

MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

Sob a responsabilidade da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (Núcleo Regional Sul, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo)

Comissão de atualização do Manual (Ata do NRS/SBCS de 09 de novembro de 2012): Leandro Souza da Silva (UFSM), Luciano Colpo Gatiboni (UDESC), Ibanor Anghinoni (UFRGS), Rogério Oliveira de Sousa (UFPel) e Paulo Roberto Ernani (UDESC)

Editores: Leandro Souza da Silva (UFSM), Luciano Colpo Gatiboni (UDESC), Ibanor Anghinoni (UFRGS) e Rogério Oliveira de Sousa (UFPel)

Coordenação Geral: Leandro Souza da Silva (UFSM) e Luciano Colpo Gatiboni (UDESC)

Coordenadores de Grupos de Trabalho:

Amostragem do solo: Pedro Alexandre Varella Escosteguy (UPF)

Análise e interpretação de resultados: Leandro Souza da Silva (UFSM) e Luciano Colpo Gatiboni (UDESC)

Acidez e calagem: Danilo Rheinheimer dos Santos (UFSM)

Recomendações para culturas de grãos: Fabiano Daniel de Bona (Embrapa) e Pedro Alexandre Varella Escosteguy (UPF)

Recomendações para forrageiras: Jackson Ernani Fiorin (CCGLTec/Unicruz)

Recomendações para frutíferas: Gustavo Brunetto (UFSM)

Recomendações para espécies florestais: Luciano Colpo Gatiboni (UDESC)

Recomendações para hortaliças, tubérculos e raízes: Jucinei Comin (UFSC)

Recomendações para plantas medicinais, aromáticas e condimentares: Rafael Ricardo Cantú (EPAGRI)

Recomendações para plantas ornamentais: Rogério Antonio Bellé (UFSM)

Recomendações para sistemas especiais de produção: Jerônimo Andriolo (UFSM)

Adubos e adubação orgânica: Rodrigo da Silveira Nicoloso (Embrapa)

Fertilizantes e corretivos: Nelson Horowitz (Yara Brasil)

Qualidade ambiental: Pedro A. V. Escosteguy (UPF)

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul

MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

**Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC
2016**

© dos editores

11^a edição: 2016

Tiragem: (1^a) 3.000 exemplares; (2^a) 2.000 exemplares; (3^a) 2.000 exemplares; (4^a) 2.000 exemplares;
(5^a) 2.000 exemplares; (6^a) 2.000 exemplares; (7^a) 1.500 exemplares.

Direitos reservados desta edição: Núcleo Regional Sul - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Capa: JGB design – J. Gilson Brasil

Foto: Luciano Gatiboni

Gravuras: Flávio A. O. Camargo e NRS

Diagramação: JGB design – J. Gilson Brasil

Revisão de Texto: Os editores

Revisão final: Os editores

Revisão de provas: Comissão de Química e Fertilidade do Solo - NRS

Impressão: Gráfica e Editora Pallotti

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra por qualquer meio sem a autorização prévia do NRS-RS/SC
- SBCS.

Eventuais citações de produtos ou marcas comerciais têm o propósito de tão somente orientar o leitor, mas não
significam endosso aos produtos.

S678m Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Manual de calagem e adubação para os Estados do
Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira
de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. – [s. l.] : Comissão
de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016.

376 p. : il.

ISBN: 978-85-66301-80-9

1. Solo 2. Adubação 3. Calagem 4. Rio Grande do Sul
5. Santa Catarina I. Título.

CDU 631.8

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Cristiane Silva Teixeira, CRB 10-1501

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

AGRADECIMENTO

1.0 - INTRODUÇÃO	15
1.1 - EVOLUÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM	15
1.2 - HISTÓRICO DOS PROJETOS DE MANEJO DO SOLO E CENÁRIOS DA AGRICULTURA NO RS E SC.....	18
1.3 - CENÁRIO ATUAL E ATUALIZAÇÃO DO SISTEMA DE TABELAS DE RECOMENDAÇÃO.....	20
2.0 - O SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E ADUBAÇÃO.....	23
3.0 - AMOSTRAGEM DE SOLO E PLANTAS.....	29
3.1 - AMOSTRAGEM DO SOLO.....	29
3.1.1 - Representatividade da amostra.....	29
3.1.2 - Época de amostragem.....	31
3.1.3 - Amostradores de solo.....	31
3.1.4 - Procedimento de coleta de amostras não georeferenciadas (tradicional).....	33
3.1.5 - Amostragem georreferenciada do solo (utilizada em agricultura de precisão).....	42
3.1.6 - identificação, manuseio e armazenagem de amostras de solo.....	45
3.2 - AMOSTRAGEM DE PLANTAS.....	47
4.0 - MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE PLANTAS.....	51
4.1 - ANÁLISES DE SOLO.....	52

4.1.1 - Métodos para recomendação de calagem e adubação NPK.....	52
4.1.2 - Métodos para avaliar a disponibilidade de enxofre, sódio e de micronutrientes.....	55
4.1.3 - Métodos de análises complementares.....	56
4.2 - ANÁLISE DE TECIDO VEGETAL.....	59
4.3 - CONTROLE DE QUALIDADE DAS ANÁLISES PELA ROLAS-RS/SC.....	61

5.0 - DIAGNÓSTICO DA ACIDEZ E RECOMENDAÇÃO DA CALAGEM.....65

5.1 - ACIDEZ NATURAL E REACIDIFICAÇÃO DO SOLO.....	65
5.2 - RECOMENDAÇÃO DE CALCÁRIO.....	67
5.2.1 - Definição de dose de calcário.....	70
5.2.2 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para as culturas produtoras de grãos.....	72
5.2.3 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para as espécies forrageiras.....	76
5.2.4 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para produção de hortaliças, tubérculos e raízes.....	79
5.2.5 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para frutíferas e espécies florestais.....	82
5.2.6 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para plantas medicinais, aromáticas e condimentares.....	84
5.2.7 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para espécies ornamentais.....	85
5.2.8 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para outras culturas comerciais.....	85
5.3 - FREQUÊNCIA DE REAPLICAÇÃO DE CALCÁRIO.....	87

6.0 - DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO E RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO.....89

6.1 - GRÃOS.....	101
6.1.1 - Arroz irrigado.....	112
6.1.2 - Arroz de sequeiro.....	116
6.1.3 - Amendoim.....	117
6.1.4 - Aveia branca.....	117
6.1.5 - Aveia preta.....	118
6.1.6 - Canola.....	119
6.1.7 - Centeio.....	120

6.1.8 - Cevada.....	121
6.1.9 - Ervilha seca e ervilha forrageira.....	122
6.1.10 - Ervilhaca.....	122
6.1.11 - Feijão.....	123
6.1.12 - Girassol.....	124
6.1.13 - Linho.....	125
6.1.14 - Milho.....	125
6.1.15 - Milho pipoca.....	128
6.1.16 - Nabo forrageiro.....	128
6.1.17 - Painço.....	129
6.1.18 - Soja.....	130
6.1.19 - Sorgo.....	131
6.1.20 - Tremoço.....	132
6.1.21 - Trigo.....	132
6.1.22 - Triticale.....	134
 6.2 - FORRAGEIRAS.....	135
6.2.1 - Alfafa.....	140
6.2.2 - Gramíneas de estação fria.....	141
6.2.3 - Gramíneas de estação quente.....	142
6.2.4 - Leguminosas de estação fria.....	144
6.2.5 - Leguminosas de estação quente.....	145
6.2.6 - Consorciações de gramíneas e de leguminosas de estação fria.....	146
6.2.7 - Consorciações de gramíneas e de leguminosas de estação quente.....	147
6.2.8 - Milho e sorgo para silagem.....	148
6.2.9 - Pastagens naturais (nativas ou naturalizadas).....	150
6.2.10 - Pastagens naturais com introdução de gramíneas e leguminosas.....	152
 6.3 - HORTALIÇAS.....	155
6.3.1 - Abóbora, abobrinha e moranga.....	161
6.3.2 - Alcachofra.....	162
6.3.3 - Alface, almeirão, chicória, rúcula e salsa.....	162
6.3.4 - Alho.....	163
6.3.5 - Aspargo.....	164
6.3.6 - Berinjela.....	166
6.3.7 - Beterraba e cenoura.....	167
6.3.8 - Brócolis e couve-flor.....	167
6.3.9 - Cebola.....	168
6.3.10 - Chuchu.....	170
6.3.11 - Ervilha.....	171
6.3.12 - Mandioquinha salsa.....	172
6.3.13 - Melancia e melão.....	172

