                                                    |

N: 80 g planta<sup>-1</sup>.

plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. Aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O abaixo recomendadas de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

O adubo fosfatado deve ser aplicado por ocasião do plantio.

O nitrogênio e o potássio devem ser aplicados 3 meses após o plantio, sendo os fertilizantes distribuídos a lanço em torno das plantas, a uma distância de 0,25 m.

No primeiro ano após o plantio, aplicar nitrogênio e potássio nas quantidades especificadas acima, no fim da estação chuvosa.

A partir do segundo ano, aplicar o dobro das doses recomendadas do potássio e do nitrogênio e 1/3 das doses de fósforo. Todo o fósforo e a metade do N e K devem ser aplicados no início da estação chuvosa, e o restante do N e do K, no fim da estação chuvosa.

Repetir a adubação orgânica anualmente, aplicando o esterco a lanço, em faixa circular, e incorporando-o superficialmente. O adubo mineral também é aplicado em faixa, da mesma forma. O esterco, se aplicado, substitui a aplicação de N mineral.

A faixa circular para a aplicação de adubo termina na projeção da copa e é afastada do caule na distância de 0,50 m.

#### Notas:

1) Por ocasião do plantio, as raízes das mudas devem ser podadas.

2) Não deve ser descuidado o aspecto fitossanitário da planta, que, no Estado do Rio de Janeiro, é intensamente atacada por pragas, as quais vão diminuir o efeito da adubação.

3) Usar KCl como fonte de K.

### 14.3.7 Figo (*Ficus carica*)

**Histórico da área.** A figueira adapta-se bem aos mais diversos tipos de solo, devendo-se evitar, porém, terrenos encharcados ou sujeitos a alagamento. Entretanto, o desenvolvimento dessa cultura será melhor em solos de textura média, profundos e sem camadas compactadas. A figueira é pouco exigente em número de horas de frio, apesar de ser cultura de clima temperado; é altamente suscetível aos nematódeos, devendo, por isso, ser evitado o cultivo em solos infestados.

O pomar não deve ser implantado em faces voltadas para o sul, já que a pouca insolação influenciará a qualidade dos frutos. Recomenda-se também o uso de quebra-ventos.

**Produtividade esperada.** De 15 kg a 18 kg de frutos, por planta, por ano (frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Essa produtividade é obtida em pomares em plena produção, a partir do quarto ano.

**Espaçamento.** De 3,5 m x 2,0 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas abaixo, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas.

**Adubação de plantio.** Proceder à adubação de plantio conforme a recomendação na Tabela 54.

**Tabela 54.** Recomendação de adubação de formação, de nitrogênio, fósforo e potássio, para figo.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|
| 0–20                                | 120                                           | 0–90                                | 60                                          |
| > 20                                | 60                                            | 91–135                              | 30                                          |
|                                     |                                               | > 135                               | 10                                          |

N: 40 g planta<sup>-1</sup>.

A dose total de P deve ser aplicada junto com o adubo orgânico, de 20 a 30 dias antes do plantio, sendo recomendada a utilização de fosfato de rocha (teor total) para suprir metade da dose. O N e o K devem ser parcelados em três doses iguais, que devem ser aplicadas na época do início da brotação das gemas e 2 e 4 meses depois.

**Adubação de formação.** No primeiro, segundo e terceiro anos após o plantio, o P deve ser aplicado nas proporções de 1/3, 2/3 e toda a dose recomendada na adubação de plantio, respectivamente. No primeiro e segundo anos, aplicar nitrogênio e potássio nas mesmas quantidades especificadas na adubação de plantio, parcelando as aplicações da mesma forma; no terceiro ano, aplicar o dobro das doses do potássio e nitrogênio usados no plantio, mantendo o parcelamento em três vezes e nas mesmas épocas; o P pode ser aplicado com a primeira ou a segunda dose de N e K.

**Adubação de produção.** Aplicar, anualmente, 3 kg de esterco de ave bem curtido e as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas

(Tabela 55), de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

**Tabela 55.** Recomendação de adubação de produção, de nitrogênio, fósforo e potássio, para figo.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0–20                                | 90                                                                 | 0–90                                | 180                                                   |
| > 20                                | 60                                                                 | 91–135                              | 90                                                    |
|                                     |                                                                    | > 135                               | 30                                                    |

N: 120 g planta<sup>-1</sup>.

O N e o K devem ser parcelados em três ou quatro doses iguais, aplicadas a partir do início da brotação das gemas e a cada 2 meses seguintes. O P deve ser aplicado de uma só vez com a segunda dose de N e K.

**Notas:**

- 1) O uso de cobertura morta, na projeção da copa ou em toda a área, é recomendado como prática para a conservação da umidade, para a redução da incidência de invasores e para a conservação do solo.
- 2) Em pomares com maior espaçamento, é recomendado o plantio de leguminosas para adubação verde.
- 3) O crescimento e a produtividade do pomar podem ser desuniformes, podendo haver faixas, zonas ou até mesmo árvores isoladas de variados comportamentos. Assim, cada talhão deve ser avaliado isoladamente quanto à necessidade de adubação.

### 14.3.8 Goiaba (*Psidium guayava*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A cultura desenvolve-se melhor em solos de textura média, profundos e com boa drenagem, tolerando excesso de água desde que por um curto período de tempo.

**Produtividade esperada.** De 125 kg a 180 kg de frutos/planta. ano, para pomares em plena produção (quarto ano).

**Espaçamento.** Cultivares para mesa: de 5 m x 6 m. Cultivares para indústria: de 5 m x 8 m. Podem ser usados espaçamentos menores: de 4 m x 6 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 56, de acordo com os resultados da análise de amostras de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas.

**Tabela 56.** Recomendação de adubação de nitrogênio, fósforo e potássio, para goiaba.

| Teor de P<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 90                                                          | 0–90                                 | 40                                                        |
| 11–30                                | 60                                                          | 91–135                               | 20                                                        |
| > 30                                 | 30                                                          | > 135                                | 10                                                        |

N: 30 g planta<sup>-1</sup>.

No plantio, além do adubo orgânico, aplicar todo o fósforo (utilizando fosfato de rocha para suprir metade da dose recomendada) e metade da recomendação de potássio. O N deve ser aplicado em duas vezes, sendo metade da recomendação após o pegamento das mudas, com a segunda dose de K, e a outra metade no final do período chuvoso.

**Adubação de fósforo de formação.** No primeiro e segundo anos após o plantio, aplicar, respectivamente, 1/3 e 2/3 da recomendação de fósforo e duplicar as recomendações de nitrogênio e potássio. O N e o K devem ser parcelados em três doses iguais, aplicadas no início, em meado e no final do período chuvoso. O P deve ser aplicado de uma só vez, com a primeira dose de N e K.

**Adubação de produção.** Aplicar anualmente, de acordo com os resultados de análises de terra realizadas de 3 em 3 anos (Tabela 57).

**Tabela 57.** Recomendação de adubação de produção, de nitrogênio, fósforo e potássio, para goiaba.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0–10                                | 60                                                                 | 0–90                                | 120                                                   |
| 11–30                               | 40                                                                 | 91–135                              | 90                                                    |
| > 30                                | 20                                                                 | > 135                               | 60                                                    |

N: 80 g planta<sup>-1</sup>.

O P deve ser aplicado de uma só vez, com a primeira dose de N e K, os quais devem ser parcelados em três doses iguais, aplicadas no início, em meado e no final do período chuvoso. No período de produção, devem também ser aplicados de 1,5 kg a 2,0 kg de esterco de ave por planta, ou o equivalente em outros adubos orgânicos.

#### Notas:

1) Os adubos devem ser aplicados em faixa (ou meia faixa, em terrenos declivosos), com largura igual à do raio da copa da planta, que deve estar afastada do caule na distância de meio raio.

2) A incorporação dos adubos deve ser rasa, de forma a evitar danos ao sistema radicular.

### 14.3.9 Maçã (*Malus domestica*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Das espécies de fruteiras de clima temperado, a macieira e a pereira são as mais exigentes em número de horas de frio por ano para a quebra da dormência, variando de 300 a 1.200 horas. Existem, entretanto, alguns cultivares com exigência de até 200 horas.

O pomar deve ser instalado em terreno com exposição nordeste (evitar exposição sul), sem ocorrência de geadas, de fácil mecanização, não sujeito a ventos fortes, ou, então, protegido por quebra-ventos. Devem ser evitados solos rasos ou mal drenados. O desenvolvimento do pomar dependerá da escolha do porta-enxerto. O uso de cavalo anão ou semianão irá implicar em plantas de pequeno porte, com rápida frutificação, permitindo o plantio adensado.

**Produtividade esperada.** De 5 t ha<sup>-1</sup> a 18 t ha<sup>-1</sup>, de acordo com a idade do pomar (do quarto ano adulto, de 7 a 8 anos).

**Espaçamento.** Enxerto sobre cavalo semivigoroso: 6 m x 4 m (416 plantas ha<sup>-1</sup>) ou 6 m x 3 m (555 plantas ha<sup>-1</sup>). Enxerto sobre cavalo ananicante: 4 m x 2 m (1.250 plantas ha<sup>-1</sup>).

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 58, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser

aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas.

**Tabela 58.** Recomendação de adubação de nitrogênio, fósforo e potássio, para maçã.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0–20                                | 160                                                                | 0–45                                | 30                                                    |
| > 20                                | 80                                                                 | > 45                                | 0                                                     |

N: 20 g planta<sup>-1</sup>.

**Adubação de plantio.** Com base nos resultados da análise inicial das amostras de terra, proceder à adubação de plantio, seguindo a recomendação a seguir.

O P e o K devem ser incorporados junto com o adubo orgânico, enquanto o N deve ser parcelado em quatro doses de 15 g, aplicadas de 60 em 60 dias, a partir do pegamento da muda. O fósforo deve ser aplicado 50% como fosfato de rocha (teor total) e 50% como fonte solúvel.

**Adubação de formação.** De acordo com os resultados da análise de terra efetuada na época do plantio, aplicar: no primeiro ano, 1/3 das doses; no segundo ano, 2/3; e, no terceiro ano, as doses totais de N e K recomendadas (Tabela 59).

**Tabela 59.** Recomendação de adubação de formação, de nitrogênio, fósforo e potássio, para maçã.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0–10                                | 120                                                                | 0–90                                | 180                                                   |
| 11–30                               | 60                                                                 | 91–135                              | 90                                                    |
| > 30                                | 30                                                                 | > 135                               | 30                                                    |

N: 120 g planta<sup>-1</sup>.

O N deve ser parcelado em quatro doses iguais, sendo a primeira aplicação feita no início da brotação (após a fase de dormência), e as demais, a cada 60 dias. O P deve ser aplicado de uma só vez, com a primeira dose de N. O K deve ser parcelado em duas doses iguais, aplicadas com a primeira e a terceira dose de N.

**Adubação de produção.** Deve ser realizada anualmente, com base na expectativa de produção, conforme recomendação (Tabela 60).

**Tabela 60.** Dose recomendada de nitrogênio, fósforo e potássio, para maçã, com base na expectativa de produção.

| Produção<br>(Mg ha <sup>-1</sup> ) | Dose (g planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |                               |                  |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                    | N                                                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 20                                 | 90                                               | 40                            | 180              |
| 30                                 | 130                                              | 60                            | 240              |
| 40                                 | 170                                              | 80                            | 280              |

<sup>(1)</sup>Mg = 10<sup>6</sup>g = 1 t.

De acordo com os resultados das análises das amostras de terra, poderão ser diminuídas as recomendações de P e K, tal como se apresenta na Tabela 61.

**Tabela 61.** Recomendação de redução da adubação de fósforo e potássio, para maçã.

| Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |                | Potássio (K <sub>2</sub> O)         |                |
|------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|
| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> )      | Dose a aplicar | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose a aplicar |
| 0–20                                     | Total          | 0–45                                | Total          |
| > 20                                     | ½              | 46–90                               | ½              |
|                                          |                | > 90                                | ¼              |

O N deve ser parcelado em três doses iguais: a primeira aplicação no início da brotação (após a fase de dormência); a segunda, 45 dias depois; e a terceira, 45 dias após a colheita. O K deve ser parcelado em duas doses iguais, devendo ser aplicado com a segunda e terceira doses de N. O P é aplicado de uma só vez, no início da brotação.

### **Notas:**

1) *Os fertilizantes devem ser aplicados em uma faixa circular cujo meio coincida com o limite externo da projeção da copa, de largura igual à raio da projeção da copa. Os adubos devem ser ligeiramente incorporados para reduzir as perdas por erosão.*

2) *O plantio de culturas anuais nas entrelinhas pode ser feito até o terceiro ano após o plantio, principalmente em plantios não adensados. O uso de leguminosas para a adubação verde é uma opção recomendada para o cultivo nas entrelinhas.*

3) *Em regiões em que o frio não é suficiente para a quebra da dormência, podem ser usados produtos químicos para isso. O mais comum é uma pulverização com uma suspensão de água, óleo mineral (4%) e dinitro-ortho-cresol (DNOC) ou dinitro-ortofenol (DNBP) (0,12%).*

4) *O crescimento e a produtividade do pomar podem ser desuniformes, podendo haver faixas, zonas ou até mesmo árvores isoladas de diferentes comportamentos. Assim, cada talhão deve ser avaliado isoladamente quanto à necessidade de adubação.*

## **14.3.10 Mamão (*Carica papaya*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Embora resista bem em baixas temperaturas, o mamoeiro é sensível a ventos fortes e a geadas. Temperaturas baixas retardam a maturação e diminuem o teor de açúcar. Em solos mal drenados ou sujeitos a encharcamento, a planta é suscetível à doença podridão-do-pé. Terrenos com declive superior a 20% devem ser evitados por conta das dificuldades de mecanização e de colheita e da necessidade de renovação do pomar.

**Produtividade esperada.** De 30 t ha<sup>-1</sup> a 50 t ha<sup>-1</sup> no primeiro ano de produção, decrescendo cerca de 50% no segundo ano.

**Espaçamento.** Filas simples: de 2,5 m a 3,5 m entre fileiras e de 1,5 m a 2,5 m entre plantas; para um espaçamento médio de 3 m x

2 m, são aproximadamente 1.600 pl./ha. Filas duplas em quicôncio: 3,5 m entre fileiras duplas x 1,8 m entre fileiras simples x 1,8 m entre plantas, ou, ainda, 4 m x 2 m x 2 m e 3,5 m x 2 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. O adubo orgânico deve ser aplicado 20 a 30 dias antes do plantio da muda.

**Adubação mineral** (complementar à adubação orgânica). Aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  constantes da Tabela 62, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

**Tabela 62.** Recomendação de adubação de plantio, de nitrogênio, fósforo e potássio, para mamão.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 0–10                                | 40                                                          | 0–45                                | 40                                                        |
| 11–30                               | 20                                                          | 46–90                               | 20                                                        |
| > 30                                | 10                                                          | > 90                                | 0                                                         |

N: 30 g planta<sup>-1</sup>.

Além da aplicação no plantio, aplicar N parcelado em três doses, a primeira (25 g) deve ser aplicada no início da floração, a segunda (15 g) 90 dias após e a terceira (30 g) 90 dias após a segunda. O K deve

ser parcelado em duas doses, aplicadas com a segunda (1/3 da recomendação) e a terceira (2/3 da recomendação) doses de N, Utilizar; preferencialmente, sulfato de potássio como fonte de K.

**Notas:**

1) *A quantidade total de fósforo recomendada pode ser aplicada de uma só vez, antes do transplântio, usando 70% da dose como fosfato de rocha (teor total) e 30% como fosfato solúvel. Nesse caso, aplicar o adubo em faixa ou utilizar uma cova de largura e comprimento maiores.*

2) *A adubação verde, com leguminosas, tem efeito positivo no desenvolvimento do mamoeiro. O adubo verde, de ciclo curto e porte baixo, pode ser plantado de 40 a 50 dias após o plantio das mudas de mamoeiro, em plantios não adensados.*

3) *Em solos arenosos, é aconselhável o uso de cobertura morta, para preservar a umidade.*

### 14.3.11 Manga (*Mangifera indica*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A mangueira adapta-se bem a quase todos os tipos de solo. Entretanto, para a exploração comercial, devem ser evitados terrenos mal drenados ou sujeitos a encharcamento, rasos e pedregosos. Em regiões litorâneas, com chuvas constantes e sem estação de seca definida, a frutificação é deficiente.

Em virtude da propagação por sementes, há inúmeras cultivares nacionais, como Bourbon, Carlota, Extrema, Itamaracá, Espada, Ubá, etc. Entretanto, vem sendo expandido o plantio das cultivares de origem americana, como Haden, Tomy Atkins, Keitt, Irwin, Joe Welch, Palmer e Ruby, graças às altas cotações de seus frutos no mercado brasileiro, que chegam a até três vezes à das cultivares nacionais. A ‘Haden’, embora frequente nos plantios comerciais do País, há mais de 20 anos não é plantada nos Estados Unidos por causa da sua suscetibilidade a doenças (antracnose e seca-da-mangueira) e à alternância da safra.

**Produtividade esperada.** De 300 a 800 frutos por planta, em cultivares com frutos grandes, e de 1 mil a 2 mil frutos por planta, em cultivares com frutos médios e pequenos.

**Espaçamento.** De 10 m x 10 m, com covas de 0,50 m x 0,50 m x 0,50 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas abaixo, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas.

**Adubação de plantio.** Com base nos resultados da análise inicial das amostras de terra, proceder à adubação de plantio, seguindo a recomendação na Tabela 63.

**Tabela 63.** Recomendação de adubação de plantio, de nitrogênio, fósforo e potássio, para manga.

| Teor de P<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{g cova}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{g cova}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 180                                                        | 0–90                                 | 60                                                       |
| 11–30                                | 100                                                        | 91–135                               | 30                                                       |
| > 30                                 | 50                                                         | > 135                                | 0                                                        |

N:  $30 \text{ g cova}^{-1}$ .

O P deve ser aplicado na cova de plantio, junto com o adubo orgânico e a metade da dose de K, sendo 50% como fosfato de rocha (teor total) e 50% de uma fonte solúvel; o N deve ser aplicado aos 30 (10 g) e 90 (20 g) dias após o plantio da muda; a segunda dose de K será aplicada com a segunda de N.

**Adubação de formação.** De acordo com o resultado da análise das amostras de terra, no primeiro, segundo e terceiro anos após o plantio da muda, deve-se aplicar, respectivamente, 1/3, 2/3 e toda a recomendação de N, P e K apresentada na Tabela 64.

**Tabela 64.** Recomendação de adubação de formação de nitrogênio, fósforo e potássio, para manga.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g cova <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g cova <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 45                                                               | 0–90                                | 90                                                  |
| 11–30                               | 20                                                               | 91–135                              | 60                                                  |
| > 30                                | 0                                                                | > 135                               | 30                                                  |

N: 90 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

O P deve ser aplicado de uma só vez, no início do período chuvoso, com a primeira dose de N e K; o nitrogênio e o potássio devem ser aplicados em duas ou três doses iguais, no início, no meio e/ou no fim do período chuvoso.

**Adubação de produção.** Aplicar anualmente, com base na expectativa de produção (unidade: o número de caixas de 28 kg, tipo “M”, por planta) e em análise de terra realizada no início da fase de produção (Tabela 65).

**Tabela 65.** Recomendação de adubação de produção, de nitrogênio, fósforo e potássio, para manga.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g cx <sup>-1</sup> planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g cx <sup>-1</sup> planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 0–20                                | 30                                                                                  | 0–90                                | 120                                                                    |
| > 20                                | 10                                                                                  | 91–135                              | 60                                                                     |
|                                     |                                                                                     | > 135                               | 20                                                                     |

N: 60 g cx<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>; caixa de 28 kg.

A dose total de N deve ser parcelada em três doses iguais, aplicadas em três épocas: antes da florada, após o pegamento dos frutos e após a colheita. O P deve ser aplicado em dose única, junto com a primeira dose de N; o K deve ser aplicado nas três épocas, junto com o N, em doses correspondentes a 1/5, 2/5 e 2/5 da dose total.

No ano em que não houver produção econômica, deverá ser efetuada apenas a primeira aplicação recomendada.

**Notas:**

1) A aplicação dos adubos, na fase de formação, deve ser feita em faixas circulares (ou semicírculos em terrenos declivosos) ao redor das plantas. Na fase de produção, deve ser feita em faixas com larguras variáveis, conforme for a projeção da copa. Em ambos os casos, os adubos devem ser ligeiramente incorporados.

2) O plantio de culturas intercalares, tanto de cereais quanto de frutíferas de ciclo curto, deve ser feito nas entrelinhas do pomar, até que a mangueira chegue à fase de produção.

3) Também é recomendado o plantio de leguminosas para a adubação verde (ver Capítulo 8). Após a instalação do pomar, devem ser feitas análises do solo a cada 3 ou 4 anos, para avaliar a necessidade de calagem e adubação mineral.

### 14.3.12 Maracujá (*Passiflora edulis*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O maracujá-amarelo (*P. edulis flavicarpa*) apresenta frutos de maior tamanho, é mais adaptado a temperaturas elevadas e tem maior produtividade por planta, quando comparado ao maracujá-roxo (*P. edulis Sims*).

O sistema radicular do maracujazeiro ocupa um pequeno volume de solo, principalmente em plantios irrigados; 81% das raízes estão a uma distância de 0,15 m a 0,45 m do caule, e 87% encontram-se numa camada de 0,15 m a 0,45 m de profundidade, ficando a maior concentração entre 0,30 m e 0,45 m.

O cultivo do maracujá não deve ser feito em terrenos recém-desmatados ou que apresentem características favoráveis à ocorrência de *Fusarium* (teores altos de matéria orgânica e de umidade).

Os solos mais indicados são os de textura média ou arenosa e bem drenados. O excesso de umidade favorece o apodrecimento das raízes.

**Produtividade esperada.** De 6 t ha<sup>-1</sup> a 8 t ha<sup>-1</sup> no primeiro ano; de 14 t ha<sup>-1</sup> a 16 t ha<sup>-1</sup> no segundo; e de 10 t ha<sup>-1</sup> a 12 t ha<sup>-1</sup> no terceiro

ano. Em plantios adensados, pode-se ter um aumento de até 50% de produtividade, no primeiro e segundo anos.

**Espaçamento.** De 3 m entre fileiras e 5 m entre plantas; em plantios adensados, são usados 2,50 m x 3,00 m (1.300 pl./ha) ou 2,50 m x 4,00 m (1.000 pl./ha).

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral** (complementar à adubação orgânica). Considerando 1.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas a seguir, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra:

**Adubação de formação.** A recomendação de adubação (Tabela 66) deve ser feita conforme a análise inicial das amostras de terra.

**Tabela 66.** Recomendação de adubação de formação, de nitrogênio, fósforo e potássio, para maracujá.

| Teor de P<br>(mg $\text{kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>(kg $\text{ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>(mg $\text{kg}^{-1}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>(kg $\text{ha}^{-1}$ ) |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 0–10                                | 120                                                      | 0–45                                | 90                                                     |
| 11–30                               | 90                                                       | 46–90                               | 60                                                     |
| > 30                                | 56                                                       | > 90                                | 30                                                     |

N: 80 g planta<sup>-1</sup>.

A dose total do P é aplicada junto com o adubo orgânico. Aplicar os 30 kg de N/ha aos 60 dias após o transplântio; caso se verifique ocorrência de sintomas de deficiência de N, repetir essa dose aos 120 dias. As doses mais altas de K (90 ou 60 kg de  $K_2O$  ha<sup>-1</sup>) deverão ser parceladas, aplicando-se 1/3 juntamente com o fósforo, e os 2/3 restantes aos 60 dias, com o N. Nos casos em que se recomenda a dose mais baixa (30 kg  $K_2O$  ha<sup>-1</sup>), essa será aplicada junto com o N, aos 60 dias após o transplântio.

**Adubação de produção.** A partir da primeira produção, a recomendação deve ser feita segundo as indicações na Tabela 67, com base em nova análise de terra.

**Tabela 67.** Recomendação de adubação de produção, de nitrogênio, fósforo e potássio, para maracujá.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–10                                | 40                                         | 0–45                                | 120                                      |
| 11–30                               | 20                                         | 46–90                               | 80                                       |
| > 30                                | 0                                          | > 90                                | 40                                       |

N: de 120 g a 160 g planta<sup>-1</sup>.

Aplicar em cobertura ao redor de cada planta, no início da floração, e no início e no final do período chuvoso. O N deve ser parcelado em três doses iguais; o P deve ser aplicado de uma só vez, no início da florada; e o K deve ser parcelado em três doses, correspondentes a 0,25, 0,5 e 0,25 da recomendação total.

#### Notas:

1) A quantidade total de fósforo recomendada para cada ano pode ser aplicada de uma só vez, antes do transplântio, usando 70% da dose como fosfato de rocha (teor total) e 30% como fosfato solúvel.

2) A adubação verde, com leguminosas (com exceção de crotalária e centrosema), tem efeito positivo no desenvolvimento do maracujazeiro. O adubo verde, de ciclo curto e porte baixo, pode ser plantado 40 a 50 dias após o plantio das mudas do maracujazeiro, em plantios não adensados.

3) Em solos arenosos, é aconselhável o uso de cobertura morta para preservar a umidade.

### 14.3.13 Pera (*Pyrus communis*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Das espécies de fruteiras de clima temperado, a macieira e a pereira são as mais exigentes em número de horas de frio por ano para a quebra da dormência, número de horas que deve variar de 300 a 1.200 horas. Existem, entretanto, alguns cultivares com exigência de até 200 horas.

O pomar deve ser instalado em terreno com exposição nordeste (evitar exposição sul), sem ocorrência de geadas, de fácil mecanização, não sujeito a ventos fortes ou, então, protegido por quebra-ventos. Devem ser evitados solos rasos ou mal drenados. O desenvolvimento do pomar dependerá da escolha do porta-enxerto. O uso de cavalo de marmeleiro (*Cydonia oblonga*) vai resultar em plantas de pequeno porte e com rápida frutificação, o que vai permitir o plantio adensado.

**Produtividade esperada.** De 5 t ha<sup>-1</sup> a 18 t ha<sup>-1</sup>, de acordo com a idade do pomar (do quarto ano adulto, de 7 a 8 anos).

**Espaçamento.** Enxerto sobre pereira: 7 m x 5 m (285 planta ha<sup>-1</sup>) ou 7 m x 6 m (238 plantas ha<sup>-1</sup>). Enxerto sobre marmeleiro: 4 m x 2 m (1.250 plantas ha<sup>-1</sup>).

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 65,

de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas.

**Adubação de plantio.** Com base nos resultados da análise inicial de terra, proceder à adubação de plantio, seguindo a recomendação na Tabela 68.

**Tabela 68.** Recomendação de adubação de plantio, nitrogênio, fósforo e potássio, para pera.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0–20                                | 160                                                                | 0–45                                | 30                                                    |
| > 20                                | 80                                                                 | > 45                                | 0                                                     |

N: 20 g planta<sup>-1</sup>.

O P e o K devem ser incorporados junto com o adubo orgânico, e o N deve ser parcelado em quatro doses de 15 g, aplicadas de 60 em 60 dias, a contar do pagamento da muda. O fósforo deve ser aplicado 50% como fosfato de rocha (teor total) e 50% como fonte solúvel.

**Adubação de formação.** De acordo com os resultados da análise de terra efetuada na época do plantio, aplicar: no primeiro ano, 1/3 das doses; no segundo ano, 2/3; e no terceiro ano, as doses totais de N e K recomendadas (Tabela 69).

**Tabela 69.** Recomendação de adubação de formação, nitrogênio, fósforo e potássio, para pera.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0–10                                | 120                                                                | 0–90                                | 180                                                   |
| 11–30                               | 60                                                                 | 91–135                              | 90                                                    |
| > 30                                | 30                                                                 | > 135                               | 30                                                    |

N: 120 g planta<sup>-1</sup>.

O N deve ser parcelado em quatro doses iguais, sendo a primeira aplicação feita no início da brotação (após a fase de dormência), e as demais, a cada 60 dias. O P deve ser aplicado de uma só vez, com a primeira dose de N. O K deve ser parcelado em duas doses iguais, aplicadas com a primeira e a terceira dose de N.

**Adubação de produção.** Deve ser realizada anualmente, com base na expectativa de produção, conforme recomendação na Tabela 70.

**Tabela 70.** Dose recomendada de nitrogênio, fósforo e potássio para pera, com base na expectativa de produção das culturas.

| Produção<br>(Mg ha <sup>-1</sup> ) | Dose<br>(g planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |                               |                  |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                    | N                                                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 20                                 | 90                                                  | 40                            | 180              |
| 30                                 | 130                                                 | 60                            | 240              |
| 40                                 | 170                                                 | 80                            | 280              |

Mg = 10<sup>6</sup>g = 1 t.

De acordo com os resultados das análises das amostras de terra, poderão ser diminuídas as recomendações de P e K, conforme recomendação na Tabela 71.

**Tabela 71.** Recomendação de redução da adubação de fósforo e potássio para pera.

| Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |                | Potássio (K <sub>2</sub> O)         |                |
|------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|
| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> )      | Dose a aplicar | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose a aplicar |
| 0–20                                     | Total          | 0–45                                | Total          |
| > 20                                     | ½              | 46–90                               | ½              |
|                                          |                | > 90                                | ¼              |

O N deve ser parcelado em três doses iguais: a primeira aplicação, no início da brotação (após a fase de dormência); a segunda, 45

dias depois; e a terceira, 45 dias após a colheita. O K deve ser parcelado em duas doses iguais, devendo ser aplicado com a segunda e a terceira dose de N. O P deve ser aplicado de uma só vez, no início da brotação.

**Notas:**

1) *Os fertilizantes devem ser aplicados em uma faixa circular cujo meio coincida com o limite externo da projeção da copa, de largura igual à do raio da projeção da copa. Os adubos devem ser ligeiramente incorporados para reduzir as perdas por erosão.*

2) *O plantio de culturas anuais nas entrelinhas pode ser feito até o terceiro ano após o plantio, principalmente em plantios não adensados. O uso de leguminosas para a adubação verde é uma opção recomendada para o cultivo nas entrelinhas.*

3) *Em regiões onde o frio não é suficiente para a quebra da dormência, podem ser usados produtos químicos com esse propósito. O mais comum é uma pulverização com uma suspensão de água, óleo mineral (4%) e dinitro-ortocresol (DNOC) ou dinitro-orthofenol (DNBP) (0,12%).*

4) *O crescimento e a produtividade do pomar podem ser desuniformes, podendo haver faixas, zonas ou até mesmo árvores isoladas de variados comportamentos. Assim, cada talhão deve ser avaliado isoladamente quanto à necessidade de adubação.*

### **14.3.14 Pêssego (*Prunus persica*) e nectarina (*P. persica* var. *Nucipersica*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A grande maioria das cultivares de pessegueiro requer de 600 a 1.000 horas de frio de 7,2 °C para florescer, mas existem cultivares selecionadas até para menos de 150 horas de frio. Entre as cultivares de pessegueiro destacam-se: Maravilha, Flor da Bella, Beaty, Bolão, Ouromel, Alô Doçura e Talismã; e, de nectarina, Sunred ou Rubrosol e Colombina.

A ocorrência de geadas, um pouco antes, durante e logo após o florescimento e nas primeiras fases de frutificação é uma das principais causas da queda de produção. A deficiência ou o excesso de luz e a incidência de ventos fortes têm a mesma consequência. Assim, o pomar deve ser instalado em áreas sem ocorrência de geadas e de ventos fortes, ou onde sejam implantados quebra-ventos, e devem ser evitados terrenos com exposição sul (ou seja, encostas inclinadas para o sul).

O porta-enxerto mais comum é franco (pessegueiro de qualquer cultivar originados de sementes), que requer solos profundos (com mais de 1 m), de textura média, bem drenados e sem pedregosidade ou camadas compactadas. Em solos muito úmidos e/ou de textura argilosa, a ameixeira tem sido usada como porta-enxerto, fato que confere ao pessegueiro características ananizantes.

**Produtividade esperada.** De 25 kg/planta a 50 kg/planta, aumentando progressivamente a partir do terceiro ano, até o oitavo ou o décimo, dependendo do sistema de produção.

**Espaçamento.** De 6 m a 7 m entre linhas e de 3 m a 5 m entre plantas (o mais frequente é de 7 m x 5 m, correspondendo a 285 plantas/ha). Os espaçamentos menores (plantio adensado) exigem maior nível tecnológico e porta-enxertos ananizantes.

**Calagem.** Incorporar calcário, na maior profundidade possível, para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. A adubação orgânica deverá ser feita de 20 a 30 dias antes do plantio da muda.

**Adubação mineral.** Como complemento da adubação orgânica, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  a seguir recomendadas, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

**Adubação de plantio.** Com base nos resultados da análise inicial das amostras de terra: proceder à adubação de plantio, seguindo a recomendação na Tabela 72.

**Tabela 72.** Recomendação de adubação de plantio, de nitrogênio, fósforo e potássio, pêssigo e nectarina.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g cova <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g cova <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 0–20                                | 120                                                              | 0–45                                | 90                                                  |
| > 20                                | 80                                                               | 46–90                               | 30                                                  |
|                                     |                                                                  | > 90                                | 0                                                   |

N: 60 g cova<sup>-1</sup>.

O P e o K devem ser incorporados junto com o adubo orgânico, enquanto o N deve ser parcelado em duas doses, aplicadas em cobertura, aos 60 (1/3) e 150 dias (2/3) após o plantio da muda.

**Adubação de formação.** Deve ser aplicada anualmente, por planta, até à primeira produção, seguindo a recomendação na Tabela 73.

**Tabela 73.** Recomendação de adubação de formação, de nitrogênio, fósforo e potássio, para pêssigo e nectarina.

| Teor de P<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(g planta <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(g planta <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                                                 | 0–90                                | 120                                                   |
| 11–30                               | 40                                                                 | 91–135                              | 60                                                    |
| > 30                                | 20                                                                 | > 135                               | 30                                                    |

N: 120 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

O N deve ser parcelado em quatro doses iguais, sendo feita a primeira aplicação no início da brotação (após a fase de dormência), e as demais, a cada 60 dias. O P deve ser aplicado de uma só vez, junto com a primeira dose de N; e o K deve ser parcelado em duas doses iguais, aplicadas com a primeira e terceira doses de N.

**Adubação de produção.** Deve ser realizada anualmente com base na expectativa de produção, conforme a recomendação na Tabela 74.

**Tabela 74.** Recomendação de nitrogênio, fósforo e potássio para pêssego e nectarina, com base na expectativa de produção das culturas.

| Produção (kg planta <sup>-1</sup> ) | Dose (g planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |                               |                  |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                                     | N                                                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 20                                  | 120                                              | 30                            | 60               |
| 30                                  | 150                                              | 40                            | 80               |
| 40                                  | 180                                              | 50                            | 100              |
| 50                                  | 210                                              | 60                            | 120              |

De acordo com os resultados das análises das amostras de terra, poderão ser diminuídas ou dispensadas as recomendações de P e K, conforme Tabela 75.