6.3.14 - Nabo e Rabanete.....	173
6.3.15 - Palmeira real australiana.....	174
6.3.16 - Pepino salada.....	176
6.3.17 - Pimentão.....	177
6.3.18 - Pupunheira.....	178
6.3.19 - Repolho.....	179
6.3.20 - Tomateiro.....	180
6.4 - TUBÉRCULOS E RAÍZES.....	183
6.4.1 - Batata.....	184
6.4.2 - Batata-doce.....	185
6.4.3 - Mandioca.....	186
6.5 - FRUTÍFERAS.....	189
6.5.1 - Abacateiro.....	193
6.5.2 - Ameixeira.....	195
6.5.3 - Amoreira-preta.....	198
6.5.4 - Bananeira.....	200
6.5.5 - Caquizeiro.....	201
6.5.6 - Citros.....	203
6.5.7 - Figueira.....	205
6.5.8 - Macieira.....	206
6.5.9 - Maracujazeiro.....	210
6.5.10 - Mirtileiro.....	212
6.5.11 - Moranguinho.....	214
6.5.12 - Nogueira-pecã.....	215
6.5.13 - Oliveira.....	218
6.5.14 - Palmeira juçara.....	220
6.5.15 - Pereira.....	221
6.5.16 - Pessego e nectarineira.....	223
6.5.17 - Quivizeiro.....	226
6.5.18 - Videira.....	228
6.6 - FLORESTAIS.....	233
6.6.1 - Acácia-negra.....	235
6.6.2 - Araucária.....	236
6.6.3 - Bracatinga.....	237
6.6.4 - Cedro australiano.....	238
6.6.5 - Erva-mate.....	239
6.6.6 - Eucalipto.....	245
6.6.7 - Pinus.....	247
6.7 - PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES.....	251
6.7.1 - Alfavaca.....	254
6.7.2 - Calêndula.....	254

6.7.3 - Camomila.....	255
6.7.4 - Capim-limão, citronela-de-java e palma-rosa.....	255
6.7.5 - Cardamomo.....	256
6.7.6 - Carqueja.....	257
6.7.7 - Chá-verde ou chá-da-índia.....	257
6.7.8 - Coentro.....	258
6.7.9 - Curcuma.....	259
6.7.10 - Erva-doce e Funcho.....	260
6.7.11 - Estévia.....	260
6.7.12 - Hortelãs.....	261
6.7.13 - Gengibre.....	261
6.7.14 - Guaco.....	262
6.7.15 - Piretro.....	262
6.7.16 - Urucum.....	263
6.7.17 - Vetiver.....	264
 6.8 - PLANTAS ORNAMENTAIS.....	265
6.8.1 - Roseira de corte.....	267
6.8.2 - Crisântemo de corte.....	271
6.8.3 - Crisântemo de vaso.....	273
 6.9 - OUTRAS CULTURAS COMERCIAIS.....	279
6.9.1 - Cana-de-açúcar.....	280
6.9.2 - Tabaco.....	282
 7.0 - SISTEMAS ESPECIAIS DE PRODUÇÃO.....	287
7.1 - TIPOS DE SISTEMAS ESPECIAIS DE CULTIVO.....	287
7.1.1 - Hidroponia.....	287
7.1.2 - Cultivo em substrato.....	288
7.2 - SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	289
7.2.1 – Preparo da solução nutritiva.....	290
 8.0 - CORRETIVOS E FERTILIZANTES MINERAIS.....	295
8.1 - CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO.....	296
8.1.1 - Qualidade dos corretivos da acidez.....	296
8.1.2 - Outros aspectos referentes a corretivos de solo.....	299
8.1.3 - Uso de gesso agrícola.....	300
8.1.4 - Remineralizadores ou “pó-de-rocha”.....	301
8.2 - FERTILIZANTES MINERAIS.....	303
8.2.1 - Fertilizantes nitrogenados.....	303
8.2.2 - Fertilizantes fosfatados.....	305
8.2.3 - Fertilizantes potássicos.....	307
8.2.4 - Macronutrientes secundários e micronutrientes.....	307
8.2.5 - Fertilizantes foliares.....	309
8.2.6 - fertilizantes organominerais.....	310

8.3 - FÓRMULAS NPK.....	310
8.4 - OUTRAS INFORMAÇÕES IMPORTANTES NO USO DE FERTILIZANTES MINERAIS.....	311
8.4.1 - Compatibilidade em misturas NPK.....	311
8.4.2 - Armazenamento de fertilizantes ensacados.....	314
9.0 - ADUBOS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA.....	317
9.1 - TEORES DE MATÉRIA SECA, CARBONO E NUTRIENTES EM ADUBOS ORGÂNICOS.....	318
9.2 - ÍNDICES DE EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DOS NUTRIENTES.....	322
9.3 - CÁLCULOS DA QUANTIDADE DE NUTRIENTES E DOSES DE ADUBOS ORGÂNICOS.....	324
9.4 - USO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA ASSOCIADA COM A MINERAL.....	325
9.5 - MANEJO DOS ADUBOS ORGÂNICOS.....	326
9.6 - ADUBAÇÃO ORGÂNICA E AGRICULTURA ORGÂNICA.....	327
9.7 - ANÁLISE DE MATERIAIS ORGÂNICOS E DE RESÍDUOS DIVERSOS.....	328
10.0 - CALAGEM E ADUBAÇÃO E A QUALIDADE AMBIENTAL.....	331
10.1 - NITROGÊNIO.....	333
10.2 - FÓSFORO.....	334
10.3 - MICRONUTRIENTES E OUTROS ELEMENTOS TRAÇOS.....	335
10.3.1 - Valores de referência de elementos traços.....	338
10.3.2 - Análise de elementos traços.....	340
10.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	341
BIBLIOGRAFIA.....	345
ANEXO 1. EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DAS TABELAS DE CALAGEM E ADUBAÇÃO.....	353
ANEXO 2. NOME COMUM, NOME CIENTÍFICO E GRUPO DE EXIGÊNCIA EM P E K (CAPÍTULO 6) DE CADA CULTURA CONSTANTE NO MANUAL.....	361
ANEXO 3. INSTITUIÇÕES E COLABORADORES NAS ATUALIZAÇÕES DAS EDIÇÕES DE 2004 E DE 2016 DO MANUAL.....	367
ANEXO 4. LISTA DOS LABORATÓRIOS CADASTRADOS NA ROLAS-RS/SC – em ordem alfabética.....	373

APRESENTAÇÃO

O presente Manual visa orientar o uso de corretivos da acidez e de fertilizantes para as principais culturas cultivadas em solos dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Ele contém os avanços no conhecimento agronômico, com base na pesquisa e na experiência regionais das instituições de pesquisa, ensino, assistência técnica, extensão rural e do setor privado.

Esta pode ser considerada a 11^a Edição de um sistema de recomendações de calagem e adubação produzida para estes Estados. Pela crescente evolução da tecnologia, o Manual deve ser considerado como em contínuo processo de aperfeiçoamento. O retorno dos resultados obtidos, por parte dos usuários, é importante para seu aprimoramento.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo
Núcleo Regional Sul - RS/SC
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

AGRADECIMENTO

A Comissão de Química e Fertilidade do Solo agradece a todos os profissionais com atividades em pesquisa, ensino, assistência técnica, extensão rural e aos do setor privado, pela colaboração na elaboração de edições anteriores e da versão atual deste Manual. Uma lista com nomes de colaboradores é apresentada em anexo. A efetiva participação de todos demonstra o elevado espírito de cooperação e integração existente entre os profissionais da área. Os maiores beneficiados são os agricultores gaúchos e catarinenses, responsáveis pela produção de alimentos à população e a geração de divisas para o País.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo
Núcleo Regional Sul - RS/SC
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo



Capítulo

1

INTRODUÇÃO

Atualizado por:

Leandro Souza da Silva
Luciano Colpo Gatiboni
Ibanor Anghinoni
Rogério Oliveira de Sousa

As recomendações de calagem e adubação adotadas nos Estados do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC) são embasadas na análise de solo e/ou de tecido vegetal. A utilização da análise de solo na região se difundiu a partir da década de 1960, tendo sido importante, à época, o Programa Nacional de Análises de Solos do Ministério da Agricultura e a consolidação de uma equipe de pesquisadores em fertilidade de solo das seguintes instituições: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul (IPEAS - sucedido pela Embrapa), Secretaria da Agricultura-RS, Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (ASCAR-EMATER). Como resultado dessa integração, foram elaboradas as primeiras tabelas regionais de adubação para o Estado do RS.

1.1 - EVOLUÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM

A primeira proposição de um sistema de recomendação de adubação no Estado do Rio Grande do Sul, com base na análise de solo, foi feita por Mohr (1950). Esse autor dividiu o Estado do Rio Grande do Sul em quatro

regiões fisiográficas e estabeleceu valores de referência para as análises de solo em cada uma delas, sendo:

- 1) planalto norte (solos formados sobre basalto);
- 2) região sedimentar central (solos formados sobre arenito Botucatu);
- 3) escudo sul-rio-grandense (solos formados sobre rochas graníticas); e,
- 4) região da planície costeira (solos formados sobre areias e sedimentos recentes).

Os valores determinados nas análises químicas eram comparados com os valores de referência estabelecidos (teor crítico¹) para cada região, sendo, então, fornecida uma recomendação descritiva para cada grupo de solos.

No final da década de 1960 e início da década de 1970, ocorreram grandes modificações na agricultura bem como no uso das recomendações de calagem e de adubação, principalmente com a “Operação Tatu” (Associação..., 1967, 1968; Ludwick, 1968; Volkweiss & Klamt, 1969, 1971), realizada primeiramente no Estado do Rio Grande do Sul e depois em Santa Catarina, onde o projeto foi denominado “Operação Fertilidade” (Pundek, 2000). Em 1968 foi criada a ROLAS-RS/SC (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina), que se envolveu ativamente na revisão e no aperfeiçoamento das recomendações. Nesse período, ocorreram importantes avanços no sistema, tendo sido elaborados o segundo (UFRGS, 1968) e o terceiro (Mielniczuk et al., 1969a,b) sistema de tabelas de recomendações.

A recomendação era constituída pela adubação corretiva (para elevar os teores de P e de K ao teor crítico na primeira cultura) e pela adubação de manutenção por cultura (visando manter os teores de P e de K acima do teor crítico). Esse modelo de correção da fertilidade do solo era baseado no conceito de “adubar o solo”. A recomendação de calagem era para elevar o pH do solo ao nível desejado em uma única aplicação, inicialmente para atingir pH 6,5 e, a partir de 1973, para atingir pH 6,0 (Reunião..., 1973), conforme o índice SMP (Murdock et al., 1969).

¹ Teor no solo a partir do qual a probabilidade de retorno econômico com a aplicação do nutriente é muito baixa ou nula. Quantidades de nutrientes recomendadas acima dessa condição visam à manutenção da disponibilidade no solo ou compensar as quantidades exportadas com as colheitas.

INTRODUÇÃO

Ainda na década de 1970 houve a elaboração da quarta (UFRGS, 1973) e da quinta (UFRGS, 1976) versão do sistema de tabelas de recomendação. Ainda devem ser citadas as tabelas elaboradas isoladamente por Patella (1972), pois elas apresentavam, até certo ponto, analogia com o sistema proposto em 1987 (Siqueira et al., 1987).

Na década de 1980 foram elaboradas três atualizações nas tabelas. A sexta versão (ROLAS-RS/SC, 1981) introduziu algumas modificações para várias culturas, tendo sido a última versão elaborada vinculada a ROLAS-RS/SC. Nas versões seguintes a Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC do Núcleo Regional Sul (NRS) da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) assumiu essa incumbência. A versão adotada em 1987 (Siqueira et al., 1987) modificou a filosofia de recomendação, passando de um sistema de adubação corretiva e de manutenção para um sistema misto (correção e reposição, ou restituição), no qual o objetivo era atingir os teores críticos de P e de K gradualmente em três cultivos ou anos, com o conceito de “adubar a cultura”, já que, à época, havia restrição ao crédito agrícola, dificultando a correção da fertilidade do solo em uma única aplicação. A oitava versão (CFS-RS/SC, 1989) introduziu modificações na adubação de algumas culturas, sem alterar substancialmente a versão de 1987.

Na década de 1990 foi elaborada a nona versão com diversas modificações nas recomendações das culturas, e foram propostas as primeiras recomendações de calagem para o sistema plantio direto (CFS-RS/SC, 1995). Já no final dos anos 1990 e início dos anos 2000 havia a percepção de um novo cenário de produção e aumento de rendimento das culturas, com a adoção de inovações técnicas ou expansão de produção, tais como: plantio direto; produção de hortaliças em ambiente protegido; produção de frutas para exportação; produção em hidropônia; produção de flores e espécies ornamentais; integração lavoura-pecuária; irrigação de lavouras de verão; produção de espécies medicinais e aromáticas; geração de grandes quantidades de dejetos de animais (com problemas de utilização nas lavouras); agricultura orgânica; etc. Esse cenário justificou uma revisão ampla das recomendações de corretivos do solo e de fertilizantes para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

O processo de revisão das recomendações foi proposto em reunião da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC) do NRS/SBCS em 14/12/1999, culminando com a décima versão em 2004 (CQFS-RS/SC, 2004) publicada como “Manual de Adubação e de Calagem para os Estados

do RS e SC". Nesta versão se destaca a identificação das doses de correção, manutenção e reposição e o ajuste da dose de nutrientes em função do rendimento, sendo as tabelas das culturas de grãos programadas para dois cultivos. Também nessa versão foram atualizadas as recomendações de várias culturas nos diferentes grupos, bem como inseridas recomendações para cultivo hidropônico e em ambientes protegidos. A recomendação de calagem também sofreu alterações, qualificando a tomada de decisão para diferentes sistemas de cultivos (como o plantio direto) e em função de grupos de culturas.

Atualmente, o plantio direto de grãos já é um sistema consolidado em muitas áreas do RS e de SC. Também houve uma expansão do uso de materiais transgênicos ou mutagênicos nos sistemas de produção, bem como maior adoção de tecnologias de máquinas e irrigação. A agricultura de precisão, com levantamento de variabilidade do terreno e aplicação de insumos em taxa variável tornou-se uma realidade em muitas lavouras. Esse novo cenário implicou em uma necessidade de atualização do sistema de recomendação de calagem e adubação para as culturas nos Estados do RS e SC. Uma Comissão para atualização das recomendações foi formada por ocasião da X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo em 2014, em Pelotas-RS, sendo então conduzidos os trabalhos de revisão durante os anos de 2015 e 2016.

1.2 - HISTÓRICO DOS PROJETOS DE MANEJO DO SOLO E CENÁRIOS DA AGRICULTURA NO RS E SC

Os programas regionais objetivando a adoção de práticas de manejo da fertilidade, com base na análise de solo e em outras técnicas de manejo e cultivo, foram iniciados pelo Projeto de Melhoramento da Fertilidade do Solo, denominado "Operação Tatu". Este projeto surgiu com a implantação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia na UFRGS, em 1965 (Ludwick, 1968). Nessa época foram iniciados os trabalhos de pesquisa visando a identificação dos fatores responsáveis pela baixa produtividade dos solos do Estado do Rio Grande do Sul (Volkweiss & Klamt, 1969; 1971). O programa foi executado no município de Ibirubá pelo Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, que à época mantinha um convênio de cooperação técnica com a Universidade de Wisconsin (EUA), pela Secretaria da Agricultura, pelo Ministério da Agricultura através do IPEAS e pelo IRGA. O trabalho iniciou com uma amostragem intensa, escavando o solo no município (daí o nome Operação Tatu), para determinar o nível de fertilidade e a implantação de lavouras

INTRODUÇÃO

demonstrativas com a utilização adequada das recomendações de calagem e adubação.

Esse trabalho foi repetido com maior êxito em Santa Rosa, expandindo-se, a partir de 1967, para os municípios de Três de Maio, Tuparendi e Horizontina, sob a coordenação da Associação Rural de Santa Rosa (Associação..., 1967) e da ASCAR (Associação..., 1968). Em 1968, já havia solicitação de 80 municípios para participar do projeto (Ludwick, 1968), que objetivava corrigir a acidez e a fertilidade do solo, além de controlar a erosão, estimular o emprego de melhores cultivares e a adoção de novas práticas de cultivo, à semelhança da chamada “Revolução Verde”. Embora a utilização de terraços tenha sido iniciada na década de 1950, seu uso ainda era incipiente na década de 1960.

No Estado de Santa Catarina, a partir dos resultados obtidos pela Operação Tatú no Estado do Rio Grande do Sul, foi elaborado o Plano de Recuperação da Fertilidade do Solo, em meados de 1968, denominado “Operação Fertilidade”, para ser executado a partir de 1969 e com duração prevista até 1975. Os trabalhos de campo foram executados em 1969 no município de Nova Veneza, região sul do Estado, com a instalação de 16 lavouras demonstrativas de milho, seguindo as normas técnicas preconizadas pelo “Plano”, entre elas, adubação corretiva e de manutenção e calagem pelo índice SMP para atingir pH 6,0. Nos anos seguintes o “Plano” se expandiu para todo Estado e o consumo do calcário atingiu aproximadamente 50 mil toneladas em 1970 e 300 mil toneladas em 1980 (Pundek, 2000). Os trabalhos de campo, a partir da safra de 1970/1971, foram executados pela Secretaria da Agricultura daquele Estado e pela ACARESC.

No RS, a Operação Tatú manteve ações intensas até 1974 (Klamt & Santos, 1974), estendendo-se, pelo menos, até 1976 (Volkweiss & Ludwick, 1976; Mielniczuk & Anghinoni, 1976). Ela foi importante porque introduziu o princípio da calagem total, ou seja, a aplicação, em uma só vez, da quantidade de calcário necessária para corrigir a acidez do solo até o nível desejado (Volkweiss & Klamt, 1969). Uma avaliação dos efeitos da Operação Tatú foi feita por Mielniczuk & Anghinoni (1976), em 20 lavouras nos municípios de Santa Rosa, de Tapera e de Espumoso (RS). Após um período de 5 a 7 anos da primeira aplicação de calcário, o pH médio passou de 4,8 para 5,6 e a necessidade de calcário de 6,9 para 2,2 t/ha, o que correspondia a um efeito residual da primeira calagem maior que 50%. Os

teores de fósforo e de potássio estavam adequados e os produtores haviam corrigido o solo no restante de suas propriedades, obtendo, à época, altos rendimentos dos cultivos; demonstravam também entusiasmo pela utilização de práticas de melhoria da fertilidade e da conservação do solo.