**Tabela 75.** Recomendação de redução da adubação de fósforo e potássio pêssego e nectarina.

| Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) |                | Potássio (K <sub>2</sub> O)      |                |
|------------------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|
| Teor de P (mg kg <sup>-1</sup> )         | Dose a aplicar | Teor de K (mg kg <sup>-1</sup> ) | Dose a aplicar |
| 0–10                                     | Total          | 0–90                             | Total          |
| 11–30                                    | ½              | 91–135                           | ½              |
| > 30                                     | Dispensa       | > 135                            | Dispensa       |

O N deve ser parcelado em três doses iguais, devendo ser aplicado no início da brotação, após o raleio dos frutos e imediatamente após a colheita. O K deve ser parcelado em duas doses iguais, devendo ser aplicado junto com a segunda e terceira doses de N. O P é aplicado de uma só vez, no início da brotação.

**Notas:**

1) O crescimento e a produtividade do pomar podem ser desuniformes, podendo haver faixas, zonas ou até mesmo árvores isoladas de variados comportamentos. Assim, cada talhão deve ser avaliado isoladamente quanto à necessidade de adubação.

2) O plantio em terrenos com declive acima de 12% (de 12% a 20%) deve ser feito em terraços. Nesse caso, a calagem é feita antes do terraceamento, e a adubação orgânica e mineral, 30 dias depois.

## 14.4 Forrageiras

### 14.4.1 Capineiras e bancos de proteína

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O cultivo de gramíneas perenes, exclusivas ou consorciadas com leguminosas (capineiras), e o de leguminosas exclusivas (legumineira ou banco de proteína) destinam-se principalmente à suplementação da dieta dos animais herbívoros que utilizam a pastagem como base de sua alimentação, durante o período seco (quando a forragem é escassa). Vários tipos de solo servem para esse fim, sendo mais apropriados os ricos em matéria orgânica e os de áreas de meia encosta ou de várzea, sem problema de inundação.

Capineiras: o uso de capineiras para corte de forragem verde e fornecimento aos animais baseia-se, principalmente, na utilização de gramíneas forrageiras, como as diversas cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) de porte alto (Cameron, Napier, Mineiro, Taiwan, etc.), além dos capins Guatemala (*Tripsacum fasciculatum*) e Venezuela ou Imperial (*Axonopus scoparium*). Apesar da possibilidade do cultivo das áreas de capineira de forma consorciada, principalmente com as leguminosas siratro (*Macroptilium atropurpureum*), centrosema (*Centrosema pubescens*) e kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*), normalmente o cultivo delas é feito de forma exclusiva (somente gramíneas), em virtude das dificuldades de estabelecimento do consórcio das leguminosas com gramíneas de alto potencial de produção. Portanto, na maior parte dos casos, elas são cultivadas por meio da utilização intensa de adubação química e/ou orgânica.

**Legumineiras e bancos de proteína:** o cultivo de leguminosas exclusivas foi introduzido com sucesso no Brasil, principalmente no Centro-Oeste e no Norte do País. As leguminosas forrageiras perenes mais utilizadas para esse fim são o estilósante (*Stylosantes* sp.), o semiperene guandu (*Cajanus cajan*) e, mais recentemente, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) e o macrotiloma (*Macrotyloma axillare*) (ver Observações – item 1 – no final desta planilha).

**Extração de nutrientes.** Considerando a utilização de toda a planta forrageira no manejo de capineiras (somente gramíneas), em cada ano de cultivo anual é extraído em média, por hectare, de 137 kg a 457 kg de N; de 16 kg a 54 kg de P (de 36 kg a 121 kg de  $P_2O_5$ ); de 321 kg a 1.070 kg de K (de 386 kg a 1.288 kg de  $K_2O$ ); de 62 kg a 207 kg de Ca; de 37 kg a 124 kg de Mg; e de 6 kg a 20 kg de S.

**Produtividade esperada.** Para o Estado do Rio de Janeiro, a produtividade média das capineiras pode variar entre 60 t a 200 t de massa verde por hectare por ano, e de 20 t a 40 t de massa verde por hectare por ano para legumineiras e bancos de proteína.

**Espaçamento.** O espaçamento depende do porte da planta e do manejo adotado. Em geral, para capineiras (plantio solteiro ou consorciado), adota-se de 0,80 m a 1,20 m entre sulcos (a depender das espécies forrageiras), com mudas (toletes) seguidas no sistema pé com ponta dentro do sulco, na profundidade média de 10 cm. Depois de feita a cobertura dos sulcos para o capim, deve-se semear sobre o mesmo sulco, na profundidade de 1 cm a 3 cm, as sementes da leguminosa, de modo a obter uma densidade final de 10 plantas por metro linear. Para legumineiras, é comum o uso dos seguintes espaçamentos: leucena – 2 m entre fileira, com 5 plantas por metro linear; estilosante – 0,50 m entre fileiras, com 15 plantas por metro linear; e guandu – 1 m entre fileiras, com 10 plantas por metro linear. Para outras, deve-se consultar profissionais de instituições públicas ou buscar informação na literatura específica.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar nível de cálcio e magnésio para  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  a  $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (função da exigência da planta forrageira), em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

É necessário fazer o acompanhamento anual dos níveis de fertilidade do solo e, se for necessário, realizar calagem em cobertura (superficial), em uma só aplicação, considerando a profundidade de 10 cm, preferencialmente em maio (de posse dos resultados da análise

química da terra, normalmente realizadas em abril e maio), visando anteceder as adubações nitrogenadas, potássicas e/ou fosfatadas da primavera (setembro e outubro).

**Inoculação das leguminosas.** As sementes de leguminosas forrageiras destinadas à formação de legumineiras e/ou de bancos de proteína devem ser inoculadas com bactérias específicas, conforme descrito no Capítulo 8.

**Adubação orgânica.** No caso de capineiras, o uso da adubação orgânica pode substituir parcial ou totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. É recomendável que os dejetos dos animais que utilizam essas culturas na alimentação sejam aplicados na área de produção, para garantir a ciclagem de parte dos nutrientes e reduzir a dependência de insumos minerais. O adubo orgânico pode ser aplicado no plantio, distribuído em área total após a calagem e a aração, e incorporado pela gradagem (se > 20 toneladas ha<sup>-1</sup>), ou misturado no sulco (em quantidades menores). Em cobertura, deve ser aplicado após cada corte (capineiras ou legumineiras) ou pastejo (banco de proteína).

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 76, de acordo com os resultados da análise de terra, na formação e manutenção da cultura forrageira.

**Tabela 76.** Recomendação de adubação de fósforo e potássio para formação e a manutenção de forrageiras.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 100                                                             | 0–45                                | 60                                                 |
| 11–20                               | 80                                                              | 46–90                               | 30                                                 |
| 21–30                               | 40                                                              | 91–135                              | 15                                                 |
| > 30                                | 20                                                              | > 135                               | 0                                                  |

**Adubação de formação.** Para a formação, o fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação a lanço, em cobertura, junto com o nitrogênio, distribuindo 1/3 das recomendações de N e  $K_2O$  aos 20 dias e 2/3 aos 40 dias após plantio. A partir do primeiro corte ou pastejo, são realizadas as adubações de manutenção.

Outra opção para adubação de formação é a aplicação da dose total de fósforo de duas formas:

- a) Usar 70% do total na forma de fosfato natural (de baixa solubilidade), distribuído a lanço, 60 dias antes do plantio, seguido de aração e gradagem. Por ocasião do plantio, fazer a calagem e aplicar o restante da dose total (30%) na forma de fonte solúvel, no fundo do sulco.
- b) Fazer a calagem na época normal e, antes do plantio, usar somente fonte solúvel de fósforo e na dosagem total recomendada, distribuída no sulco de plantio.
- c) A adubação de manutenção com fósforo (em cobertura) também pode ser realizada em uma só aplicação, durante a primavera (de setembro a novembro), após a ocorrência das primeiras chuvas.

**Adubação de manutenção.** Para manutenção, as adubações de cobertura de P e K deverão ser parceladas e distribuídas, juntamente com o N, após cada corte (capineiras e legumineiras) ou pastejo (bancos de proteína), de acordo com as condições edafoclimáticas locais e da época. Em capineiras, legumineiras e bancos de proteína já formados, usar a adubação recomendada acima, de acordo com os resultados da análise química de terra, que deve ser feita anualmente, no início do outono (abril).

As adubações fosfatadas devem ser feitas em cobertura e a lanço, em uma única aplicação, no início da primavera (outubro); ou de forma parcelada, juntamente com as doses de N e  $K_2O$  (capineiras de gramíneas exclusivas); ou somente de K (legumineiras e bancos de proteína), dependendo do benefício/custo dos fertilizantes (simples ou formulados) disponíveis na ocasião e da operacionalidade da adubação.

As adubações nitrogenadas e potássicas (capineiras exclusivas) ou somente potássicas (legumineiras e bancos de proteína) deverão ser feitas em cobertura e a lanço, sempre fracionadas, e aplicadas após os cortes ou pastejos, desde que as condições edafoclimáticas (principalmente a umidade do solo) sejam favoráveis.

No caso do cultivo exclusivo de gramíneas para capineira, são recomendados, no mínimo, 20 kg ha<sup>-1</sup> de N após cada corte

(variando de quatro a sete cortes anuais, em média). Caso as recomendações de adubação anual sejam altas, aplicar a dose máxima de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N em cada parcela, a fim de evitar maiores perdas de N.

As recomendações das doses anuais de N variam conforme a espécie e/ou a cultivar de gramínea forrageira (potencial de produção), o manejo, o objetivo e o nível tecnológico do sistema de produção animal, oscilando de 80 kg ha<sup>-1</sup> a 400 kg ha<sup>-1</sup> de N, por ano, segundo esses critérios. As legumineiras, os bancos de proteína e/ou as capineiras consorciadas (gramíneas e leguminosas), em geral, não são adubadas com nitrogênio, exceto no período de formação, antes que a nodulação seja eficiente, e/ou nas duas ou três semanas antes da floração da leguminosa (máximo de 25 kg ha<sup>-1</sup>).

**Monitoramento da adubação de manutenção.** Em áreas de capineiras exclusivas de gramíneas forrageiras adubadas somente com adubo mineral, existe outro critério para indicar as dosagens de adubação com K<sub>2</sub>O, na proporção 1:1, com a recomendação de N para adubações de manutenção em cobertura, em virtude da grande extração de nutrientes por parte da cultura. Já em áreas também adubadas com adubo orgânico, considerando a reposição e visando evitar grandes perdas de K no cultivo de capineiras, em razão da baixa CTC normalmente verificada nos solos do Rio de Janeiro, há um critério prático para recomendação do uso da proporção K<sub>2</sub>O:N com base no nível de saturação por bases (V%), que é apresentado na Tabela 77.

**Tabela 77.** Relação entre saturação de bases (V) e proporção de K<sub>2</sub>O e N desejáveis nas recomendações de K e N de capineiras.

| V (%) do solo | Proporção K <sub>2</sub> O: N |
|---------------|-------------------------------|
| 15–30         | 0,50: 1,0                     |
| 31–45         | 0,60: 1,0                     |
| 46–60         | 0,75: 1,0                     |
| > 60          | 0,85: 1,0                     |

**Notas:**

1) A *leucena* (*Leucaena leucocephala*), embora se preste muito bem a essa finalidade, por apresentar elevadas produção de biomassa e taxas de fixação

*biológica de N<sub>2</sub> (ver Capítulo 8), é uma espécie extremamente agressiva e dominadora, apresentando riscos de invasão em ambientes muito alterados. No caso de áreas onde a espécie já exista, a leucena não deve ser utilizada na dieta exclusiva dos animais, pois poderá, eventualmente, lhes acarretar problemas de intoxicação. De forma geral, a dieta alimentar do rebanho deve ser mantida na proporção de 30% da leguminosa para 70% da gramínea, com base no consumo de matéria seca dos animais herbívoros.*

*2) As sementes de algumas leguminosas, como as de siratro, kudzu, soja perene, centrosema e leucena, precisam ser escarificadas. A escarificação pode ser feita com lixa fina ou pela imersão em água quente, a 80 °C aproximadamente, deixando-se as sementes imersas até o esfriamento da água; depois, faz-se a inoculação. Neste último caso, o plantio deve ser realizado em seguida. Algumas firmas fornecem sementes já escarificadas.*

*3) Para evitar a perda de nutrientes, sobretudo de N, no esterco de curral curtido, deve-se misturar 50 kg de superfosfato simples (ou gesso agrícola – sulfato de cálcio) a cada tonelada de esterco fresco, no momento de seu recolhimento e da limpeza dos estábulos.*

#### **14.4.2 Milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para ensilagem**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** As considerações sobre milho e sorgo para produção de grãos, feitas nas planilhas correspondentes, são válidas também para essas culturas, quando destinadas à produção de silagem, mas com algumas alterações, que serão abordadas a seguir. Deve-se considerar que, apesar de a maior densidade nutricional ser representada por espigas e cachos, no caso da ensilagem, toda a planta forrageira é aproveitada para a confecção de forragem conservada (silagem), o que implica também a qualidade do seu colmo. Daí a grande importância atribuída à escolha de material genético específico, utilizado para essa finalidade, bem como à sua adaptação edafoclimática regional, além do momento ideal de colheita das culturas com base em seus teores de matéria seca (de 30% a 35% para milho, e de 28% a 30% para sorgo). A consorciação dessas plantas com leguminosas permite aumentar o valor nutricional da forragem.

**Produtividade esperada.** Para o Estado do Rio de Janeiro, pode-se esperar de 20 t a 50 t de massa verde ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Para o plantio de milho ou sorgo visando à produção de silagem, o espaçamento pode variar de 0,70 m a 1,00 m entre fileiras (a depender do material genético e de maquinário específico para colheita), com média de 8 a 10 plantas por metro linear para o milho, e de 10 a 15 para o sorgo. Se consorciado, a leguminosa deve ser plantada junto ou entre as fileiras da gramínea, de forma a se obter a densidade de três plantas por metro linear, em fileiras alternadas. Na ensilagem, procurar manter a proporção de, no máximo, 30% de leguminosa para 70% de gramínea, com base em suas matérias verdes.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total ou na cova, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. Ocorrendo sintoma de carência de N na gramínea, deve ser feita adubação em cobertura com 30 kg de N por hectare. O adubo orgânico deve ser aplicado no plantio, distribuído em área total após calagem e aração, e incorporado pela gradagem. As quantidades de adubo orgânico a serem utilizadas em áreas de lavouras de milho e sorgo vão depender, sobretudo, da disponibilidade de material e de mão de obra, da operacionalidade da estocagem e da distribuição dos adubos no campo.

**Adubação mineral.** Seguir as mesmas recomendações de NPK apresentadas nas planilhas de milho e sorgo.

### 14.4.3 Pastagens exclusivas e consorciadas

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A maior parte das áreas já formadas e/ou destinadas à formação de pastagens

no Estado do Rio de Janeiro é constituída por solos ácidos e de baixa fertilidade. Nesses solos, há, frequentemente, deficiência de nutrientes, sobretudo de N, P, Ca, Mg e S, e, em alguns casos, de K e micronutrientes (Zn, B e Mo), o que limita o estabelecimento e a sustentabilidade das áreas de pastagens exclusivas e consorciadas entre gramíneas e leguminosas, resultando em enormes áreas de pastagens já degradadas ou em processo de degradação. Além disso, essas plantas apresentam baixos níveis de nutrientes em sua forragem, resultando em problemas de nutrição e de baixo desempenho dos animais que as pastejam.

O sucesso da formação e da manutenção dos agroecossistemas de pastagens dependerá, portanto, do conhecimento das características químicas, físicas e biológicas do solo, para orientar tanto as práticas de calagem e adubações das pastagens, quanto para a escolha de espécies e/ou cultivares de plantas forrageiras mais adaptadas às condições edafoclimáticas existentes em certa localidade específica. Assim, se o objetivo é obter forragem de alta qualidade e alto desempenho animal em ambientes de pastagens produtivas e sustentáveis, é preciso melhorar as condições de fertilidade dos solos originalmente pobres, ou reconstituir a fertilidade daqueles que já foram férteis, mas se esgotaram.

No mercado, existe uma grande variedade de espécies e/ou cultivares de forrageiras, principalmente de gramíneas. Contudo, mesmo considerando a mesma família, o mesmo gênero e a mesma espécie, cada uma possui exigências nutricionais específicas e de manejo em geral, decorrentes de suas características morfofisiológicas e de adaptação edafoclimática, integradas aos objetivos dos sistemas de produção animal. Assim, com o propósito de associar os níveis tecnológicos a algumas espécies forrageiras mais utilizadas pelos pecuaristas do estado, foi elaborada a Tabela 78, que pode servir de suporte à orientação dos níveis de exigência das plantas forrageiras quanto às necessidades de calagem. Cumpre alertar que, tão importante quanto escolher o nível tecnológico mais adequado a cada realidade, é selecionar a(s) forrageira(s) mais adaptada(s) a cada situação.

Se o objetivo é formar ou manter uma pastagem consorciada, é desejável manter uma proporção de 25% a 35% de leguminosa para 75% a 65% de gramínea, com base na massa seca de forragem produzida nas pastagens.

**Tabela 78.** Recomendação de espécies de gramíneas e leguminosas, e respectivas exigências de Ca + Mg trocáveis, para vários níveis tecnológicos de produção.

| Nível tecnológico     | Gramíneas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Leguminosas                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Exigência (Ca + Mg) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Muito alto (Grupo I)  | Elefante ( <i>Pennisetum purpureum</i> cv. Cameron, cv. Napier, cv. Taiwan, cv. Mott, etc.); <i>Panicum maximum</i> (cv. Colômbia, cv. Mombasa, cv. Tanzânia)                                                                                                                                                                                                                                                     | Alfafa ( <i>Medicago sativa</i> ); Leucena ( <i>Leucaena leucocephala</i> )                                                                                                                                                                                                                                      | 3,0                                                       |
| Alto (Grupo II)       | Falsa Canarana ou Erecta Lisa ( <i>Echinochloa pyramidalis</i> ); <i>B. brizantha</i> (cv. Xaraés); Tiftons 65, 68 e 85 ( <i>Cynodon</i> sp.); Guatemala ( <i>Tripsacum fasciculatum</i> ); <i>Panicum maximum</i> (cv. Aruanã, cv. Colômbia de Tanganika, cv. Likoni e cv. Sempre Verde)                                                                                                                         | Soja perene ( <i>Neotonia wightii</i> ); Kudzu Tropical ( <i>Pueraria phaseoloides</i> )                                                                                                                                                                                                                         | 2,8                                                       |
| Médio (Grupo III)     | Estrela Africana ( <i>Cynodon pletostachyus</i> ); Rhodes ( <i>Chloris gayana</i> ); <i>B. brizantha</i> (cv. Xaraés); Angola ( <i>B. mutica</i> ); <i>Setaria anceps</i> ; <i>Hemarthria altissima</i> ; Coastcross-1 ( <i>Cynodon</i> sp.); <i>Digitaria swazilandensis</i> ; <i>D. decumbens</i> (cv. Transvala); <i>Paspalum atratum</i> (cv. Pojuca); Canarana Verdadeira ( <i>Echinochloa polystachya</i> ) | Galáxia ( <i>Galactia striata</i> ); Siratro ( <i>Macroptilium atropurpureum</i> ); Centrosema ( <i>Centrosema pubescens</i> ; <i>C. brasilianum</i> ); Amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> ); Estilosante ( <i>Stylosanthes guianensis</i> ; <i>S. hamata</i> )                                         | 2,5                                                       |
| Baixo (Grupo IV)      | Bermudas ( <i>Cynodon dactylon</i> ); Jaraguá ( <i>H. rufa</i> ); Gamba ( <i>A. gayanus squamulatus</i> ); <i>Andropogon gayanus bisquamulatus</i> (cv. Planaltina); <i>B. brizantha</i> (cv. Marandu); Estrela Africana ( <i>Cynodon pletostachyus</i> )                                                                                                                                                         | Estilosantes ( <i>Stylosanthes guianensis</i> ; <i>S. humilis</i> ; <i>S. capitata</i> ; <i>S. macrocephala</i> ); <i>Macrotyloma axillare</i> ; <i>Desmodium ovalifolium</i> ; Guandu ( <i>cajanus cajan</i> ); <i>Arachis pintoi</i> ; <i>A. glabrata</i> ; <i>A. prostrata</i> ; <i>Alysicarpus vaginalis</i> | 2,3                                                       |
| Muito baixo (Grupo V) | <i>Brachiaria decumbens</i> ; <i>B. humidicola</i> ; <i>B. radicans</i> ; Batatais ( <i>Paspalum notatum</i> ); Gordura ( <i>Melinis minutiflora</i> )                                                                                                                                                                                                                                                            | Calopogônio ( <i>Calopogon mucunoides</i> ); Estilosante ( <i>Stylosanthes guianensis</i> ); <i>Macrotyloma axillare</i> ; <i>Desmodium barbatum</i> ; <i>D. canum</i> ; <i>D. adscendens</i>                                                                                                                    | 2,0                                                       |

**Extração de nutrientes.** Em média, é extraído por hectare por ano (pasto com gramínea), e considerando a planta toda: de 64 kg a 428 kg de N; de 6 kg a 40 kg de P; de 148 kg a 984 kg de K; de 30 kg a 200 kg de Ca; de 29 kg a 196 kg de Mg; e de 4 kg a 28 kg de S. Vale lembrar que pastos de melhor qualidade requerem maior reposição por causa da elevada estocagem de nutrientes em sua biomassa.

**Produtividade esperada.** A produtividade anual de massa seca de forragem oriunda das pastagens varia bastante, conforme for(em) a(s) espécie(s) e/ou a cultivar(es) forrageira(s) utilizada(s), o manejo praticado, o objetivo e o nível tecnológico do sistema de produção. Podem-se esperar produtividades médias de 6 t a 40 t de massa seca por hectare, por ano, para o Estado do Rio de Janeiro.

**Espaçamentos.** Plantas forrageiras utilizadas para a formação de pastagens podem requer diversas formas de plantio ou semeadura, variando também o espaçamento e a densidade de semeadura conforme a espécie e/ou a cultivar escolhida.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  a  $3,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (função da exigência da planta forrageira), em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

É necessário fazer o acompanhamento anual dos níveis de fertilidade do solo e, caso seja necessário, realizar calagem em cobertura (superficial) em uma só aplicação, considerando a profundidade de 10 cm, preferencialmente em maio (após resultados da análise química de terra, normalmente realizadas em abril e maio), visando anteceder as adubações nitrogenadas, potássicas e/ou fosfatadas da primavera (setembro e outubro).

**Adubação orgânica.** Na maior parte das áreas de pastagens, em virtude das dificuldades de armazenamento e distribuição de grandes quantidades de adubo orgânico em área total, normalmente são consi-

deradas apenas as adubações orgânicas oriundas dos dejetos dos próprios animais em pastejo, as quais somente poderão substituir parcialmente a adubação mineral para que haja perenidade desses agroecossistemas. Se for possível distribuir dejetos sólidos e/ou líquidos (fertirrigação), a quantidade a ser empregada vai depender da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando utilizadas quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. O adubo orgânico pode ser aplicado no plantio, distribuído em área total, após calagem e aração, e incorporado pela gradagem (se  $> 20 \text{ t ha}^{-1}$ ), ou misturado no sulco (quantidades menores). Em cobertura, deve ser aplicado após o pastejo (no caso de chorume).

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 79, de acordo com os resultados da análise de terra, na formação e na manutenção das pastagens.

**Tabela 79.** Recomendação de adubação de fósforo e potássio para a formação e a manutenção de capineiras.

| Teor de P<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0–10                                 | 100                                                       | 0–45                                 | 60                                                      |
| 11–20                                | 80                                                        | 46–90                                | 30                                                      |
| 21–30                                | 40                                                        | 91–135                               | 15                                                      |
| $> 30$                               | 20                                                        | $> 135$                              | 0                                                       |

**Adubação de formação.** Para a formação, o fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação a lanço, em cobertura junto com o nitrogênio, distribuindo-se 1/3 das recomendações de N e  $\text{K}_2\text{O}$  aos 20 dias e 2/3 aos 40 dias após plantio. A partir do primeiro ciclo de pastejo, são realizadas as adubações de manutenção.

**Adubação de manutenção.** Nas pastagens já formadas e/ou degradadas, usar a adubação recomendada acima, de acordo com os resultados da análise química de terra, que deve ser feita anualmente, no início do outono (abril).

As adubações fosfatadas devem ser feitas em cobertura e a lanço, em uma única aplicação no início da primavera (outubro); ou de forma parcelada, juntamente com as doses de N e  $K_2O$ , dependendo do benefício/custo dos fertilizantes (simples ou formulados) disponíveis na ocasião e da operacionalidade da adubação.

As adubações nitrogenadas e potássicas deverão ser feitas de forma conjunta, em cobertura e a lanço, sempre fracionadas, e aplicadas depois dos pastejos, desde que as condições edafoclimáticas (principalmente a umidade do solo) sejam favoráveis. É indicado parcelar as doses anuais, no mínimo em três vezes (parcelas), no início da primavera (primeiras chuvas, de setembro/outubro), meio do verão (janeiro) e no outono (últimas chuvas de abril/maio), a fim de melhorar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes dos adubos. Caso as recomendações de adubação anual de N sejam altas, aplicar a dosagem máxima de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N em cada parcela, a fim de evitar maiores perdas do nutriente. As recomendações das doses anuais de N variam conforme a espécie e/ou a cultivar de gramínea forrageira (potencial de produção), o manejo, o objetivo e o nível tecnológico do sistema de produção animal, oscilando de 30 kg a 400 kg de N por hectare, por ano, segundo esses critérios.

**Monitoramento da adubação de manutenção.** A distribuição parcelada dos dejetos dos animais em cobertura nas áreas de pastagens já formadas pode substituir parcialmente a adubação mineral. Considerando essa reposição e visando evitar grandes perdas de  $K_2O$  (via adubação) em áreas de pastagens exclusivas de gramíneas em função da baixa CTC normalmente verificada nos solos do Rio de Janeiro, um critério prático para recomendação do uso da proporção  $K_2O:N$  com base no nível de saturação por bases (V%) é apresentado na Tabela 80. Depois de ter atingido V% superior a 60%, outro critério para a indicação de doses de N baseia-se na lotação animal, sendo indicados valores médios de 30 kg de N por hectare, por ano, para cada unidade animal (UA = 450 kg de peso), ou de 40 kg a 45 kg de N por hectare, por ano, para cada vaca em lactação (VL) em pastejo.

**Tabela 80.** Relação entre saturação de bases (V) e proporção de  $K_2O$  e N desejáveis nas recomendações de K e N de capineiras.

| V (%) do solo | Proporção $K_2O:N$ |
|---------------|--------------------|
| < 15          | 0,25: 1,0          |
| 15–30         | 0,50: 1,0          |
| 31–45         | 0,60: 1,0          |
| 46–60         | 0,75: 1,0          |
| > 60          | 0,85: 1,0          |

Outro monitoramento importante diz respeito às proporções de alguns cátions na complexo sortivo do solo, medido pela sua capacidade de troca catiônica (CTC), sendo consideradas como adequadas aquelas apresentadas na Tabela 81.

**Tabela 81.** Proporções desejáveis de Ca e Mg trocáveis e de K disponível na CTC de solos de pastagens.

| Cátions | Proporção na CTC (%) |
|---------|----------------------|
| Ca      | 65–85                |
| Mg      | 6–12                 |
| K       | 2–5                  |
| H       | 20                   |

Fonte: adaptado de Corsi e Nussio (1992).

### Notas:

1) Em pastagens consorciadas de gramíneas com leguminosas, em geral, não se faz adubação nitrogenada, exceto no período de formação, antes que a nodulação seja eficiente, e/ou nas duas ou três semanas antes da floração da leguminosa (no máximo  $25 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

2) No caso do pasto consorciado, deve-se fazer a escarificação das sementes das leguminosas – quando necessário – e sua inoculação com bactérias fixadoras de N (ver Capítulo 8).

3) Na formação, a dose total de fósforo pode ser aplicada de duas formas: a) usando-se 70% do total na forma de fosfato natural (de baixa solubilidade), distribuído a lanço, 60 dias antes do plantio, seguido de aração e gradagem. Por ocasião do plantio, fazer a calagem e aplicar o restante da dose total (30%) na forma de fonte solúvel, no fundo do sulco; b) fazer a calagem na época normal e, antes do plantio, usar somente fonte solúvel de fósforo, na dosagem total recomendada, distribuída no sulco de plantio.

4) Recomenda-se a aplicação de 20 kg a 40 kg de S por hectare, na formação e na manutenção (anualmente), quando os fertilizantes utilizados não fornecerem essa quantidade.

## 14.5 Ornamentais

### 14.5.1 Antúrio (*Anthurium andreanum*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** Plantações comerciais devem ser implantadas em terrenos planos, onde seja fácil a instalação de um ripado para promover de 70% a 80% de sombreamento. A temperatura noturna mínima deve ser de 16 °C. A planta apresenta melhor desenvolvimento em solos orgânicos. Podem ser utilizados diversos substratos naturais orgânicos, tais como: compostos com restos de plantas, terra vegetal, galhos e troncos em decomposição, entre outros.

**Espaçamento.** Sugerem-se canteiros de 1,20 m de largura, com plantas espaçadas de 0,40 m x 0,40 m, formando triangulações entre linhas. Os canteiros podem ter comprimento diverso, sendo recomendado que não excedam 50 m, mantendo 0,50 m entre os canteiros.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder

relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

### Adubação orgânica e mineral

**Formação:** a adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. O adubo orgânico deve ser incorporado de 20 a 30 dias antes do plantio. Para a adubação mineral, aplicar metade das doses de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$  recomendadas abaixo, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra; e metade da dose de N mineral indicada para a adubação de manutenção.

**Manutenção:** aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 82, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra, coletadas antes do plantio.

**Tabela 82.** Recomendação de adubação de plantio, de nitrogênio, fósforo e potássio, para antúrio.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–20                                | 200                                        | 0–90                                | 240                                      |
| > 20                                | 100                                        | 91–135                              | 160                                      |
|                                     |                                            | 136–270                             | 80                                       |
|                                     |                                            | > 270                               | 0                                        |

N: 80 kg ha<sup>-1</sup>.

As doses de adubos minerais, exceto a de fósforo, recomendadas como adubação de manutenção para um ano devem ser parceladas em seis aplicações, efetuadas a cada 2 meses, sendo a primeira feita aos 4 meses após o plantio. O adubo fosfatado deve ser aplicado uma vez por ano, seguido de leve incorporação. Entre as plantas, incorporar torta de mamona, 6 meses após o plantio, e sucessivamente, a cada 6 meses. A análise de amostras de terra deve ser repetida a cada 3 anos.

**Notas:**

1) A cultura do antúrio é sombreada, para evitar a queima das folhas pela incidência direta da luz solar. Essa condição favorece o desenvolvimento vegetativo, em detrimento da floração; por isso, é importante que a adubação nitrogenada não exceda os níveis recomendados.

2) Além disso, deve-se podar as folhas que já produziram haste floral, para evitar sombreamento nas axilas das folhas produtivas.

### **14.5.2 Crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* e *Chrysanthemum indicum*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A cultura do crisântemo ou monsenhor, para a produção de flor para corte, pode ser plantada em praticamente qualquer tipo de solo, desde que seja adequadamente conduzida. As plantas são suscetíveis a diversos organismos de solo, o que implica o tratamento de desinfestação do solo, sempre que possível. Como as plantas são propagadas por estacas enraizadas em canteiros de neblina, os cuidados devem ser tomados desde essa fase, para evitar que propágulos contaminados sejam utilizados na produção de flores. A temperatura noturna deve ser em torno de 15 °C, e a diurna, em torno de 22 °C. Temperaturas altas causam clareamento das cores das flores, e temperaturas baixas provocam coloração rósea em flores brancas ou de cores claras.

**Espaçamentos.** O produtor cultiva o crisântemo simultaneamente, em dois grupos: o lote-matriz e o lote de produção. Em ambos, os canteiros têm 1 m de largura, espaçados em 0,50 m, e comprimento variável, até o máximo de 50 m. O lote-matriz é plantado com espaçamento de 0,25 m entre linhas e com 30 ou 40 plantas por metro quadrado, respectivamente, para matrizes velhas e novas. No lote de produção, a densidade é de 72 plantas/m<sup>2</sup>, com espaçamento de 0,20 m entre linhas.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder

relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

### Adubação orgânica e mineral

**Adubação de formação.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. O adubo orgânico deve ser incorporado de 20 a 30 dias antes do plantio. Para a adubação mineral, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e de  $K_2O$  recomendadas na Tabela 83, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

**Tabela 83.** Recomendação de adubação de plantio, de nitrogênio, fósforo e potássio, para crisântemo.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–20                                | 250                                        | 0–90                                | 300                                      |
| > 20                                | 100                                        | 91–135                              | 200                                      |
|                                     |                                            | 136–270                             | 100                                      |
|                                     |                                            | > 270                               | 0                                        |

N: 100 kg ha<sup>-1</sup>.

**Adubação de manutenção.** Fazer adubação nitrogenada por cobertura ou por meio da fertirrigação, espaçadas de modo a fornecer 600 kg de N ha<sup>-1</sup>, até que as flores atinjam de 1,0 cm a 1,5 cm de diâmetro. Usar solução comercial de micronutrientes contendo de 3 ppm a 5 ppm de ferro, para pulverizar as plantas na terceira semana após o plantio.

### Notas:

1) A cultura de crisântemo para a produção de flores de corte deve ser tutorada com suporte de malha de arame, com altura graduada conforme o desenvolvimento da planta.

2) O crisântemo responde a fotoperíodo. A maioria das cultivares de flor para corte é de plantas de dia curto, devendo-se, por isso, usar iluminação artificial

*ou cobertura negra para induzir o desenvolvimento vegetativo ou a floração, respectivamente.*

### 14.5.3 Gladíolo (*Gladiolus hybrida*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O gladíolo, ou palma-de-santa-rita, produz flores de melhor qualidade em solos profundos, bem drenados e de textura média. Também pode produzir bem em solos arenosos, com menos de 1% de matéria orgânica, desde que práticas culturais adequadas sejam usadas. Solos argilosos devem ser evitados, porque o sistema radicular do gladíolo é facilmente danificado, em virtude da excessiva umidade no solo. O local para plantio deve ser plano e com temperatura em torno de 20 °C, sendo recomendada a desinfestação do solo ou, pelo menos, a rotação a cada 3 anos, para evitar o desenvolvimento de fungos patogênicos de solo. É importante dispor de irrigação para as épocas de seca, porque a falta de água torna quebradiço o pendão floral.

**Espaçamentos.** Os cormos, ou bulbos sólidos, são plantados em linhas simples ou duplas, com 13 a 17 unidades por metro linear, sendo as linhas simples espaçadas de 0,80 m a 1,40 m, o que corresponde a 212 mil e 93 mil bulbos por hectare, respectivamente. As linhas duplas são espaçadas de 0,40 m entre as duas linhas de pares, e de 1,80 m entre centros dos pares de linhas. Bulbos largos são plantados à profundidade de 0,15 m a 0,23 m, e os bulbos médios, de 0,13 a 0,16 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica e mineral.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais –

solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. O adubo orgânico deve ser incorporado de 20 a 30 dias antes do plantio. Para a adubação mineral, usar toda a dose de  $P_2O_5$  e 1/3 da dose de  $K_2O$  recomendadas na Tabela 84, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra; o restante do  $K_2O$  será aplicado juntamente com as duas primeiras doses de N. Quanto ao N: 90 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura, divididos em três aplicações iguais: a primeira, no estágio de duas ou três folhas; a segunda, na emergência da inflorescência; e a terceira, de 2 a 3 semanas após a floração, para o desenvolvimento dos bulbos novos e bulbilhos.