Na década de 1980 e em sequência à Operação Tatu, foi iniciado no RS o Projeto Integrado de Uso e Conservação do Solo (PIUCS) visando a redução da intensidade de preparo e de aumento da cobertura vegetal do solo. O projeto foi executado entre 1979 e 1985 (Mielniczuk et al., 2000). Esse trabalho contribuiu para o início de uma agricultura com enfoque conservacionista em grande escala no Estado do RS, adotando-se as práticas de eliminação da queima da resteva, a utilização de culturas de cobertura, a redução do preparo do solo e o plantio direto. No Estado de Santa Catarina, a evolução das técnicas de manejo do solo foi proporcionada pelos projetos Microbacias 1 (1991 a 1999) e Microbacias 2 (2002 a 2009), coordenados pela EPAGRI, os quais difundiram boas práticas de manejo do solo, controle da erosão e uso de sistemas conservacionistas no Estado (Zilmath & Veiga, 2013). Nesse período, trabalhos focados em microbacias hidrográficas também foram desenvolvidos no Estado do RS pela EMATER.

Entre 1994 e 1998, a Embrapa Trigo conduziu o Projeto METAS, de pesquisa e de difusão do sistema plantio direto no RS, com a participação da EMATER-RS e de empresas privadas e de assistência técnica (Denardin & Kochhann, 1999). Nesse período se observou uma rápida adoção do sistema plantio direto, sendo a área nesse sistema à época de aproximadamente 3,8 milhões de hectares no RS e de 800 mil hectares em SC (Wiethölter, 2002b). O projeto foi também desenvolvido na Metade Sul do RS com a participação da Embrapa Clima Temperado e Universidade Federal de Pelotas (UFPel) (Metas-Sul) e foi importante para consolidar o cultivo mínimo e o plantio direto de arroz irrigado em terras baixas.

1.3 - CENÁRIO ATUAL E ATUALIZAÇÃO DO SISTEMA DE TABELAS DE RECOMENDAÇÃO

Atualmente, o sistema plantio direto é hegemonic nas áreas de produção de grãos do RS e SC, aumentando a experiência dos técnicos e pesquisadores sobre seus efeitos ao longo do tempo de sua adoção. Também tem aumentado as experiências com plantio direto de forrageiras e hortaliças. Ainda, muitas áreas estão em integração com a pecuária ou mesmo com sistemas florestais. Parte das áreas de terras baixas, predominantemente

INTRODUÇÃO

utilizadas para arroz irrigado ou pastagens, já estão sendo utilizadas em rotação com culturas de sequeiro, especialmente a soja. Muitas outras culturas tiveram expansão de uso ou qualificação de sua produção, como as videiras destinadas à produção de vinhos finos, os cultivos florestais e o cultivo de pequenas frutas. Assim, o reflexo da agropecuária praticada atualmente no Sul do Brasil impacta diretamente no âmbito da pesquisa, com o acúmulo de dados experimentais sobre áreas de cultivo de grãos por longos períodos sob sistema de plantio direto e avanço na pesquisa com outras culturas. Adicionalmente, nos últimos anos a ROLAS-RS/SC também implantou mudanças em seus métodos de análise de solos, impactando nos resultados analíticos entregues aos usuários e sua interpretação.

Para a atualização do Manual, esse cenário atual implicou em uma revisão da estrutura e da abordagem do sistema de recomendação de calagem e adubação, desde os teores críticos, os quais eram baseados em dados de pesquisa das décadas de 1960 a 1980, até a sistemática de recomendação para os diferentes grupos de culturas. A revisão da lógica e da filosofia de recomendação de fertilizantes para os diferentes grupos de culturas presentes neste Manual se fez necessária, pois o sistema foi concebido inicialmente para culturas de grãos e, ao longo dos anos, outros grupos de culturas foram apenas incluídos nas novas versões, sem uma profunda revisão da adequação do sistema de recomendação para essas novas culturas.

Desde as primeiras edições, as recomendações representam o esforço dos especialistas da área em organizar as informações técnicas em uma publicação de fácil utilização pelos técnicos e agricultores. Essas informações foram acumuladas a partir de centenas, se não milhares, de experimentos realizados no sul do Brasil, envolvendo um número incontável de pesquisadores, cujas informações foram sistematizadas e organizadas na forma de manual. Assim, este Manual, desde sua primeira edição, é o resultado do esforço conjunto de muitos pesquisadores e, por isso, a responsabilidade de sua publicação é do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, a qual representa todos os envolvidos na atualização das recomendações. Em cada capítulo estão listados os nomes das pessoas que atuaram diretamente na revisão desta edição.



Capítulo

2

O SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

Atualizado por:

Luciano Colpo Gatiboni
Leandro Souza da Silva
Ibanor Anghinoni
Rogério Oliveira de Sousa

O sistema de recomendação de calagem e adubação apresentado neste Manual é indicado para ser utilizado nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Ele é baseado na análise de solo e, para algumas culturas, na análise de tecido vegetal. O principal objetivo do sistema é a utilização racional de corretivos da acidez e de fertilizantes em quantidade, fonte, forma e época de aplicação, visando, dessa forma, a manutenção da acidez e dos teores de nutrientes do solo em níveis adequados para as culturas, otimizando o retorno econômico.

O sucesso da calagem e adubação para uma cultura ou de um sistema de produção depende, antes da própria manipulação da fertilidade do solo, da observação de princípios básicos de escolha de locais apropriados para o cultivo e o uso de um conjunto de técnicas de manejo recomendadas. Os fatores que determinam a aptidão agrícola das terras, como as características do solo (profundidade efetiva, textura e drenagem) e do ambiente (declividade do terreno, pedregosidade, degradação e risco de enchentes) e a legislação ambiental devem ser devidamente considerados para a utilização do sistema de recomendação de calagem e adubação apresentado neste Manual.

Para o sucesso das recomendações deste Manual, devem também

ser utilizadas as boas práticas de manejo do solo e da cultura, como por exemplo, práticas conservacionistas, cultivares adaptados e/ou de alto potencial produtivo, manejo adequado do solo e da cultura, época e densidade de semeadura apropriadas, controle de invasoras, pragas e moléstias e tecnologia adequada de colheita e pós-colheita.

As recomendações de calagem e adubação são geradas pela pesquisa, estão em constante atualização e são majoritariamente apresentadas em tabelas. A amostragem do solo é a etapa inicial do sistema, quer seja na sua construção pela pesquisa quer seja na sua utilização pelo produtor, conforme o esquema da Figura 2.1.

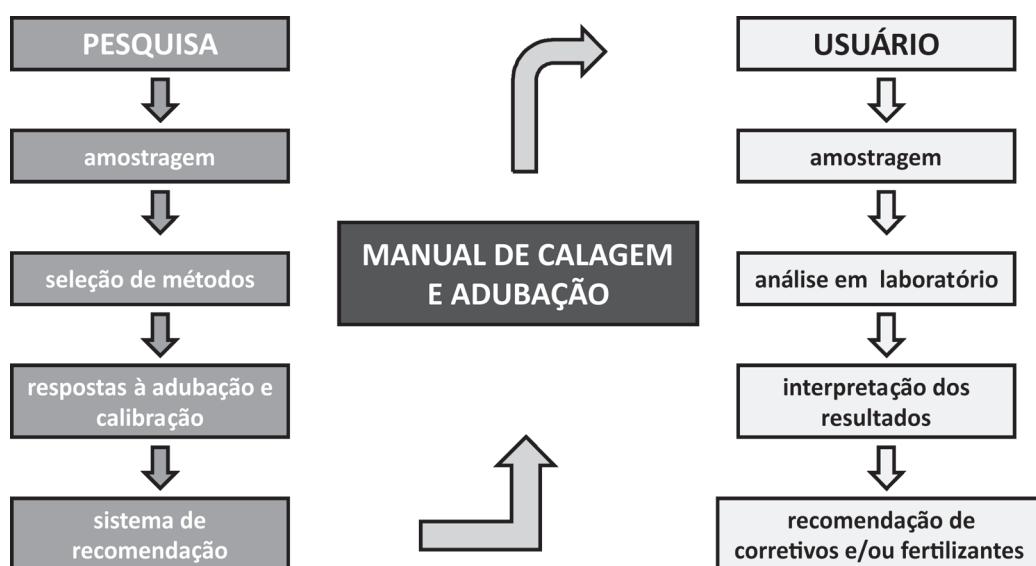


Figura 2.1. Etapas da elaboração das recomendações de calagem e adubação a partir do suporte da pesquisa.

Do lado da pesquisa, segue à amostragem, a seleção dos métodos de análise, sua calibração no campo e a determinação das doses a partir da resposta econômica das culturas à adição de nutrientes ou corretivos de acidez do solo. As recomendações ao usuário ocorrem, então, a partir da análise química pelo método adotado de uma amostra representativa do solo da lavoura, de acordo com filosofias ou critérios de adubação.

Em cada uma dessas etapas podem ocorrer erros que alteram as recomendações de corretivos e fertilizantes. O erro na amostragem do solo é o

mais prejudicial, pois compromete todos os resultados das próximas etapas e não pode ser corrigido em nenhuma delas. A etapa da amostragem visa a coleta de uma porção de solo ou de tecido vegetal que represente a área ou a cultura para a qual será feita a recomendação. Uma amostragem não representativa da área pode causar distorções grandes (maiores que 50%) na avaliação da fertilidade do solo. Os requisitos e os procedimentos de coleta de amostras representativas de solo e de tecido vegetal são apresentados no Capítulo 3.

A amostra de solo ou de tecido vegetal deve ser encaminhada para um laboratório de análises apropriado. Para que os resultados analíticos possam ser usados no sistema de recomendação, os métodos de preparo e de análise química das amostras de solo e de tecido vegetal devem seguir métodos e procedimentos uniformizados nos laboratórios e, por isso, o sistema de recomendação está atrelado a ROLAS-RS/SC (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina). Os laboratórios credenciados na rede executam métodos e procedimentos em consonância com o que é necessário à recomendação deste Manual. Também, passam por um constante e rigoroso controle de qualidade, assegurando aos laboratórios detentores do “selo de qualidade” a exatidão necessária para uma correta recomendação de corretivos e fertilizantes. O uso de resultados de análises químicas obtidas de laboratórios não credenciados na ROLAS-RS/SC pressupõe que eles adotem os mesmos métodos e procedimentos preconizados. Os métodos e os procedimentos de cálculos usados atualmente pelos laboratórios da ROLAS-RS/SC são apresentados no Capítulo 4.

A interpretação dos resultados da análise de solo é feita observando se os valores analíticos do laudo em relação aos parâmetros da acidez do solo estão dentro da faixa tolerada para a cultura (Capítulo 5) e, em relação aos nutrientes, se estão dentro da faixa de disponibilidade considerada adequada para a cultura em questão (Capítulo 6). No caso de análise de tecido vegetal, os resultados da análise são classificados de acordo com faixas de referência de teores dos nutrientes no tecido vegetal para a espécie considerada. Para ambas as análises, solo e tecido vegetal, o conceito utilizado é o do teor crítico para a cultura, no qual se a análise apontar valores abaixo deste, a probabilidade de resposta econômica à aplicação do nutriente é alta e, se os valores estiverem acima do teor crítico, a probabilidade de resposta econômica à aplicação do nutriente é pequena ou nula. Maiores detalhes e

particularidades do sistema são apresentados nos Capítulos 5 e 6 para cada grupo de culturas. Sistemas de cultivos especiais, como a hidroponia, são tratados no Capítulo 7.

As recomendações de corretivos da acidez e de fertilizantes pressupõem o estabelecimento das doses, dos momentos, das fontes e das formas adequadas para a aplicação. A escolha dos fertilizantes a serem recomendados depende de fatores técnicos, como a forma, concentração, eficiência e disponibilidade local dos fertilizantes e, ainda, de fatores relacionados com o custo dos fertilizantes. Para subsidiar essa escolha, no Capítulo 8 são apresentadas características dos principais fertilizantes minerais disponíveis no mercado e no Capítulo 9 é apresentada a sistemática de recomendação de fertilizantes quando são utilizados adubos orgânicos em aplicação isolada ou em conjunto com a adubação mineral. O Capítulo 10 apresenta algumas relações entre a calagem e a adubação com a qualidade ambiental.



Capítulo

3

AMOSTRAGEM DE SOLO E PLANTAS

Atualizado por:

Pedro A. Varella Escosteguy
Ibanor Anghinoni
Leandro Souza da Silva
Luciano Colpo Gatiboni
José Alan de Almeida Acosta

As recomendações de calagem e adubação sugeridas nos capítulos deste Manual se baseiam na análise de solo. Para algumas espécies, especialmente as frutíferas, a análise foliar também é importante para a determinação das quantidades de nutrientes a serem aplicadas com a adubação. Neste Capítulo são abordados a importância da representatividade da amostra, os critérios para a determinação do número de subamostras, os amostradores e os procedimentos de coleta de amostras de solo para cada grupo de culturas ou sistema de cultivo. São apresentados também os procedimentos gerais de amostragem de tecido foliar para vários grupos de culturas.

3.1 – AMOSTRAGEM DO SOLO

3.1.1 – Representatividade da amostra

Uma amostra de solo pode representar desde um vaso de flores até muitos hectares e a variabilidade espacial dos atributos analisados será o principal fator que determina a área a ser abrangida pela amostra. Entre as etapas envolvidas na calagem e adubação (amostragem, análise

química, interpretação dos resultados e aplicação de corretivos e fertilizantes), a representatividade da amostra é uma das principais causas de erro. Quando não observada, subestima ou superestima as doses de corretivos da acidez de solo e de fertilizantes. Entretanto, a heterogeneidade, ou variabilidade espacial, dos atributos químicos é uma característica intrínseca dos solos e de seu manejo, sendo que a calagem e a adubação podem aumentar a variabilidade espacial desses atributos, dificultando a representatividade da amostra. Assim, os procedimentos de amostragem são baseados na variabilidade espacial dos atributos analisados, buscando a coleta de amostras representativas, as quais descrevam corretamente a condição da fertilidade do solo a ser adubado.

Por esse motivo, todas as instruções para a coleta de solo devem ser observadas para obter amostras representativas. Por exemplo, se uma amostra composta (mistura de várias subamostras) de solo representar 20 hectares, o volume de solo analisado no laboratório corresponderá, aproximadamente, à fração equivalente a 2,5 partes por bilhão do volume de solo da área amostrada na camada de 0 a 10 cm, ou 1,25 partes por bilhão na camada de zero a 20 cm, conforme ilustrado na Figura 3.1.

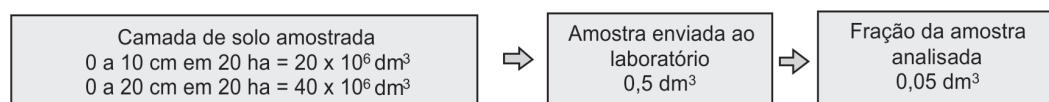


Figura 3.1. Relação entre o volume de solo de camadas de 0 a 10 ou 0 a 20 cm amostradas em vinte hectares (ha) e a fração desse volume que é utilizada para a análise química.

O conhecimento da variabilidade dos atributos químicos do solo é importante para a coleta de amostras representativas, pois subsidiam a escolha do melhor procedimento de amostragem e do número de subamostras necessárias para formar uma amostra composta. Quando a distribuição espacial desses atributos é aleatória, a estatística clássica (média e coeficiente de variação) pode ser utilizada para o estudo de variabilidade e é recomendado o procedimento de amostragem casualizada (item 3.1.4). Por outro lado, quando as variações dos atributos do solo têm dependência espacial, a geoestatística pode ser utilizada para esse tipo de estudo e o procedimento de amostragem sistemática pode ser utilizado (item 3.1.5) em detrimento da amostragem casualizada.

Para ser representativa, a amostra remetida ao laboratório deve

ser composta por várias subamostras. O número adequado de subamostras de uma gleba varia conforme a natureza e a magnitude da variabilidade e os limites requeridos de inferência estatística. Estes limites são definidos pela probabilidade de erro (confiabilidade) e pelo erro em relação à média (exatidão). Além desse erro e da confiabilidade da amostragem, o número de subamostras sugerido considera as variações dos resultados da análise de amostras do programa de controle de qualidade dos laboratórios da ROLAS-RS/SC (Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina). Assim, em conformidade com o controle de qualidade de análises da ROLAS (Wiethölter, 2002a), considerou-se a probabilidade do erro α de 5% e o erro de 20% em relação a média (limites de inferência estatística), como adequados para o estabelecimento do número de subamostras.

O número recomendado de subamostras para compor amostras não georreferenciadas e georreferenciadas para diferentes grupos de culturas e sistemas de manejo são apresentadas nos itens 3.1.4 e 3.1.5, respectivamente.

3.1.2 - Época de amostragem

A amostragem de solo pode ser feita em qualquer época do ano. Entretanto, considerando que são necessárias de duas a três semanas para a preparação, a análise química e o retorno dos resultados, deve-se amostrar o solo aproximadamente dois a três meses antes do plantio ou da semeadura. Em pastagens já estabelecidas, o solo deve ser amostrado dois a três meses antes do máximo crescimento vegetativo das plantas. Em culturas perenes, recomenda-se, em geral, amostrar o solo antes do plantio das mudas e/ou após a colheita para as adubações durante a fase de produção.

3.1.3 - Amostradores de solo

Os amostradores mais comuns, utilizados para a coleta de amostras de solo, são ilustrados na Figura 3.2. A adequação do amostrador depende das condições locais, como o tipo, o grau de compactação e o teor de umidade do solo. A pá-de-corte pode ser utilizada na maior parte dos casos, mas requer mais tempo para a amostragem. Em solos em plantio direto, a amostragem também pode ser efetuada com o trado calador, entretanto, não é recomendada a utilização do trado de rosca ou trado holandês (Fi-

gura 3.2). Geralmente, a utilização destes últimos resulta na perda de parte da camada superficial (1 a 2 cm) do solo e, nesta camada, os teores de matéria orgânica e de nutrientes são normalmente maiores, enquanto que os valores de acidez podem ser menores ou maiores, dependendo histórico de calagem. Amostras obtidas com esses amostradores podem resultar em subestimação dos teores de nutrientes e sub ou superestimação da acidez. Além disso, o volume de solo coletado com o trado holandês varia ao longo da profundidade amostrada, pois ele tem menor largura nas extremidades, coletando menor volume de solo em relação a parte central do trado.