**Tabela 84.** Recomendação de adubação de plantio, de nitrogênio, fósforo e potássio, para gladiolo.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–20                                | 180                                        | 0–90                                | 180                                      |
| > 20                                | 90                                         | 91–135                              | 120                                      |
|                                     |                                            | 136–270                             | 60                                       |
|                                     |                                            | > 270                               | 0                                        |

**Notas:**

1) Normalmente, a adubação afeta principalmente o desenvolvimento dos novos bulbos, havendo pouquíssimo efeito sobre a inflorescência, que dependerá das reservas do bulbo usado no plantio. Seis a oito semanas após a floração, são retirados os bulbos novos para os plantios subsequentes.

2) A deficiência de N pode causar redução no número de inflorescências e de floretes por inflorescência, além da descoloração da folhagem. Deficiência de fósforo causa uma coloração verde-escura nas folhas superiores, e avermelhada nas folhas inferiores. A deficiência de potássio atrasa a floração, diminui o número de gemas florais e o comprimento da haste floral, além de causar um amarelecimento geral das folhas velhas e das internervuras nas folhas novas.

### 14.5.4 Orquídeas

**Considerações sobre a cultura.** As orquídeas representam um grupo de plantas bastante numeroso, versátil e *sui generis*. Sempre fascinaram o ser humano, graças a suas formas exóticas, às combinações de cores únicas, aos perfumes singulares e aos estranhos e especializados hábitos de crescimento e de floração.

A única possibilidade, no reino vegetal, de se obterem facilmente híbridos férteis por meio de cruzamentos induzidos entre espécies do mesmo gênero, entre espécies de gêneros diferentes na mesma tribo e fora dela, de híbridos entre híbridos, de híbridos entre espécies, e assim por diante, é responsável pela possibilidade quase infinita de obtenção de novas plantas. Isso tem atraído a atenção de colecionadores, cultivadores e aficionados, incentivando o aumento de lançamentos de novos genótipos. Muitos deles se tornam populares e adquirem valor comercial, como ornamentais; outros são objeto de desejo de colecionadores do mundo todo.

Além das espécies encontradas na natureza, o homem vem desenvolvendo híbridos e variedades, comerciais ou não, há pelo menos 3 séculos, tendo sido registrados mais de 250 mil desses. As orquídeas diferenciam-se da maioria das plantas cultivadas, por serem, em sua maioria, epífitas, ou seja, usam o caule ou o tronco de outras plantas como suporte. Suas raízes aéreas têm o papel simultâneo de fixar a planta e de absorver nutrientes, provenientes da decomposição das cascas das árvores e da água que escorre, trazendo nutrientes lixiviados de seu hospedeiro, além daqueles dissolvidos na água da chuva. Há ainda orquídeas rupícolas, que vivem sob formações rochosas, a exemplo das famosas *Laelia lobata*, que ainda hoje podem ser encontradas nos costões rochosos, íngremes e inacessíveis do Corcovado. Uma minoria é terrestre, sendo esse grupo mais comum em climas temperados, embora haja no Brasil centenas de espécies com esse hábito.

**Absorção de nutrientes.** A grande maioria das orquídeas cultivadas por colecionadores e aquelas de interesse comercial no Brasil são epífitas e cultivadas em vasos. Entre as de interesse comercial, encontram-se, em primeiro lugar, em volume de comercialização, as do grupo dos *Phalaenopsis*, de origem asiática. São ainda bastante populares os híbridos de *Cattleya*, muitos de origem brasileira, sul-americana ou centro-americana, e *Dendrobium*, de origem asiática.

Essas plantas possuem, na epiderme das raízes, uma estrutura esponjosa, chamada velame, que funciona como uma esponja capaz de armazenar água e nutrientes até serem absorvidos pela planta. Essa adaptação é resultado das condições de umidade bastante escassas a que as orquídeas estão submetidas na natureza, condições essas que fizeram tais plantas evoluírem com crescimento bastante lento. Muitas orquídeas tropicais têm a capacidade de realizar parte da fotossíntese à noite, quando abrem seus estômatos para realizar a troca gasosa, tendo como vantagem a menor perda de água. Outra adaptação é a associação com fungos micorrízicos (Capítulo 8) específicos da família, que capacitam essas plantas a absorver nutrientes, como o fósforo, em um meio extremamente escasso.

Assim, na natureza, as orquídeas epífitas realizam absorção muito lenta de nutrientes, sincronizadas com seu crescimento, também lento e sazonal. Em épocas mais quentes e úmidas do ano (primavera-verão), as taxas de absorção atingem seu máximo, seguindo-se uma fase de repouso vegetativo, quando cessam o crescimento e a absorção de nutrientes. Entre as espécies terrestres e de interesse comercial, há os híbridos e as espécies de *Cymbidium*, pouco cultivadas no Estado do Rio de Janeiro, por serem plantas que necessitam de temperaturas baixas para indução floral. Finalmente, há a baunilha (*Vanilla planifolia* e outras espécies do gênero), especiaria de altíssimo valor comercial, a única Orchidaceae cultivada para fins não ornamentais em lavouras propriamente ditas. Essa é uma planta que possui raízes terrestres, que absorvem água e nutrientes, e raízes aéreas, para a sustentação, já que têm o hábito trepador. Sua produção no Brasil é pequena, embora tenhamos clima propício para sua produção em escala, inclusive no Rio de Janeiro.

**Recipientes e substratos.** As orquídeas são plantas tradicionalmente cultivadas em vasos, mas também podem ser conduzidas sobre troncos vivos ou mortos, ou sobre rochas. O cultivo comercial, que é o realizado pela maioria dos cultivadores amadores, é feito em vasos de plástico ou de barro. Os primeiros são indicados para espécies que apreciam maior umidade ou em condições nas quais a umidade pode ser controlada pelo cultivador, visto que a maioria das espécies de orquídeas epífitas não tolera excesso de água e aprecia ambiente radicular bastante aerado. Os vasos de barro têm mais capacidade de

evaporar água do que os de plástico e, por isso, são indicados em regiões mais úmidas ou sob cultivo com pouco controle da umidade.

Os substratos indicados para cultivar orquídeas são os mais variados, mas devem ter em comum as seguintes características: grande aeração, boa capacidade de aderência das raízes, decomposição lenta e baixa acidez. O mais tradicional é a fibra de xaxim, material controlado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), cuja comercialização está proibida na maioria dos estados, em virtude do extrativismo criminoso da planta de onde é extraído (*Dicksonia selowiana*), tornando-a ameaçada de extinção.

**Nota:** *deve-se evitar o uso do xaxim, pois seu uso contribui para a destruição de florestas e corre-se o risco de que o produto seja proveniente de fontes não idôneas.*

A atual tendência da orquidofilia é utilizar substratos à base de casca de *Pinus*, por ser um material abundante. Há no mercado uma série de marcas desse material puro ou “traçado” com outros produtos, como pedra brita e carvão. Há cultivadores que usam a pedra brita pura como substrato, ou, então, produtos regionais, como fibra de coco e sementes de açaí, que, aliás, são muito usados na região Norte. O uso da fibra de coco tornou-se popular logo após a proibição do uso do xaxim, há mais ou menos uma década. No entanto, o seu uso ao longo do tempo foi diminuindo, visto que, dependendo da sua forma e do seu tamanho, acumula água em excesso e decompõe-se muito rapidamente, acidificando o meio. O efeito benéfico do carvão no substrato de orquídeas parece estar relacionado ao fato de ele tamponar a acidez. *Chips* de isopor também são usados em algumas espécies de orquídeas. Esse produto pode ser misturado com outros, citados anteriormente. Recentemente, a zeolita (mineral silicatado poroso), em combinação com outros substratos, tem sido testada, parecendo ser esse um produto promissor.

**Qualidade da água.** O cultivo comercial ou amador de orquídeas dá-se sob condições controladas, que tanto podem ser sob telados e ripados a céu aberto, sem controle da entrada de água, como em casas de vegetação, com controle de luminosidade, ventilação, umidade, temperatura e rega. Em condições de cultivo a céu aberto, parte da água é proveniente da chuva. Em determinadas regiões e em certas épocas, as regas complementares tornam-se desnecessárias. A água

da chuva é de excelente qualidade, possuindo baixa condutividade elétrica e baixa acidez ou alcalinidade. Quando o cultivo não é a céu aberto, a qualidade da água torna-se de extrema importância. Como a maioria das orquídeas prefere ambiente radicular bem aerado, além de substrato poroso, elas devem receber água a cada 2 ou 3 dias em ambientes mais secos, e uma vez por semana em ambientes mais úmidos. Deve-se verificar, entre outras coisas, a acidez ou a alcalinidade, o poder tampão e os teores de ferro e sódio da água usada para irrigação. As orquídeas, de modo geral, preferem ambiente radicular com pH ligeiramente ácido, entre 5,5 e 6,0. Como se verá a seguir, a adubação mineral de orquídeas é feita por água de irrigação. Assim, a disponibilidade dos nutrientes estará diretamente relacionada à composição físico-química da água utilizada. Em se tratando de água tratada, a maioria das águas do Estado do Rio de Janeiro não possui valores extremos de acidez ou alcalinidade. Águas de outras fontes devem ser analisadas antes do uso, para não comprometerem o desenvolvimento das plantas e a disponibilidade dos nutrientes.

**Idade das plantas e fases de crescimento.** Produtores comerciais de orquídeas geralmente obtêm lotes homogêneos de plantas, tanto em relação ao genótipo quanto à idade. Já colecionadores possuem plantas de várias origens e idades. Assim, a estratégia de adubação e manejo é bem distinta nos dois casos. No primeiro, a adubação pode ser mais fácil e controlada, enquanto, no segundo, é impossível fazer uma recomendação específica, pois a demanda de cada espécie, idade e ciclo é, invariavelmente, bem diferente.

As plantas de variedades ou híbridos comerciais são provenientes de sementeiras ou mericlونagem (cópia exata de uma planta feita por técnica de propagação de tecidos meristemáticos); em ambos os casos, realizadas por meio de cultivo asséptico e in vitro. Ao saírem do laboratório onde cresceram em frascos, as pequenas plantas são levadas a bandejas coletivas que contenham substratos, onde são fertilizadas e aclimatadas para seu cultivo definitivo em vasos individuais.

O tempo que uma planta leva desde a saída dos frascos até a primeira floração pode variar de 2 a 5 anos em média, dependendo da espécie, das condições climáticas e da adubação. Durante o crescimento vegetativo inicial, somente folhas, raízes e pseudobulbos são formados. Nessa fase, a adubação servirá para estimular esses órgãos. Depois de atingida a maturidade, a floração ocorrerá uma vez por ano, havendo,

porém, espécies que podem vir a florescer mais de uma vez. A recomendação de doses de adubos nessa fase deverá levar em consideração o crescimento vegetativo e o reprodutivo, que se alternam, conforme o ciclo de cada espécie.

**Recomendação geral de adubação para orquídeas.** A pesquisa quanto a esse item é escassa, e os poucos resultados encontrados estão direcionados a poucos grupos comerciais de orquídeas, como *Phalaenopsis*. Assim, a recomendação aqui sugerida é fruto principalmente da experiência de cultivadores, amadores e profissionais, e de observações quanto aos hábitos de crescimento das espécies em seus ambientes naturais, servindo como base a partir da qual a adubação poderá ser aperfeiçoada. E isso não poderia ser diferente, tamanha é a diversidade desse grupo, tão heterogêneo e cosmopolita de plantas! Certamente, resultados de pesquisa sobre adubação em grupos específicos de orquídeas deverão gerar resultados bem mais precisos do que as generalizações feitas neste manual.

Para as recomendações de adubação, deve-se seguir os seguintes pressupostos:

- O crescimento vegetal e a absorção de nutrientes são muito lentos.
- A absorção foliar pode contribuir como parte da nutrição das orquídeas.
- As plantas são perenes.
- Há um período anual de repouso.
- A floração ocorre uma vez por ano.
- O substrato tem alta aeração e retém pouca água.
- O substrato tem baixa retenção de nutrientes.
- O nitrogênio estimula a formação de órgãos reprodutivos.
- O fósforo e o potássio estimulam o processo reprodutivo, a floração e a frutificação.
- Há baixa exportação de nutrientes.
- A maioria das orquídeas tem órgãos de reserva, os pseudo-bulbos.

Esses pressupostos sugerem, então, os seguintes procedimentos:

- Fornecer nutrientes em pequenas quantidades, de forma lenta e frequente.
- Diminuir ou cessar a adubação nos períodos de repouso vegetativo.
- Usar formulações com alta proporção de nitrogênio para as plantas jovens.
- Usar formulações com alta proporção de P e K após o repouso das plantas adultas, para estimular a floração.

Para tanto, pode-se utilizar fertilizantes orgânicos, minerais ou uma combinação deles.

**Adubação orgânica.** Há, no mercado, várias formulações orgânicas usadas por orquidófilos e profissionais. Muitas delas não têm registro comercial e têm sido comercializadas em pequena escala, nos círculos orquidófilos do Brasil. Apesar da falta de pesquisa quanto a sua eficácia, a sua longa estória de uso tem demonstrado benefícios em muitas situações. O uso de adubos orgânicos resulta em uma degradação mais rápida do substrato. Assim, plantas adubadas organicamente devem ser reenvasadas mais frequentemente.

Os produtos mais usados são formulações à base de torta de mamona, farinha de ossos e cinza de madeira, em diversas proporções. Outra fonte muito utilizada são os *bokashi*, fertilizante da Agricultura Natural, a qual teve sua origem na doutrina messiânica no Japão. São à base de farelos de grãos e inoculadas com microrganismos conhecidos como EM (microrganismos eficientes). Esses produtos variam bastante de composição, não possuindo, por isso, garantia de teores mínimos de nutrientes. As recomendações são baseadas em experiência de cultivadores, pois não há resultados de pesquisa.

**Recomendação.** Esses produtos devem ser aplicados na superfície dos vasos, duas vezes ao ano, preferencialmente durante o período de crescimento das orquídeas, ou seja, de agosto a março. Recomenda-se a quantidade de uma colher de chá (em torno de 10 g) por vaso de até 20 cm de diâmetro.

**Adubação mineral.** Há, no mercado, várias formulações de fertilizantes mistos, muitos dos quais rotulados de “adubos foliares”. As fórmulas mais comuns são 20-20-20 e 10-30-10, conhecidas como “de crescimento” e “de floração”, respectivamente. Alguns dos produ-

tos comerciais possuem micronutrientes, além de macronutrientes, que podem suprir as necessidades das plantas. Se o rótulo indicar ausência de micronutrientes, esses deverão ser fornecidos de outra fonte solúvel. É importante lembrar que esses fertilizantes mistos possuem baixos teores de Ca e Mg.

**Recomendação.** Uma recomendação razoável, que concorda com diversos artigos científicos e com a experiência de produtores, é a aplicação de fertilizantes mistos, na concentração de 200 ppm de N, a cada 15 dias, ou 100 mg kg<sup>-1</sup>, semanalmente. Esses podem ser aplicados de duas formas: a) nas folhas, com pulverizadores, embora não seja possível determinar, precisamente, a proporção dos nutrientes que são absorvidos (de qualquer forma, o excesso escorrerá e será absorvido pelas raízes); e b) veiculados na água de irrigação. A quantidade será proporcional ao volume do vaso; o risco de aplicar em excesso é remoto, visto que a porosidade dos substratos usados é alta, e os vasos proporcionalmente pequenos, causando grande drenagem. Recomendam-se, para crescimento (em plantas jovens), fórmulas mais ricas em N, como 20-20-20; para plantas em fase de floração, fórmulas com maiores proporções de P em relação ao N. Quando se usam fertilizantes contendo ureia, como é o caso dos 20-20-20, deve-se ter o cuidado de adquirir marcas que sejam isentas de biureto, pois as orquídeas são muito sensíveis a essa substância.

Se forem usados exclusivamente fertilizantes minerais, deve-se usar, uma vez ao ano, alguma fonte de Ca + Mg solúveis (soluções contendo em torno de 20 ppm a 30 ppm) e ainda uma fonte de micronutrientes, também solúvel. Uma boa forma de suprir Ca, Mg e micronutrientes é aplicar, uma vez por ano, algum dos adubos orgânicos já descritos.

#### **14.5.5 Rosa (*Rosa híbrida*)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** As condições mais adequadas são: terrenos quase planos, arejados, de fácil irrigação e drenagem, lençol freático profundo e intensa insolação, altitude de 700 m e temperatura média de 17 °C. Variações bruscas de temperatura devem ser evitadas, sendo, por isso, recomendado o cultivo em estufas. O roseiral desenvolve-se melhor em solos de textura média, com boa retenção de água.

**Espaçamento.** Cultura ao ar livre: leiras com filas duplas de 0,30 m x 0,30 m, espaçadas de 0,40 m.

Cultura em estufas: duas ou três filas de 0,30 m x 0,30 m, ou 0,30 m x 0,40 m; ruas de 0,50 m a 0,50 m, em canteiros de 100 m x 50 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , em área total, preferencialmente 60 dias antes do plantio, desde que a umidade do solo o permita. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5, 12 e 13, estão detalhados os cálculos envolvidos.

### Adubação orgânica e mineral

**Adubação de formação.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 7 e 8 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. O adubo orgânico deve ser incorporado de 20 a 30 dias antes do plantio. Para a adubação mineral, aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 85, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de terra.

**Tabela 85.** Recomendação de adubação de plantio, de nitrogênio, fósforo e potássio, para rosa.

| Teor de P<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{P}_2\text{O}_5$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Teor de K<br>( $\text{mg dm}^{-3}$ ) | Dose de $\text{K}_2\text{O}$<br>( $\text{kg ha}^{-1}$ ) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 0–20                                 | 250                                                       | 0–90                                 | 200                                                     |
| > 20                                 | 120                                                       | 91–135                               | 100                                                     |
|                                      |                                                           | 136–270                              | 50                                                      |
|                                      |                                                           | > 270                                | 0                                                       |

N:  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ .

**Adubação de manutenção.** É feita com base na análise de amostras de terra coletadas antes do plantio. Anualmente, usar as mesmas doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas para a adubação de formação, parcelando o adubo potássico em seis aplicações, efetuadas a cada 2 meses, sendo a primeira aos 4 meses após o plantio. A dose total de N é de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ . Aplicar, anualmente, em cobertura, adubo orgânico nas doses utilizadas para a formação do roseiral; a quantidade total deve ser parcelada em três aplicações, efetuadas a cada 4 meses. Efetuar nova análise de amostras de terra a cada 3 anos.

#### **Notas:**

- 1) Não adubar no mês anterior às podas. Fazer as podas logo após o período mais frio do ano, seguindo as recomendações específicas para cada cultivar.
- 2) Os micronutrientes cujas deficiências são mais frequentes são o ferro e o boro, que, naturalmente, devem ser supridos se a deficiência for comprovada.
- 3) A floração da roseira é intensificada por alta intensidade luminosa, que pode ser obtida por iluminação suplementar.

## **14.6 Florestais**

### **14.6.1 Eucalipto (*Eucalyptus* spp.)**

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A cultura do eucalipto apresenta potencial de produção em quase todo o Estado do Rio de Janeiro. No caso das regiões Norte e Noroeste do estado, a cultura atende bem à demanda por biomassa local (de olarias) e estadual (de indústrias, siderurgias e outros). A rusticidade da cultura, seu rápido crescimento e variados usos são características que tornam promissor o investimento nessa cultura. Em outras regiões do estado, porém, o plantio é mais restrito, e carece, em algumas situações (plantios maiores de 200 ha), de estudos de impactos ambientais.

**Extração de nutrientes.** A quantidade de nutrientes exportada da área de um plantio de eucalipto varia conforme a espécie, a estrutura de plantio (espaçamento), o genótipo usado e o potencial produtivo local, ou seja, uma conjunção de fatores de ordem edafoclimáticos (precipitação pluvial e fertilidade do solo, principalmente). Os poucos trabalhos com a cultura no estado demonstraram baixos níveis de produtividade da cultura. Plantios das espécies *Eucalyptus grandis*,

*E. camaldulensis* e *E. pellita*, na Região Norte Fluminense, aos 6 anos, têm produzido de 47,54 t ha<sup>-1</sup> até 71,9 t ha<sup>-1</sup> de biomassa aérea, ao passo que o *Eucalyptus urophilla*, com 4,3 anos, na Baixada Fluminense, produziu de 66,72 t ha<sup>-1</sup> até 74,57 t ha<sup>-1</sup> (em Planossolo e Argissolo Vermelho-Amarelo, respectivamente). Normalmente, mais de 70% dessa biomassa está alocada no tronco. Para o primeiro exemplo, as médias das exportações (em 1 ha) de nutrientes, se toda a parte aérea fosse removida da área, variaram da seguinte forma: de 113,10 kg a 128,66 kg de N; de 8,10 kg a 10,03 kg de P; de 86,70 kg a 105,03 kg de K; de 130,70 kg a 139,20 kg de Ca; e de 32,6 kg a 36,02 kg de Mg. Cumpre lembrar que cerca de 45% do total de N, P, e K e 30% do Ca e do Mg concentraram-se no troncos (sem casca).

**Produtividade esperada.** Para o Estado do Rio de Janeiro, produtividades em torno de 70 t a 110 t de madeira podem ser facilmente alcançadas num ciclo de 7 anos. Porém, utilizando-se as recomendações de adubação propostas a seguir e os tratos que a cultura exige, uma produtividade da ordem 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de madeira pode ser alcançada em regiões do estado, com aptidão. A Tabela 86 agrupa espécies de eucalipto e zonas ecológicas recomendadas para plantio.

**Espaçamento.** O espaçamento para a cultura pode variar de acordo com a espécie e o local de plantio, podendo variar de 1,0 m x 1,5 m a 4,0 m x 4,0 m. Porém, o uso final da madeira pode determinar o espaçamento de plantio. Espaçamentos mais densos (de 1,0 m x 1,5 m; de 2,0 m x 1,5 m; e de 2,0 m x 2,0 m, por exemplo) são indicados para a produção de lenha e carvão; plantios com espaçamentos intermediários (como 2,0 m x 2,0 m até 3,0 m x 2,0 m) têm sido recomendados para a produção de papel, celulose, postes, chapas e compensados. Espaçamentos maiores – 4,0 m x 4,0 m até 10 m x 10 m (ou mais) poderiam ser recomendados para sistemas mais diversificados de produção (sistemas silvipastoris ou agrossilvipastoris), onde o componente animal, apícola ou ruminante for introduzido.

**Adubação de semeadura em viveiro.** Para preencher os recipientes para a produção de mudas recomenda-se o uso de terra do horizonte B, com o objetivo de reduzir as doenças provocadas por fungos e a germinação de sementes indesejáveis. Adicionar, a 1 m<sup>3</sup> de terra, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, nas doses de 100 g, 700 g e 150 g, respectivamente. Como os subsolos, na maioria das vezes, são pobres em Ca, Mg e matéria

**Tabela 86.** Espécies de eucalipto e zonas ecológicas recomendadas para plantio.

| <b>Zona ecológica</b>                                         | <b>Espécie<sup>(1)</sup></b>                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Região do Médio Paraíba                                       | <i>E. cloeziana</i><br><i>E. urophylla</i><br><i>E. grandis</i><br><i>E. terenticornis</i>                          |
| Região Serrana Fluminense                                     | <i>E. grandis</i><br><i>E. saligna</i>                                                                              |
| Faixa Litorânea (excluindo Costa Verde)                       | <i>E. grandis</i><br><i>E. urophylla</i><br><i>E. saligna</i><br><i>E. cloeziana</i>                                |
| Zona Metropolitana do Grande Rio e Norte e Noroeste do estado | <i>E. pellita</i><br><i>E. camaldulensis</i><br><i>E. urophylla</i><br><i>E. grandis</i><br><i>E. terenticornis</i> |

<sup>(1)</sup> Informações extraídas da primeira edição do *Manual*.

orgânica, recomenda-se a aplicação de 500 g de calcário dolomítico e 200 g de FTE. A adubação complementar com N e K deve ser feita aos 15, 30 e 60 dias após o plantio, utilizando-se as doses acima, porém parceladas em três vezes. A aplicação pode ser com água de irrigação.

**Calagem.** A recomendação de calcário para a cultura normalmente é dispensada como corretiva da acidez, pois a maioria das espécies plantadas no estado são bastante tolerantes ao Al. A elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis do solo em níveis superiores a 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> é recomendada. Um critério interessante que pode ser usado para manutenção dos teores de Ca e Mg do solo dessa cultura é o da reposição do que for exportado pelos compartimentos comercializados. Por exemplo, se forem exportados 200 kg de Ca, via tronco, antes da próxima rotação (30 dias), é interessante aplicar calcário, de forma a repor esse total. No caso de calcário dolomítico, a dose equivaleria a 1 t desse calcário. Se necessário, consultar capítulos 5 e 12.

**Adubação orgânica.** Adubação orgânica no campo não é prática comum na cultura, porém pode ser utilizada em substituição ou complementação à adubação mineral; se for utilizado exclusivamente adubo orgânico, aplicar metade da dose de  $P_2O_5$  recomendada para a cultura. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 6 e 7 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

Para a cultura, é altamente recomendável que os restos culturais (folhas, casca e galhos) permaneçam na área, com vista a garantir a ciclagem dos nutrientes e a reduzir a recomendação por adubos minerais.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 87, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura, junto com o nitrogênio. Poderão ser aplicados até 100 kg de N por hectare, sendo que, no plantio, a quantidade deverá ser de 20 kg por hectare, aplicados de forma localizada na cova, junto com o fósforo e o potássio. Em cobertura, poderão ser aplicados mais 40 kg a 60 kg de N por hectare, dependendo do desenvolvimento da cultura, e em até duas vezes. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de

**Tabela 87.** Recomendação de adubação de fósforo e potássio para eucalipto.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                         | 0–45                                | 60                                       |
| 11–30                               | 60                                         | 46–90                               | 40                                       |
| > 30                                | 20                                         | > 90                                | 0                                        |

**Nota:** para outros substratos de produção de mudas, o técnico deve adequar sua qualidade às exigências nutricionais da cultura.

adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio.

Para adubação com micronutrientes é recomendada as “Fritas” enriquecidas com B e Zn. Doses de 10 g a 20 g por planta, juntamente aos adubos de plantio, podem ser usadas sem problemas.

### 14.6.2 Leguminosas arbustivas e arbóreas fixadoras de N<sub>2</sub>

**Considerações sobre as leguminosas.** Esta planilha é endereçada às espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico (Capítulo 7) de hábito de crescimento arbustivo ou arbóreo. Entre elas podem ser citadas as espécies oriundas do Brasil, como: angico – *Piptadenia macrocarpa*; bracatinga – *Mimosa scabrella*; sabiá – *Mimosa caesalpinhiifolia*; jacarandá-da-bahia – *Dalbergia nigra*, orelha-de-macaco – *Enterolobium contortisiliquum*; gliricídia – *Gliricidia sepium*; e mulungu – *Erythrina poeppigiana*. Todas essas espécies vêm sendo utilizadas em sistemas agroflorestais ou para a arborização de pastagens e a recuperação de áreas degradadas (junto com outras leguminosas exóticas) no Estado do Rio de Janeiro. Além do rápido crescimento, essas espécies podem depositar quantidades expressivas de material orgânico no solo (> 10 t de serapilheira por ano) e, consigo, quantidades elevadas de nutrientes, especialmente de nitrogênio. Além do aporte de nitrogênio por meio da fixação biológica (ver Capítulo 8), outros bens e serviços podem resultar da presença de árvores, como: frutos, mel, sementes, forragem, gomas, resinas, madeira para diversos fins (cerca, moirão, lenha, celulose, carvão), conforto térmico (para animais, plantas e para o próprio homem), proteção da biodiversidade, entre outros.

**Produtividade esperada.** Sem informação.

**Espaçamento.** Os plantios mais comuns dessas espécies têm sido realizados com os espaçamentos de 2 m x 1 m, 2 m x 2 m, 3 m x 2 m e 3 m x 3 m para áreas em que se deseja o recobrimento rápido e/ou produção de biomassa. Para sistemas agroflorestais como sistemas silvipastoris, tem-se experiência com o espaçamento de 7,5 m x 7,5 m até 15,0 m x 15,0 m.

**Adubação de semeadura em viveiro.** Para preencher os recipientes para a produção de mudas recomenda-se o uso de terra do

horizonte B, misturada a areia lavada de rio, com o objetivo de reduzir as doenças provocadas por fungos e a germinação de sementes indesejáveis. Adicionar, a 1 m<sup>3</sup> da mistura, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, nas doses de 1.000 g e 200 g, respectivamente. Como subsolos, na maioria das vezes, são pobres em Ca, Mg e matéria orgânica, recomenda-se a aplicação de 500 g de calcário dolomítico e de 200 g de FTE. Tem sido observado que o uso de 30% de composto orgânico peneirado no volume total do substrato melhora muito a qualidade das mudas produzidas. Usar preferencialmente fontes menos solúveis de fósforo, como o fosfato de rocha e termofosfatos. As leguminosas têm a capacidade de acidificar o substrato e solubilizar tais fontes. Além disso, são fontes mais baratas de adubo. Não esquecer a inoculação das leguminosas com o rizóbio (ver Capítulo 8).

**Calagem.** Para a maioria das leguminosas usadas na recuperação de áreas degradadas, a recomendação de calcário normalmente é dispensada como corretivo de acidez, pois a maioria das espécies plantadas no estado é bastante tolerante ao Al<sup>3+</sup>. Porém, como não há estudos de exigências nutricionais para várias dessas espécies, há tendência à generalização na adubação dessas espécies no campo. Tem-se recomendado aplicar na cova 25 g de calcário dolomítico, junto com os demais adubos. Um critério interessante que pode ser usado para a manutenção dos teores de Ca e Mg do solo dessa cultura é o da reposição do que for exportado pelos compartimentos comercializados. Por exemplo, se forem exportados 200 kg de Ca pelo tronco, antes da próxima rotação (30 dias), convém aplicar calcário de forma a repor esse total. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT).

**Adubação orgânica:** compostos orgânicos podem ser utilizados nas covas de plantio para o suprimento de boa parte do que seria usado de adubo mineral. Além de condicionador do substrato, a matéria orgânica tem atendido às exigências de micronutrientes e enxofre. Porém, para o Estado do Rio de Janeiro, não se tem informação a respeito de respostas a esses insumos. Como as recomendações deste manual baseiam-se na quantidade de N da fonte orgânica, e tratando-se de leguminosas que usam N do ar, vale reduzir de 30% a 50% as fontes minerais, caso a orgânica seja realizada. É altamente recomendável que os restos da espécie (cascas, folhas, galhos, por exemplo) sejam

mantidos na área em qualquer situação, com vista a garantir a ciclagem dos nutrientes.

**Adubação mineral:** se não for feita adubação orgânica, aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 88, de acordo com os resultados das análises de P e K no solo. Para saber as quantidades de adubo a serem usadas por cova, basta dividir a dose recomendada pelo número de plantas por hectare.

**Tabela 88.** Recomendação de adubação de nitrogênio, fósforo e potássio para leguminosas arbóreas de rápido crescimento.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–10                                | 40                                         | 0–45                                | 60                                       |
| > 10                                | 0                                          | > 45                                | 0                                        |

Para as leguminosas, não se recomendam adubos nitrogenados, pois elas se beneficiam da fixação biológica de  $N_2$ , sendo a inoculação necessária para garantir maior eficiência.

A experiência com essas leguminosas e em diversos agroecossistemas e substratos degradados tem mostrado que essas culturas não necessitam de adubações potássica ou fosfatada de cobertura. Por sua vez, a incorporação de composto orgânico na cova garante suprimento parcial ou total dos micronutrientes para as espécies, além de ser um excelente condicionador de solos muito degradados. Fontes de micronutrientes têm sido sugeridas no plantio, como é o caso do FTE-Br 12, na dose de 20 g a 30 g por cova.

#### Notas:

1) A maioria das sementes dessas espécies deve ser escarificada. Para a escarificação, elevar a temperatura da água a 80 °C, retirar o recipiente do fogo e colocar as sementes, deixando-as em imersão durante 2 horas. Mais detalhes sobre essa prática ou recomendações específicas podem ser obtidas em consulta a literatura especializada.

2) A inoculação com fungos micorrízicos é indicada para a produção de mudas, pois aumenta sua eficiência na captação de P e de micronutrientes, como Zn.

*Um grama de solo de rizosfera de gramíneas, por muda, pode ser usado como inóculo.*

*3) A Embrapa Agrobiologia mantém um programa de seleção de estirpes de bactérias fixadoras de  $N_2$  para espécies arbustivas e arbóreas, que produz e comercializa inoculantes.*

*4) Vale lembrar que atualmente uma infinidade de substratos está sendo comercializada para a produção de essências florestais, substratos que poderiam ser usados seguindo a recomendação do fabricante.*

### 14.6.3 Seringueira (*Hevea brasiliensis*)

**Considerações sobre a cultura e a área de plantio.** O cultivo tecnificado da seringueira no Estado do Rio de Janeiro foi iniciado em 1984, com a criação do Probor III, que definiu incentivos para a exploração da cultura nas áreas do estado indicadas como aptas para o seu desenvolvimento. Em duas regiões do estado – Baixadas Litorâneas e o Norte Fluminense –, foram selecionadas as áreas e implantados os primeiros seringais. Os clones Fx 3864, Fx 2261, Fx 3844, Fx 3846, IAN-873, de origem amazônica, foram recomendados para essas áreas.

**Produtividade esperada.** Há expectativa de 4.500 kg de látex  $ha^{-1} ano^{-1}$ , atingindo, pela coagulação, 1.500 kg de borracha seca.

**Espaçamento.** Tradicionalmente, 7 m x 3 m ou 8 m x 2,5 m, quando utilizadas culturas intercalares; com covas de 0,40 m x 0,40 m x 0,40 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ , preferencialmente 60 dias antes do plantio em área total ou na cova. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5 e 12, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 6 e 7

deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

### Adubação mineral

**Adubação de plantio:** aplicar as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 89, de acordo com os resultados das análises de P e K no solo.

**Tabela 89.** Recomendação de adubação de fósforo e potássio, para seringueira.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–20                                | 100                                        | 0–45                                | 50                                       |
| > 20                                | 50                                         | > 45                                | 25                                       |

O fósforo e o potássio devem ser aplicados de uma só vez, junto com o esterco. O nitrogênio deve ser aplicado 2 meses após o plantio, na dose de 30 g por planta.

**Adubação de cobertura (formação e produção):** aplicar anualmente as doses de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  recomendadas na Tabela 90, de acordo com análise de solo, realizada de 3 em 3 anos.

**Tabela 90.** Recomendação de adubação de cobertura, de fósforo e potássio, para seringueira.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $P_2O_5$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de $K_2O$<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                         | 0–45                                | 50                                       |
| 11–20                               | 40                                         | > 45                                | 25                                       |

A aplicação de nitrogênio deverá ser feita na base de 40 g, 80 g, 120 g e 160 g de N por planta, anualmente, de acordo com a idade do seringal, até 3, 6 e 15 anos, e após 15 anos, respectivamente. As quantidades totais recomendadas anualmente deverão ser

fracionadas em duas doses iguais, aplicadas no início e no final do período das chuvas. O fósforo deve ser aplicado de uma só vez, por ocasião do início das chuvas.