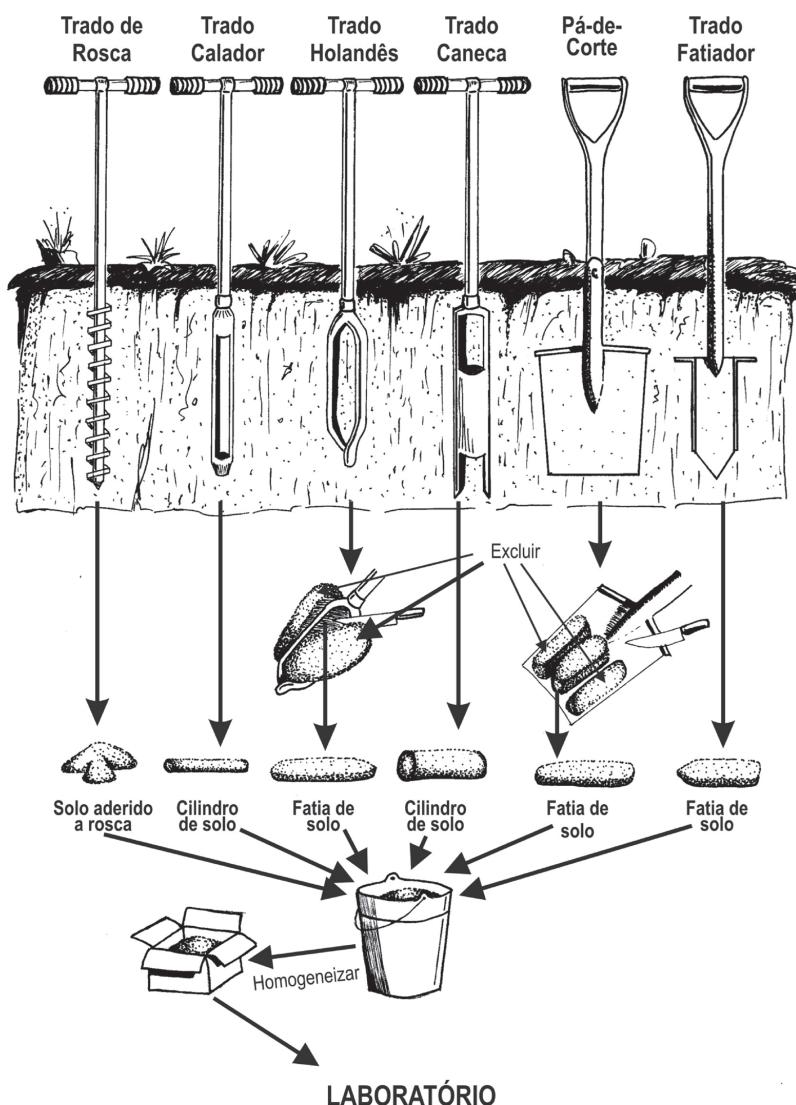


Figura 3.2. Amostradores de solo para avaliação da fertilidade. A exclusão das fatias laterais não se aplica em amostragens de solo com plantio direto e adubação na linha (ver item 3.1.4b e Figuras 3.4 e 3.5).

O cuidado para evitar perdas de solo e representar adequadamente a camada amostrada é essencial para a amostragem do solo de lavouras manejadas sem revolvimento do solo (como no plantio direto) ou de áreas com histórico de aplicação superficial de corretivos e/ou de fertilizantes. A perda de solo da camada superficial pode ser evitada com a utilização do trado caneca (cilindro com 4 a 8 cm de diâmetro, provido de garras na extremidade, Figura 3.2). A retirada do solo da caneca é, entretanto, dificultada em solos muito argilosos e úmidos. O trado fatiador (Figura 3.2), constituído por um calador aberto de paredes retangulares, é adequado para a amostragem do solo até 10 cm de profundidade, principalmente em pastagens. Apresenta as mesmas vantagens do trado caneca, porém sem a dificuldade da retirada da fatia de solo amostrada.

Em áreas com preparo do solo (aração, gradagem, etc), a amostragem pode ser efetuada com todos os amostradores mencionados, pois, geralmente, há menor variação dos atributos químicos do solo ao longo da camada arável (0 - 20 cm). Nessa situação, a amostragem com o trado holandês é menos afetada pela textura e pelo teor de umidade do solo, do que aquela efetuada com o trado de rosca ou com o trado calador, os quais têm seu uso dificultado em solos muito argilosos ou com baixo teor de umidade.

Além dos amostradores da Figura 3.2, podem ser utilizados também equipamentos automatizados, nos quais um braço hidráulico insere o amostrador no solo, podendo ser acoplado ao trator ou a um pequeno veículo automotor, para a retirada sistematizada de amostras. Pode ser utilizado também um trado de rosca acoplado a uma furadeira movida à bateria, própria ou conectada a do veículo. Nesse equipamento, a parte perfuradora do solo (rosca) deve ser ajustada a um coletor (na forma de copo com abertura central em fundo côncavo) para evitar a perda do solo superficial. Uma vantagem importante desse equipamento é a facilidade de coleta das amostras, especialmente em condições de solo seco.

3.1.4 - Procedimentos de coleta de amostras não georreferenciadas (tradicional)

Subdivisão da área em glebas homogêneas

Na amostragem de solo, o efeito da variabilidade espacial pode ser reduzido com a subdivisão da área amostrada em glebas homogêneas,

Isto é, subáreas com menor variação de fertilidade. A subdivisão da área em glebas homogêneas antecede a etapa de coleta de solo e consiste em dividir a área a ser amostrada em glebas conforme o tipo de solo, a topografia, a vegetação e o histórico de utilização. Os tipos de solos podem ser separados conforme a cor, a textura, a profundidade do perfil, a drenagem, a topografia ou outros atributos. Áreas sem variação desses fatores, mas utilizadas com diferentes rotações e sucessões de culturas ou manejos de calagem ou de adubação, também devem ser fracionadas em glebas homogêneas. Mapas ou outras informações de produtividade também podem ser considerados para separar áreas homogêneas.

A Figura 3.3 exemplifica diversas situações que podem ocorrer em propriedades agrícolas. Certas particularidades como, por exemplo, a “mancha” ilustrada na área 2, típico em áreas com terraços desfeitos ou de solos erodidos, e áreas adubadas com fosfatos naturais reativos (área 8). Para esta última é recomendada a determinação do P pelo método Mehlich-3 (ver item 4.1.3.) e, por isso, a amostra desse tipo de área deve ser amostrada e analisada separadamente.

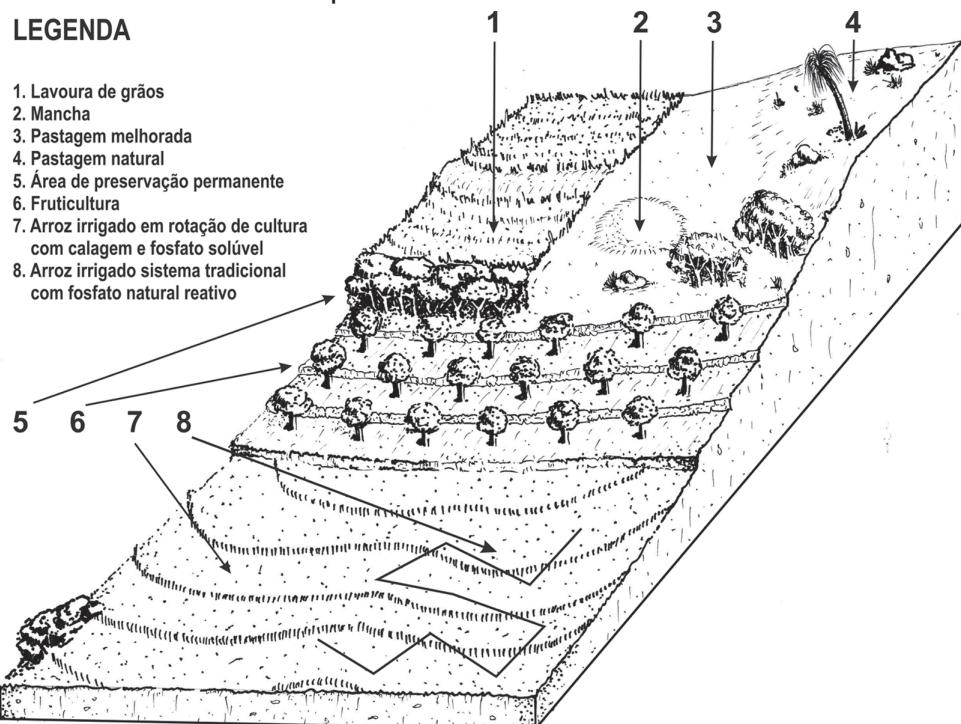


Figura 3.3. Exemplo de glebas homogêneas previstas em plano de amostragem de solo de uma propriedade com diferentes declividades e usos de solos.

Número de subamostras e procedimento de coleta

Para a maioria dos grupos de culturas e sistemas de cultivos (exceto culturas de grãos em sistema plantio direto), quando o solo é amostrado ao acaso, os limites de inferência estatística são atendidos com a coleta de 10 a 20 subamostras (15 em média) por gleba homogênea, independente do amostrador de solo.