#### 14.6.4 Urucu (*Bixa orellana*)

**Considerações sobre a cultura.** O urucuzeiro é bastante conhecido em vários pontos do País, e é encontrado principalmente nas regiões de clima quente e úmido, que são favoráveis ao seu desenvolvimento. A planta é comumente cultivada no fundo de quintais e ao longo das cercas das propriedades. Dos seus frutos retiram-se as sementes, das quais é extraído o corante natural, do grupo das bixinas, de alto valor industrial.

**Produtividade esperada.** Em lavouras estabilizadas, 2.000 kg de grãos por hectare, por ano, dos quais são extraídos 80 kg de corantes (4% de bixina).

**Espaçamento.** De 5 m x 5 m. As covas são abertas com 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para  $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , preferencialmente 60 dias antes do plantio em área total ou na cova. Se os teores de Mg forem menores que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5 e 12, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 6 e 7 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar.

#### Adubação mineral

**Adubação de plantio:** aplicar as doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  recomendadas na Tabela 91, de acordo com os resultados das análises de P e K no solo.

**Tabela 91.** Recomendação de adubação de fósforo e potássio para urucu.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–20                                | 60                                                              | 0–45                                | 40                                                 |
| > 20                                | 310                                                             | > 45                                | 20                                                 |

O N deve ser aplicado na dose de 20 g por planta, 2 meses após o plantio.

**Adubação de cobertura (formação e produção):** até o terceiro ano de formação, aplicar em cobertura, anualmente e por planta, 20 g de N e a dose de K<sub>2</sub>O recomendada de acordo com a análise inicial do solo. A partir do quarto ano, é feita a adubação de produção, aplicando-se em cobertura, por planta, e, anualmente, a mesma dose de N indicada para o plantio e período de formação, a dose de K<sub>2</sub>O e a metade da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendada acima, de acordo com os resultados de nova análise de P e K no solo. Aplicar o adubo fosfatado de uma só vez, no início da estação chuvosa, juntamente com a metade das doses de N e K; e aplicar o restante de K e P no final do período das chuvas. Os adubos devem ser aplicados na projeção da copa e ao redor da planta, numa faixa de solo de 1 m de largura, marcada a partir do final da projeção da copa.

## 14.7 Oleaginosas

### 14.7.1 Mamona (*Ricinus communis*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** A cultura é considerada rústica, principalmente com relação à tolerância ao estresse hídrico. Porém, as melhores produtividades são conseguidas em solos de alta fertilidade e com boa precipitação pluviométrica, ou em sistemas irrigados. Em pequenas propriedades, recomenda-se o uso de cultivares de porte alto, e o cultivo de espécies alimentícias nas entrelinhas. A espécie não tolera acidez ou baixos teores de Ca + Mg. Em condições contrárias a essas, ou seja, em solos ácidos e de baixa fertilidade, apresentará baixa produtividade.

**Extração de nutrientes.** Em média por hectare, em cada cultivo são extraídos, considerando a planta toda: de 60 kg de N a 100 kg de N; de 10 kg de P a 18 kg de P; de 52 kg de K a 88 kg de K; de 12 kg de Ca a 18 kg de Ca; de 10 kg de Mg a 12 kg de Mg; e de 7 kg de S a 9 kg S. Uma tonelada de sementes exporta, em média, o equivalente a 25 kg de N, 4 kg de P, 14 kg de K, 2 kg de Ca, 1 kg de Mg e 1,5 kg de S.

**Produtividade esperada.** Para o Estado do Rio de Janeiro, não existe, até o momento, uma estimativa média de produtividade; porém, a depender da variedade e do sistema adotado, pode-se esperar de 1.500 kg ha<sup>-1</sup> a 4.000 kg ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** O espaçamento varia conforme o porte e o ciclo da variedade e do sistema de cultivo – sequeiro ou irrigado –, podendo variar de 4 mil plantas por hectare para variedades de porte alto e ciclo longo em condições de sequeiro, a 50 mil plantas por hectare para cultivares de porte baixo, precoces e em áreas irrigadas.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, preferencialmente 60 dias antes do plantio em área total. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5 e 12, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 6 e 7 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. Para a cultura, é altamente recomendável o reúso dos restos culturais (cascas e torta) em qualquer situação, para garantir a ciclagem dos nutrientes e reduzir a competição por adubos minerais com as culturas produtoras de alimentos.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 92, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura junto com o nitrogênio.

Poderão ser aplicados até 80 kg de N por hectare, sendo que, no plantio, a quantidade deverá ser de 20 kg ha<sup>-1</sup>, aplicados de forma localizada na cova, junto com o fósforo e o potássio. Em cobertura poderão ser aplicados mais 40 kg de N a 60 kg de N por hectare, dependendo do desenvolvimento da cultura, em até duas vezes. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas. No caso de cultivos de alta densidade, aplicar na linha de plantio.

**Tabela 92.** Recomendações de fósforo e potássio para mamona.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                                              | 0–45                                | 60                                                 |
| 11–20                               | 60                                                              | 46–90                               | 40                                                 |
| 21–30                               | 40                                                              | 91–135                              | 20                                                 |
| > 30                                | 20                                                              | > 135                               | 0                                                  |

**Nota:** é desejável que ao menos um dos adubos aplicados contenha enxofre.

### 14.7.2 Girassol (*Helianthus annuus*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** O girassol é uma cultura de alta capacidade de adaptação às diversas condições de latitude, longitude e fotoperíodo. Tem boa tolerância a estresse hídrico, porém, as melhores produções são obtidas se a cultura for irrigada, já que o déficit hídrico é a maior causa de variabilidade dos rendimentos de grãos de um ano para outro. Seu ciclo varia de 90 a 140 dias, dependendo da cultivar, da época de semeadura e das condições ambientais. A espécie não tolera acidez ou baixos teores de Ca + Mg. Particularmente o Al, deve ser totalmente neutralizado. Aumentos significativos de produção são obtidos quando, durante a floração, há presença de abelhas.

**Extração de nutrientes.** Em média por hectare, em cada cultivo são extraídos, considerando a planta toda: de 50 kg de N a 70 kg de N; de 9 kg de P a 11 kg de P; de 100 kg de K a 140 kg de K; de 35 kg de Ca a 40 kg de Ca; de 11 kg de Mg a 12 kg de Mg; e de 8 kg de S a 9 kg de S. Uma tonelada de sementes exporta, em média, o equivalente a 20 kg de N, 3 kg de P, 10 kg de K, 2 kg de Ca, 2 kg de Mg e 2 kg de S.

**Produtividade esperada.** Para o Estado do Rio de Janeiro não existe, até o momento, uma estimativa média de produtividade; porém, a depender da variedade e do sistema adotado, pode-se esperar de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> a 4.000 kg ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** A densidade de semeadura varia de 30 mil a 100 mil plantas por hectare, em linhas espaçadas de 0,50 m a 0,90 m, e distância entre plantas de 0,20 m a 0,40 m, a depender da cultivar, do manejo adotado e dos equipamentos utilizados.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, preferencialmente 60 dias antes do plantio em área total. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5 e 12, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 6 e 7 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. É recomendável o reúso dos restos culturais, inclusive da torta, para garantir a ciclagem dos nutrientes e reduzir a competição por adubos minerais com as culturas produtoras de alimentos.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 93, de acordo com os resultados da análise de solo. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, enquanto a dose de potássio deve ser fracionada para aplicação no plantio e em cobertura, junto com o nitrogênio.

Se os teores de K estiverem muito altos, não será necessário aplicar no plantio, e a quantidade recomendada é aplicada toda em cobertura. Poderão ser aplicados até 50 kg de N por hectare, dos quais 10 kg ha<sup>-1</sup> no plantio, aplicados de forma localizada no sulco, junto com o fósforo e o potássio. Na adubação de cobertura, deverão ser aplicados mais 20 kg a 40 kg de N por hectare, dependendo do desenvolvimento da cultura.

**Tabela 93.** Recomendações de fósforo e potássio para girassol.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 80                                                              | 0–45                                | 80                                                 |
| 11–20                               | 60                                                              | 46–90                               | 60                                                 |
| 21–30                               | 40                                                              | 91–135                              | 40                                                 |
| > 30                                | 20                                                              | > 135                               | 20                                                 |

**Nota:** é desejável que ao menos um dos adubos aplicados contenha enxofre.

### 14.7.3 Pinhão-mansô (*Jatropha curcas*)

**Considerações sobre a cultura e a área de cultivo.** É um arbusto perene, com porte de 3 m a 5 m de altura, a depender do manejo de poda. Tem sistema radicular profundo. É considerada uma planta rústica, principalmente por conta de sua tolerância ao estresse hídrico. Nessa situação, paralisa seu desenvolvimento e reduz a área foliar. Produz desde o nível do mar até altitudes superiores a 1.000 m. A produção inicia-se a partir de 2 anos do plantio das mudas, e pode-se prolongar por mais 40 anos. Adapta-se bem a praticamente todos os tipos de solo; porém, as melhores produtividades são conseguidas em solos de média a alta fertilidade. Ainda não há resultados definitivos acerca da seleção de acessos e variedades. Recomenda-se, principalmente até o quarto ano, o plantio de culturas anuais nas entrelinhas, como feijão, milho e crame.

**Extração de nutrientes.** Não existem dados confiáveis sobre a extração de nutriente pela planta toda, porém alguns trabalhos têm

estimado a quantidade de nutrientes extraídos por 1 t de sementes. Em média são exportados, a partir do quarto ano de cultivo, de 120 kg a 150 kg de N, de 25 kg a 30 kg de P e de 100 kg a 120 kg de K, conforme a produtividade obtida.

**Produtividade esperada.** As culturas comerciais no Rio de Janeiro são incipientes, porém, existe uma expectativa de produção de até 4.000 kg ha<sup>-1</sup>. Constan na literatura, para regiões com clima e solo com características similares às do Estado do Rio de Janeiro, produtividades de até 8.000 kg ha<sup>-1</sup>.

**Espaçamento.** Recomendam-se espaçamentos de 3,0 m x 3,0 m ou 3,0 m x 2,0 m, e covas que podem variar de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m a 0,50 m x 0,5 m x 0,5 m.

**Calagem.** Incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al x fator de eficiência de calagem) e/ou para elevar o nível de cálcio e magnésio para 3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, preferencialmente 60 dias antes do plantio na cova. Se os teores de Mg forem menores que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, usar exclusivamente calcário dolomítico. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida considerando a qualidade do calcário, expressa pelo seu poder relativo de neutralização total (PRNT). Nos capítulos 5 e 12, estão detalhados os cálculos envolvidos.

**Adubação orgânica.** A adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral, e é essencial a sua aplicação na cova de plantio. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e manejo –, sendo definida de acordo com o descrito nos capítulos 6 e 7 deste manual. Quando do uso de quantidades menores, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. Para a cultura, é altamente recomendável o reúso dos restos culturais (cascas e torta) em qualquer situação, com vista a garantir a ciclagem dos nutrientes e a reduzir a competição por adubos minerais com as culturas produtoras de alimentos.

**Adubação mineral.** Se forem utilizados exclusivamente adubos minerais, aplicar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas na Tabela 94, de acordo com os resultados da análise de terra. O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, junto com a matéria orgânica. Poderão ser aplicados até 40 kg de N por hectare em cobertura, dependendo do desenvolvimento da cultura, em até duas vezes, juntamente com o K. É dispensável a aplicação de N e K no plantio, se atendida a reco-

mendação de uso de matéria orgânica na cova. As quantidades a serem aplicadas por cova dependem do número de plantas por hectare e são obtidas pela divisão da dose de adubo recomendada pelo número de plantas.

**Tabela 94.** Recomendações de fósforo e potássio para pinhão-manso.

| Teor de P<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Teor de K<br>(mg dm <sup>-3</sup> ) | Dose de K <sub>2</sub> O<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0–10                                | 100                                                             | 0–45                                | 80                                                 |
| 11–20                               | 80                                                              | 46–90                               | 70                                                 |
| > 20                                | 60                                                              | > 90                                | 60                                                 |

**Adubação de produção.** É importante a realização da análise de química da terra para fins de avaliação da fertilidade do solo, e poderão ser utilizadas as recomendações acima, com objetivo de manter os teores em altos níveis. A primeira adubação de cobertura anual deve ser realizada no início do período chuvoso (retomada do crescimento). É desejável que ao menos um dos adubos utilizados nas recomendações anuais contenha enxofre.

#### Notas:

1) O crambe (*Crambe abyssinica* – planta da família das Brassicaceae) tem grande potencial de produção de matéria-prima para biodiesel. As experiências apontam uma produção entre 1.000 kg ha<sup>-1</sup> e 1.500 kg ha<sup>-1</sup>. Sua grande tolerância à seca e sua precocidade são as grandes vantagens da planta, que floresce aos 35 dias e pode ser colhida aos 85/90 dias, com maturação uniforme.

2) Para o seu cultivo ou de outras culturas nas entrelinhas, deverão ser adotadas as recomendações de calagem e adubação de acordo com a necessidade da cultura.

## Referências

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.
- ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetable in NFT and hydroponic systems. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 361, p. 254-257, 1994.
- AIDAR, H.; VIEIRA, C.; LOUREIRO, B. T.; BRAGA, J. M.; ALVAREZ, V. H. Efeito da adubação orgânica sobre a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Revista Ceres**, Viçosa, n. 23, p. 44-45, 1976.
- ALMEIDA, D. L. de; SALEK, R. C.; RIBEIRO, M. I. D; SANTOS, G. de A. **Efeitos de adubos orgânicos em cultura de tomateiro no município de Vassouras, RJ**. Niterói: Pesagro-Rio, 1982. 4 p. (Comunicado Técnico n. 114).
- ANJOS, L. H. C. dos. **Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma sequência de solos do terciário na região de Campos, RJ**. 199 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Solo)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1985.
- ANJOS, L. H. C. dos; PEREIRA, M. G.; PÉREZ, D. V.; RAMOS, D. P. Caracterização e classificação de Plintossolos no município de Pinheiro, MA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 1035-1044, 2007.
- BARRY, C. **Nutrients**: the handbook to hydroponic nutrient solutions. Austrália: Casper Publications Ltda, 1996. 55 p.
- BENITES, V. M.; BEZERRA, F. B.; MOUTA, R. O.; ASSIS, I. R.; SANTOS, R. C.; CONCEIÇÃO, M.; ANDRADE, A. G. **Produção de adubos orgânicos a partir da compostagem dos resíduos da manutenção da área gramada do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 21 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 50).
- BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. III - Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 74-85.
- BERGALLO, H. de G.; FIDALGO, E. C. C.; ROCHA, C. F. D. da; UZÊDA, M. C.; COSTA, M. B.; ALVES, M. A. dos S.; SLUYS, M. V.; SANTOS, M. A.; COSTA, T. C. e C. da; COZZOLINO, A. C. R. **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. 1344 p.

BERNAL, M. P.; PAREDES, C.; SÁNCHEZ-MONEDERO, M. A.; CEGARRA, J. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. **Bioresources Technology**, Essex, v. 63, p. 191-99, 1998.

BRASIL. Lei nº 10.833, de 29 de dezembro de 1993. Altera a Legislação Tributária Federal e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 dez. 2003. Edição especial.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 64, de 18 de dezembro de 2008. Introduz alteração na Instrução Normativa DRP nº 45/98, de 26 out. 1998. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 19 dez. 2008. Seção 1, p. 21.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25, de 23 de julho de 2009. Aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 28 jul. 2009. Seção 1, p. 20

BUGBEE, B. Nutrient management in recirculating hydroponic culture. In: ANNUAL CONFERENCE ON HYDROPONICS, 16., 1995. Tucson. **Proceedings...** Tucson: Hydroponic Society of America. 1995. p. 15-30.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacases: Canellas & Santos Editores, 2005. 309 p.

CARMELLO, Q. A. de C. Cultivo protegido: hidroponia, manejo e instalações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 38., 1998, Petrolina. **Resumos...** Petrolina: Embrapa/CPATSA: SOB, 1998. 43 p.

CARRASCO, G.; IZQUIERDO, J. **A média empresa hidropônica: a técnica da solução nutritiva recirculante ("NFT")**. Talca: Universidade de Talca, 1996. 91 p.

CARVALHO FILHO, A. de; LUMBRERAS, J. F.; SANTOS, R. D. dos. Os solos do Estado do Rio de Janeiro. In: CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF. Embrapa Solos. Rio de Janeiro: CPRM, 2000. CD-ROM.

CASTELLANE, P. D.; ARAUJO, J. A. C. de. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: Funep, 1994. 43 p.

CEDDIA, M. B.; ANJOS, L. H. C. dos; LIMA, E.; RAVELLI NETO, A.; SILVA, L.A. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico Amarelo no Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p. 1467-1473, 1999.

CENTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISAS AGRONÔMICAS. CNEPA. Comissão de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal**: contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro: CNEPA, 1958, 350 p. (Boletim n. 11).

CHANEY, R.; COULOMB, B. Effect of phosphate on regulation of Fe-stress in soybean and penut. **Journal of Plant Nutrition**, New York, n. 5, 467-487, 1982.

COMETTI, N. N. **Planilha de cálculo de solução nutritiva**. Disponível em: <<http://www.niltoncometti.com.br>>. Acesso em: 4 fev. 2010.

COMETTI, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica**: sistema NFT. 106 f. Tese (Doutorado) 2003. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.