Para a coleta das subamostras, deve-se percorrer a área a ser amostrada de forma aleatória e em “zig-zag” tentando escolher os locais das subamostras de forma a representar toda a área (Figura 3.3, Gleba 8). No ponto em que será retirada a subamostra, deve-se remover a vegetação da superfície, incluindo folhas, ramos, colmos e pedras, evitando raspar a camada superficial do solo. No caso da pá-de-corte, uma pequena trincheira (cova) deve ser aberta para a coleta do solo. Os procedimentos para a amostragem de solo com diferentes amostradores de solo são ilustrados na Figura 3.2. No entanto, algumas situações implicam em cuidados ou procedimentos específicos para a adequada representatividade da amostra, como será tratado a seguir.

Camada de amostragem

A camada de amostragem do solo corresponde a camada diagnóstica para a recomendação de corretivos da acidez e adubação. Para culturas com revolvimento do solo (ex. sistema convencional ou para implantação do sistema plantio direto), a camada de amostragem é de 0 a 20 cm, enquanto para sistemas sem revolvimento (ex. plantio direto consolidado) a profundidade de coleta é de 0 a 10 cm, com monitoramento eventual da camada de 10 a 20 cm (Tabela 3.1). Em casos específicos da instalação dos cultivos de culturas perenes, especialmente de grande porte, cujo sistema radicular pode utilizar camadas mais profundas do solo para suprimento de nutrientes, os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm podem ser usados para corrigir a camada de 0 a 30 cm ajustando a dose a ser aplicada nesta camada para 1,5 vezes a dose de calcário ou fertilizante recomendada para a camada de 0 a 20 cm.

Tabela 3.1. Sugestão de camadas de solo e amostradores de solo, para diferentes sistemas ou condição de cultivo

Culturas	Sistema de cultivo/Condição	Camada de solo (cm)	Amostrador
Grãos	Com revolvimento do solo ou para implantação do sistema plantio direto	0 a 20	Todos
	Plantio direto consolidado	0 a 10 e 10 a 20 ⁽¹⁾	Pá-de-corte ou trado calador no sentido transversal às linhas de adubação ⁽²⁾
Forrageiras	Cultivos anuais com revolvimento do solo ou para implantação de espécies perenes e do sistema plantio direto	0 a 20	Todos
	Campo natural ou espécies anuais em sistema plantio direto consolidado	0 a 10 e 10 a 20 ⁽¹⁾	Todos; Pá-de-corte ou trado calador no sentido transversal às linhas de adubação ⁽²⁾
Hortaliças, tubérculos, raízes, aromáticas, medicinais, condimentares, ornamentais e outras culturas comerciais	Com revolvimento do solo	0 a 20 ⁽³⁾	Todos
Frutíferas e florestais	Instalação das mudas	0 a 20 ⁽³⁾	Todos
	Produção das frutíferas	0 a 20	Todos

⁽¹⁾ A amostragem separando as camadas de 0 a 10 e de 10 a 20 cm é necessária para o monitoramento eventual da acidez em subsuperfície e recomendação da calagem, conforme Capítulo 5;

⁽²⁾ Procedimento alternativo ao da pá-de-corte (ver figura 3.5);

⁽³⁾ Para as espécies perenes frutíferas e florestais, incluindo também a roseira de corte como espécie ornamental, os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm podem ser usados para corrigir a camada de 0 a 30 cm ajustando a dose a ser aplicada nesta camada para 1,5 vezes a dose de calcário ou fertilizante recomendada para a camada de 0 a 20 cm (ver Capítulos 5 e 6).

Além do quadro-resumo apresentado na Tabela 3.1, a seguir serão detalhadas especificidades de coleta para cada grupo de culturas.

a) Culturas de grãos em sistemas com revolvimento do solo (convencional)

Para culturas anuais, como milho, trigo, arroz e soja, a amostra deve representar a camada mobilizada, ou seja, 0 a 20 cm. A amostragem, sempre que possível, deve ser efetuada após o preparo do solo para a

cultura subsequente, para se ter a homogeneização da camada com os nutrientes adicionados pelos fertilizantes aplicados nas linhas de adubação da cultura antecedente, desde que haja tempo entre a coleta da amostra e a obtenção dos resultados para o planejamento da adubação. Como as operações de preparo tendem a uniformizar o solo, qualquer um dos amostradores ilustrados na Figura 3.2 pode ser utilizado (Tabela 3.1).

**b) Culturas de grãos em sistema sem revolvimento do solo
(plantio direto)**

Na implantação do sistema plantio direto, considerando que haverá revolvimento do solo para aplicação de corretivos e fertilizantes, sugere-se coletar amostras na camada de 0 a 20 cm (Tabela 3.1). No sistema plantio direto já consolidado, sugere-se amostrar a camada de 0 a 10 cm para fins de adubação e, sempre que necessário monitorar a acidez, amostrar também a camada de 10 a 20 cm, para a recomendação da calagem (ver Capítulo 5 e Tabela 5.3) e para auxiliar na avaliação da disponibilidade de fósforo (P) em profundidade. Além disso, a camada de 10 a 20 cm é auxiliar no diagnóstico dos teores de enxofre (S). Em solos com plantio direto, a concentração desse nutriente pode ser maior na camada de 10 a 20 cm, principalmente, quando a camada de 0 a 10 cm apresentar maior valor de pH (resultado da calagem superficial) e maior teor de P e, ainda, tiver sido adubada com S (dependendo da dose, fonte e local de aplicação). Assim, aplicações desnecessárias de S podem ser evitadas quando o diagnóstico incluir a camada de 10 a 20 cm.

Em solo com plantio direto, a pá-de-corte é mais eficiente para a amostragem, tanto em áreas com adubação a lanço como em linha, coletando-se 10 a 20 (média de 15) subamostras, desde que observada a coleta das sub-subamostras conforme a distância entre as linhas de adubação (Figura 3.4). Esse tipo de amostrador facilita atender o sugerido para a coleta de solos adubados na linha, conforme especificado no item 3.1.1, ao contrário do trado calador. Para a amostragem com esse último, o número de pontos amostrados (sub-subamostras) pode ser elevado (50 a 200, dependendo do espaçamento entre as linhas da cultura, Figura 3.5). Essa desvantagem do trado calador se deve ao tipo de variabilidade (adubação na linha de semeadura) e ao pequeno volume de solo coletado por esse amostrador (Nicolodi et al., 2000; Schlindwein & Anghinoni, 2002).

O procedimento para a coleta com a pá-de-corte, em áreas com adubação na linha, consiste em: a) localizar na lavoura as linhas de adubação

(linhas de plantas) da cultura precedente; b) remover a vegetação da superfície; c) cavar uma pequena trincheira (cova), conforme ilustrado na Figura 3.4. A largura dessa trincheira deve corresponder ao espaçamento entre as linhas do último cultivo, tendo-se o cuidado de que a linha em que foi aplicado o fertilizante esteja localizada na parte mediana dessa cova. Para facilitar a coleta, recomenda-se efetuar a amostragem, preferencialmente, após a colheita das culturas de menor espaçamento, como trigo, cevada, aveia, nabo, canola, ou soja; d) cortar com a pá uma fatia de 3 a 5 cm de espessura em toda a parede da cova (espessura da fatia de solo deve ser uniforme em todos os locais), coletando as camadas indicadas; e) colocar a amostra de solo em um balde; f) repetir os procedimentos, nos outros pontos de coleta das subamostras da gleba homogênea; g) usar o próprio balde ou espalhar o solo sobre uma lona plástica limpa se o balde for pequeno, a fim de homogeneizar muito bem (umedecer um pouco se o solo apresentar muitos torrões); e, h) retirar $\frac{1}{2}$ kg (500 g) do solo, colocar em saco de plástico limpo, etiquetar, preencher o formulário de informações e remeter a amostra ao laboratório. Se a amostra for remetida para o laboratório após dois ou mais dias da coleta, não convém armazenar amostras úmidas. Nesse caso, essas devem ser secadas ao ar e na sombra (abrigadas do sol e da chuva).

A utilização desse procedimento para coleta em culturas com maior espaçamento entre as linhas de adubação (milho, por exemplo) resulta na coleta de um expressivo volume de solo, dificultando a homogeneização das subamostras. Nesse caso, após homogeneizar a subamostra do primeiro ponto, retirar uma porção de solo (± 300 g) e colocar em um segundo balde (Figura 3.4). Repetir o procedimento nos demais pontos de coleta. Assim, a coleta de 15 subamostras, por exemplo, utilizando esse procedimento totaliza aproximadamente 4,5 kg de solo, que serão homogeneizados, retirando-se $\frac{1}{2}$ kg (500 g) para ser enviado ao laboratório.

Se for utilizado o trado calador, como alternativa a pá-de-corte, em áreas com plantio direto e com adubação na linha, a tradagem deve ser posicionada transversalmente às linhas de adubação (Figura 3.5). Neste caso, cada subamostra seria composta por uma sub-subamostra (ponto) retirada na linha de adubação e outras retiradas lateral e transversalmente às linhas de adubação, em número variável, conforme a distância das entrelinhas (Nicolodi et al., 2002). Para culturas com pequeno espaçamento (15 a 20 cm de entrelinhas), por exemplo, trigo, cevada, aveia, etc, coletar uma sub-subamostra (ponto) na linha de adubação mais outra de cada lado, totalizando três sub-subamostras (pontos) para cada subamostra.