COMETTI, N. N.; FURLANI, P. R.; RUIZ, H. A.; FERNANDES FILHO, E. I. Soluções nutritivas: formulação e aplicações. In: MANLIO S. F. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 89-114.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S. M.; MARY, W.; FURLANI, P. R. Proposta de uma solução nutritiva a ser testada para o cultivo de alface em hidroponia - sistema NFT, para o Rio de Janeiro e Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE HIDROPONIA DO RIO DE JANEIRO, 1., 2003, Seropédica. **Anais...** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003. 1 CD-Rom.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico-sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 2, p. 252-257, 2008.

CONCEIÇÃO, M. **Natureza do húmus e caracterização de solos com elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí - Santa Cruz, RJ**. 1989. 169 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1989.

CORSI, M.; NUSSIO, L. G. Manejo de capim elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1992. p. 87-117.

DE-POLLI, H.; FRANCO, A. A. **Inoculação de sementes de leguminosas**. Seropédica: Embrapa/UAPNPBS, 1985. 31 p. (Circular Técnica, 1).

DE-POLLI, H.; SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A. **Compatibilidade de agrotóxicos com *Rhizobium* spp. e a simbiose das leguminosas**. Seropédica, Embrapa/UAPNPBS, 1986. 71 p. (Documentos, 3).

DE-POLLI, H.; DEJAIR, L. A.; SANTOS, G. A.; CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M.B.; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P. A.; BLOISE, R. M.; SALEK, R. C. **Manual de adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: Ed. da Universidade Rural, 1988. 179 p. (Coleção Universidade Rural. Série Ciências Agrárias, nº 2).

DIAS, H. C. T.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; OLIVEIRA, A. P.; MICHEL, R. F. M.; LEMOS JÚNIOR, J. B. Caracterização de solos altimontanos em dois transectos no Parque Estadual do Ibitipoca, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 469-481, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**, 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 112 p. (Documentos, 1).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Estudo expedido de solos do Estado do Rio de Janeiro para fins de classificação, correlação e legenda preliminar**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1980a. 208 p. (Boletim Técnico, 66).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento semidetalhado e aptidão agrícola dos solos do município do Rio de Janeiro, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1980b. 389 p. (Boletim Técnico, 66).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306 p.

ERNANI, P. R.; GIANELLO, C. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 6, p. 119-124, 1982.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R.; SOUZA, F. A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p. 339-347, 1998.

FARIA, S. M. de; DE-POLLI, H.; FRANCO, A. A. Adesivos para inoculação e revestimento de sementes de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, p. 169-176, 1984.

FREITAS, F. C. **Potencial de uso agrícola e de remediação de áreas impactadas com torta de mamona proveniente da produção de biodiesel direto da semente**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia-NFT**. Campinas: Instituto Agronômico 1998. 30 p. (Boletim Técnico, 168).

FURLANI, P. R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L. C.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52 p. (Boletim Técnico, 180).

GAMPER H.; PETER M.; JANS J.; LUSCHER A.; HARTWIG, U. A. LEUCHTMANN A. Arbuscular mycorrhizal fungi benefit from 7 years of free air CO<sub>2</sub> enrichment in well-fertilized grass and legume monocultures. **Global Change Biology**, [S.l.], n. 10, p. 189-199, 2004.

GOMES, J. B. V.; RESENDE, M.; REZENDE, S. B.; MENDONÇA, E. S. Solos de três áreas de restinga. II Dinâmica de substâncias húmicas, ferro e alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 11, p. 1921-1932, 1998.

HARRISON M. J. Biotrophic interfaces and nutrient transport in plant fungal symbioses. **Journal of Experimental Botany**. London, UK, 50, p. 1013-1022, 1999.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: California Agriculture Experiment Station, 1950. 32 p. (Bulletin, 347).

HOLANDA, J. S. **Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüências de culturas em solos da encosta basáltica do Rio Grande do Sul**. 1981. 67 p. Dissertação (Mestrado)-Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 296 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 4). CD-ROM.

INSTITUTO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL. IAA. **Projeto de irrigação e drenagem da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense**: estudos e levantamentos pedológicos. Rio de Janeiro: IAA, 1985.

JESUS, E. C.; SCHIAVO, J. E.; FARIA, S. M. de. Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, p. 545-552, 2005.

LEITE, R. A.; MARTINEZ, E. P. M.; PEREIRA, P. R. G. Hidrocalc: sistema para cálculo de soluções nutritivas para hidroponia. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE INFORMÁTICA APLICADA A AGROPECUÁRIA

E AGROINDÚSTRIA, 1., 1997, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Agrosófit: SBI-Agro, 1997. Disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br/trabalhos/ag97/c3t1330.htm>>. Acesso em: 2 fev. 2010.

LIM, E. W.; WAN, C. K. Vegetable production in the tropics using a two phase substrate system of soiless culture. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILESS CULTURE, 6th., 1984. Lunteren. **Proceeding...** ISOSC, Lunteren: Isosc, 1984. p. 317-328.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. Solunut 1.0: sistema para cálculo e manejo de solução nutritiva em experimentos de casa de vegetação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 45, n. 259, p. 277-286, 1998.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1976. 528 p.

MANUAL agroflorestral para a Mata Atlântica. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário/Secretaria de Agricultura Familiar, 2008. 196 p.

MAZUR, N.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 7, p. 153-156, 1983.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: Ed. da Universidade Federal de Viçosa, 2002. 61 p.

MENDONÇA, M. M. **Diagnóstico de propriedades edáficas em áreas agrícolas e de floresta com elevado teor de matéria orgânica no município do Rio de Janeiro**. 1999. 195 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MENDONZA, H. N. S.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C. dos; SILVA, L. A.; CEDDIA, M. B.; ANTUNES, M. V. M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 201-207, 2000.

MITCHEL, J. JOYCE, B. A.; WALLENDER, W. W.; J. P. MITCHELL, J. P.; . HUYCK, L. M.; TEMPLE, S. R. **Soil management and soil quality for organic crops**. San Pablo: UCANR Publication, 2000. Disponível em: <<http://http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7248.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2010.

MORAES, C. A. G. de; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de frutos em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 105-113, 1999.

MUCKLE, M. E. **Hydroponic nutrients**. 3rd ed. Ottawa, CA: Growers Press, 1993. 154 p.

NASCIMENTO, G. B. do. **Caracterização dos solos e avaliação de propriedades edáficas em ambientes de Tabuleiros Costeiros da Região Norte Fluminense (RJ)**. 2001. 162p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciências do Solo)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

NEVES, M. C. P.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. **Agricultura orgânica**: uma estratégia para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Seropédica: Editora da Universidade Rural, 2004. 98 p.

NEWMAN E. I. Mycorrhizal links between plants: their functioning and ecological significance. **Advances in Ecological Research**, New York, n. 18, p. 243-270, 1988.

PARDOSSI, A.; LANDI, S.; MALORGIO, F.; CECCATELLI, M.; CAMPIOTTI, C. A. Studies on melon grown with NFT. **Acta Horticulture**, Wageningen, n. 361, p. 186-193, 1994.

PARKER, D. R.; NORVELL, W. A.; CHANEY, R. L. GEOCHEM-PC: a chemical speciation program for IBM and compatible person computers. In: LOEPPERT, R. H.; SCHWAB, A. P.; GOLDBERG, S. (Ed.). Chemical equilibrium and reaction models. **Soil Science Society of American**, Madison, 1995, p. 253-269.

PEIXOTO, R. T. dos G. **Solubilização de fosfato natural durante a compostagem de lixo urbano e sua utilização por feijão e sorgo forrageiro**. 1984. 234 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1984.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; VALLADARES, G. S. Organossolos: ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, Á. P.; CARDOSO, E. J. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência Solo, 2005. 233-276. v. 4.

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage systems for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, NL. n. 77, p. 79-84, 2004.

PROJETO RADAMBRASIL. **Folhas SF.23/24**: Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro: MME/SG/PROJETO RADAMBRASIL, 1983. 775 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 32).

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**.

2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico: Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1995. 65 p.

RESH, H. M. **Hydroponic food production**. 6. ed. California: Woodbridge Press, 2002. 567 p.

ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. Dourados**: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 86 p.

SANTOS, R. D. dos; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 92 p.

SAROOSHI, R. A.; CRESSWELL, G. C. Effects of hydroponic solution composition, electrical conductivity and plant spacing on yield and quality of strawberries. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 34, p. 529-535, 1994.

SAZAKI, J. L. S. Hidroponia. In: I SEMANA DA AGRONOMIA, 9., 1992, Ilha Solteira. **Palestras...** Ilha Solteira: Unesp 1992. 9 p.

SCHERER, E. E.; BARTZ, H. R. **Adubação de feijoeiro com esterco de aves, nitrogênio, fósforo e potássio**. Florianópolis: Empasc, 1981. 15 p. (Boletim Técnico, 10).

SIEVERDING E. **Vesicular-arbuscular mycorrhizae management in tropical agrosystem**. Technical Cooperation. Eschborn: Federal Republic of Germany, 1991. 371p.

SONNEVELD, C.; STRAVER, N. **Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates**. 10<sup>th</sup>. ed. Holanda: Proefstation voor Tuinbouw onder Glas Te Naaldwijk. 1994. 45 p. (Serie Voedingsoplossingen Glastuinbouw, n. 8).

UFRRJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Aproveitamento da vinhaça como fertilizante nos solos da região açucareira do Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: Finep: UFRRJ/DS 1981. 326 p. (Relatório do Projeto de Pesquisa).

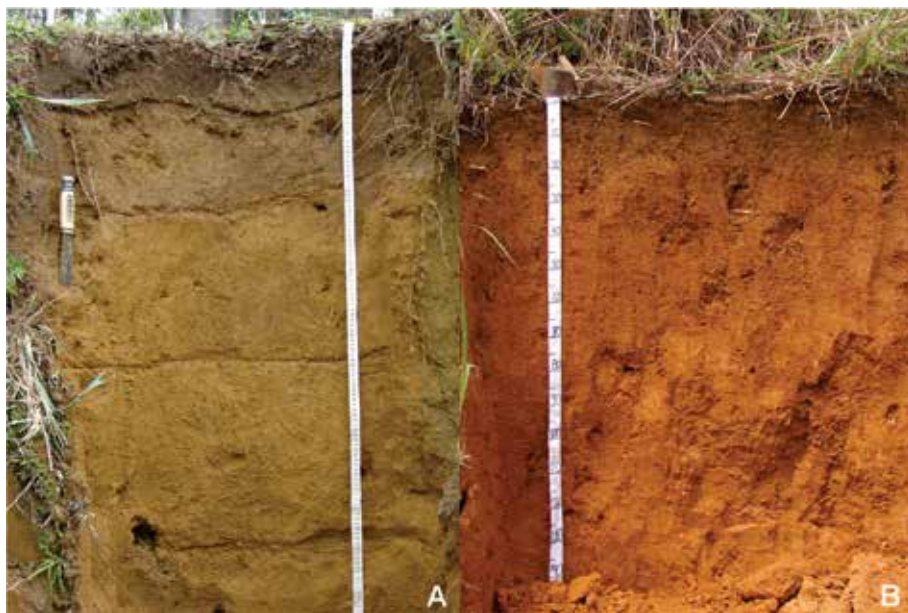
VALLADARES, G. S. **Caracterização de Organossolos, auxílio a sua classificação**. 2003. 129 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.



## **Anexo 1**

**Fotos de perfis representativos  
das classes de solos do Estado  
do Rio de Janeiro**

Foto: Marcos Gervasio Pereira



Latossolo Amarelo

Latossolo Vermelho-Amarelo

Foto: Marcos Gervasio Pereira



Argissolo Vermelho-Amarelo

Planossolo Háplico



Foto: Paula Fernanda Chaves Soares

Cambissolo Háplico

Cambissolo Flúvico



Foto: Marcos Gervasio Pereira

Organossolo Tiomórfico

Gleissolo Háplico

Foto: Ademir Fontana



Organossolo Háplico



Chernossolo Rendzico

## **Anexo 2**

### **Unidades e conversões**

## Fatores de conversão

### Fósforo

Para transformar  $P_2O_5$  em P, multiplicar o valor por 0,44.

Para transformar P em  $P_2O_5$ , multiplicar o valor por 2,29.

### Potássio

Para transformar  $K_2O$  em K, multiplicar o valor por 0,83.

Para transformar K em  $K_2O$ , multiplicar o valor por 1,20.

### Cálcio

Para transformar Ca em CaO, multiplicar o valor por 1,3992.

Para transformar Ca em  $CaO_3$ , multiplicar o valor por 2,4973.

Para transformar CaO em  $CaO_3$ , multiplicar o valor por 1,7848.

Para transformar CaO em Ca, multiplicar o valor por 0,7147.

Para transformar  $CaO_3$  em Ca, multiplicar o valor por 0,4004.

Para transformar  $CaO_3$  em CaO, multiplicar o valor por 0,5603.

### Magnésio

Para transformar Mg em MgO, multiplicar o valor por 1,6582.

Para transformar Mg em  $MgCO_3$ , multiplicar o valor por 3,4685.

Para transformar MgO em  $MgCO_3$ , multiplicar o valor por 2,0918.

Para transformar MgO em Mg, multiplicar o valor por 0,6031.

Para transformar  $MgCO_3$  em Mg, multiplicar o valor por 0,2883.

Para transformar  $MgCO_3$  em MgO, multiplicar o valor por 0,4781.

## **Conversão de centímol de carga por decímetro cúbico (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) para miligramas por quilograma**

$$\text{mg kg}^{-1} = \text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} \times f$$

em que  $f = (\text{peso molecular} / \text{valência}) \times 10$ .

Exemplo:

Para o potássio (K), o fator é

$$f_K = (39/1) \times 10 = 390.$$

Então, para transformar 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K para mg kg<sup>-1</sup>, teremos:

$$\text{mg kg}^{-1} = 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} \times 390$$

$$\text{mg kg} = 195.$$

Portanto, 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K equivale a 195 mg kg<sup>-1</sup>.

Para os demais elementos, os fatores de multiplicação são:

$$f_{Ca} = (40/2) \times 10 = 200; f_{Mg} = (24/2) \times 10 = 120$$

$$f_{Na} = (23/1) \times 10 = 230; f_{Al} = (27/3) \times 10 = 90$$

## **Conversão de mg kg<sup>-1</sup> para cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>**

$$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} = (\text{mg kg}^{-1})/f$$

em que  $f = (\text{peso molecular} / \text{valência}) \times 10$ , como no item anterior.

Nesse caso, basta dividir os valores em mg kg<sup>-1</sup> pelo fatores citados, ou, então, calcular outros fatores de multiplicação ( $f'$ ):

$$f'_K = 1/390 = 0,0026; f''_{Ca} = 1/200 = 0,0050; f'_{Mg} = 1/120 = 0,0083$$

$$f'_{Na} = 1/230 = 0,0043 \text{ e } f'_{Al} = 1/90 = 0,0111$$

Exemplo:

Para transformar 57 mg kg<sup>-1</sup> de K para cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, tem-se:

$$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ K} = (57 \text{ mg kg}^{-1}/390) = 0,15$$

ou

$$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ K} = 57 \times 0,0026 = 0,15.$$

Portanto, 57 mg kg<sup>-1</sup> de K equivalem a 0,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

**Conversão de mg kg<sup>-1</sup> para porcentagem (%)**

$$\% = (\text{mg kg}^{-1} / 10.000)$$

**Conversão de porcentagem (%) para mg kg<sup>-1</sup>**

$$\text{mg kg}^{-1} = \% \times 10.000$$

**Conversão de cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para porcentagem (%)**

$$\% = (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} \times \text{peso molecular}) / \text{valência} \times 1.000$$

**Conversão de porcentagem para cmol<sub>c</sub> dcm<sup>-3</sup>**

$$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} = (\% \times \text{valência} \times 1.000) / \text{peso molecular}$$

**Conversão de mg kg<sup>-1</sup> para kg ha<sup>-1</sup>**

Considerando a profundidade de incorporação a 20 cm ou 0,20 m, e a densidade do solo igual a 1,0 em ha (= 10.000 m<sup>2</sup>), tem-se:

$$10.000 \text{ m}^2 \times 0,20 = 2.000 \text{ m}^3 \approx 2.000.000 \text{ kg de solo.}$$

$$2.000.000 \text{ kg} = 2 \times 10^6 \text{ kg} = 2 \times 10^{12} \text{ mg.}$$

$$1 \text{ mg kg}^{-1} = 1 \text{ mg em } 1.000.000 \text{ mg } (10^6 \text{ mg}).$$

$$1 \text{ mg} \text{-----} 10^6 \text{ mg}$$

$$x \text{-----} 2 \times 10^{12} \text{ mg}$$

$$x = (1 \times 2 \times 10^{12}) / 10^6 = 2 \times 10^6 \text{ mg}$$

**Conversão de kg ha<sup>-1</sup> para mg kg<sup>-1</sup>**

$$\text{mg kg}^{-1} = (\text{kg ha}^{-1}) / 2$$

**Observação:** para os dois últimos itens, se a profundidade de incorporação for diferente de 20 cm, deverão ser feitas as correspondentes alterações nos cálculos.



*Impressão e acabamento*  
**Embrapa Informação Tecnológica**

*O papel utilizado nesta publicação foi produzido conforme  
a certificação da Bureau Veritas Quality International (BVQI) de Manejo Florestal.*



## Solos Agrobiologia

Esta obra reúne informações básicas para que os técnicos extensionistas – para os quais, primordialmente, se destina este Manual – e demais interessados possam dispor de mais uma ferramenta técnica, com sólidos conhecimentos científicos, para a tomada de decisões na área de fertilidade do solo e adubação das culturas.

Os editores agradecem o apoio recebido das várias instituições e têm a expectativa de, por meio da leitura e da aplicação das recomendações sugeridas no Manual, atender aos anseios dos profissionais interessados em promover o desenvolvimento rural do Estado do Rio de Janeiro e espera receber contribuições para o aperfeiçoamento das futuras edições.

Apoio:



Ministério do  
Desenvolvimento Agrário

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



CGPE 10524