Para culturas com espaçamento médio (40 a 50 cm de entrelinhas), por exemplo, soja, coletar uma sub-subamostra na linha de adubação mais três de cada lado, totalizando sete sub-subamostras para cada subamostra. Para culturas com espaçamento maior (60 a 100 cm de entrelinhas), por exemplo, milho, coletar uma sub-subamostra na linha de adubação mais seis de cada lado, totalizando 13 sub-subamostras para cada subamostra (Figura 3.5).

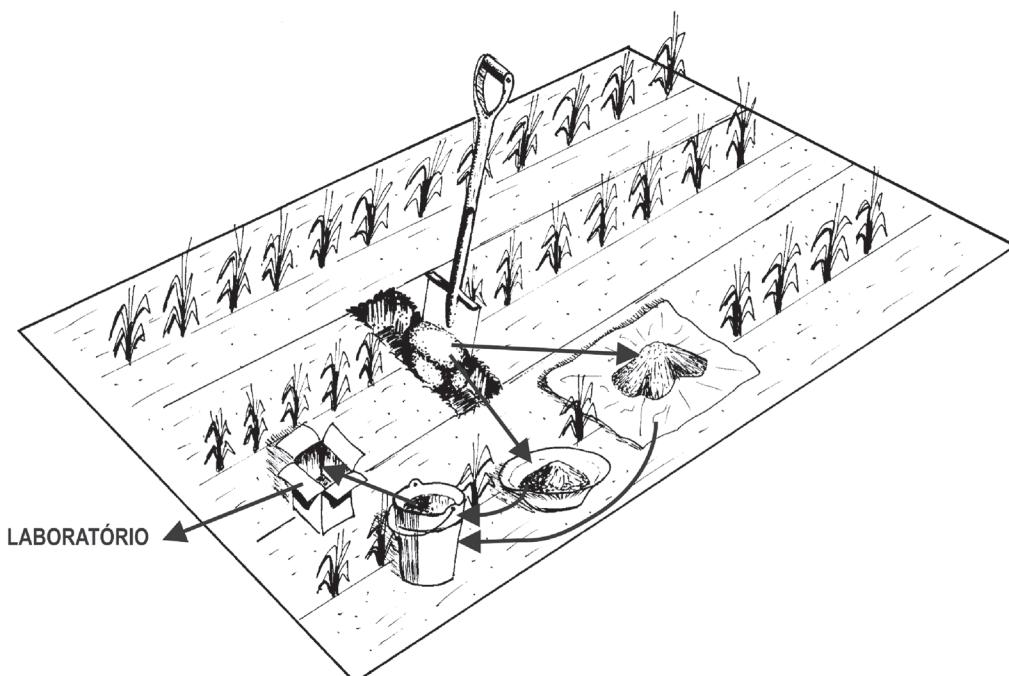


Figura 3.4. Esquema representando a amostragem com a pá-de-corte na entrelinha das culturas em sistema plantio direto com adubação na linha de semeadura.

No procedimento ilustrado na Figura 3.5, o trado calador pode ser substituído pelo trado-de-rosca. Contudo, para evitar a perda do solo superficial é necessário o uso de um dispositivo (na forma de copo com abertura central em fundo côncavo), que evite a perda da camada superficial do solo.

Alternativamente, em solos com teores “Muito alto” de P e de K (ver Capítulo 6), as subamostras poderão ser coletadas apenas nas entrelinhas de adubação da cultura anterior ou da cultura em desenvolvimento, pois isso não resultará em alterações nas recomendações de adubação.

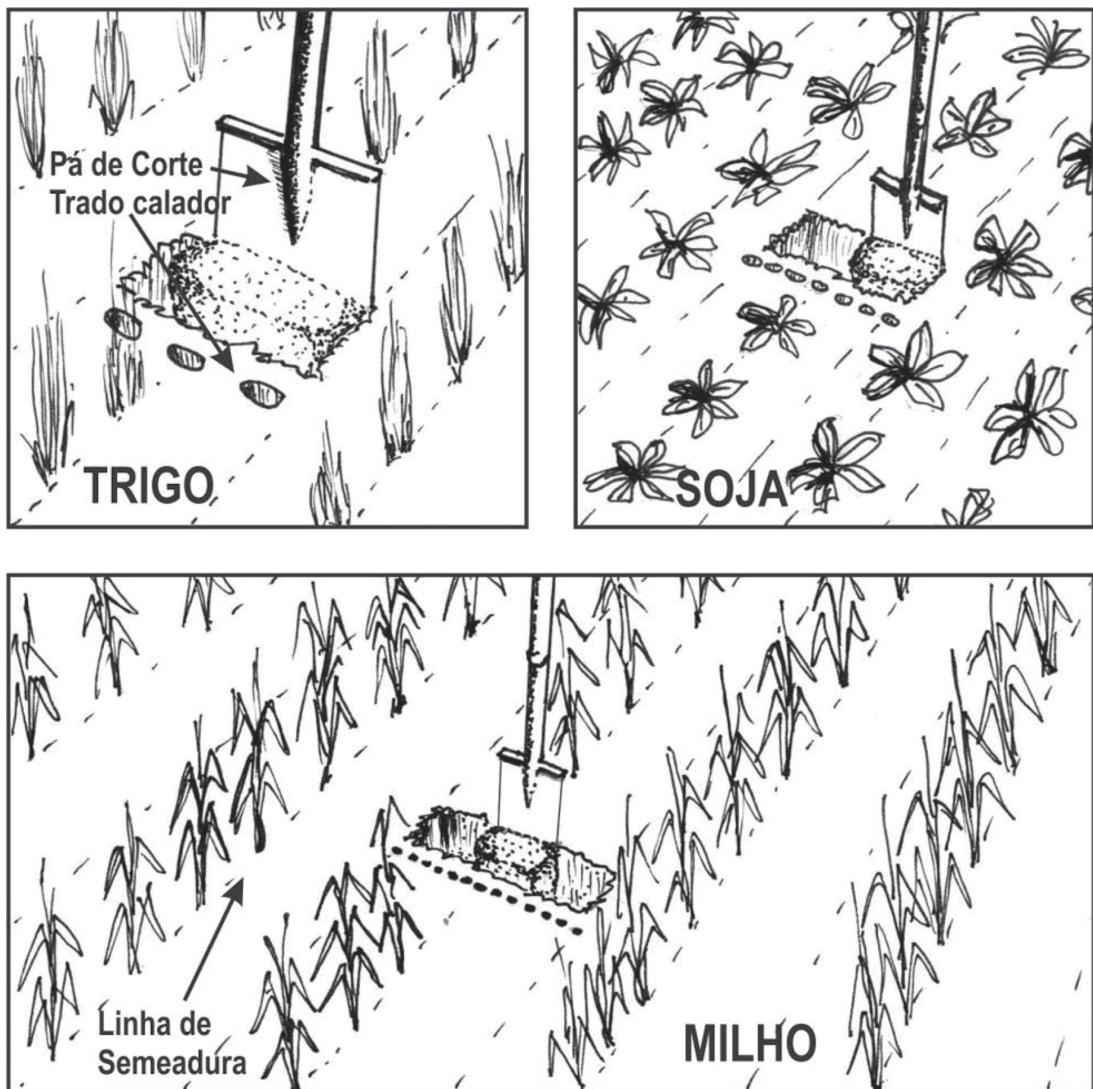


Figura 3.5. Esquema representando a amostragem com o trado calador na entrelinha das culturas em sistema plantio direto com adubação na linha de semeadura.

c) Forrageiras

A amostragem de solo cultivado com forrageiras anuais deve ser efetuada pelos mesmos procedimentos descritos para as culturas de grãos. Em solos com revolvimento, ou em áreas em que haverá a implantação de espécies perenes ou culturas anuais no sistema plantio direto, a amostragem deve ser realizada na camada de 0 a 20 cm. Já a amostragem de solo em área com campo natural ou espécies anuais no sistema plantio

direto consolidado, recomenda-se amostrar a camada de 0 a 10 cm, para fins de adubação. Sempre que necessário, a acidez é monitorada com a amostragem da camada de 10 a 20 cm, além da camada de 0 a 10 cm (ver Capítulo 5 e Tabela 5.4). Os demais procedimentos de amostragem são os mesmos mencionados para os cultivos de grãos (com revolvimento do solo ou com plantio direto).

d) Hortaliças, tubérculos, raízes, medicinais, aromáticas, condimentares, ornamentais e outras culturas comerciais (cana-de-açúcar e tabaco).

A coleta de solo para a análise visando a correção da acidez e a adubação das hortaliças, tubérculos, raízes, medicinais, aromáticas, condimentares, ornamentais e outras culturas comerciais (cana-de-açúcar e tabaco) deve ser realizada na camada de 0 a 20 cm, considerando que os seus cultivos envolvem a mobilização do solo e que a maioria dessas espécies possui o sistema radicular que se concentra nessa faixa do perfil do solo. Em solos com cultivo de roseira de corte, sugere-se usar os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm para corrigir a camada de 0 a 30 cm ajustando a dose a ser aplicada nesta camada para 1,5 vezes a dose de calcário ou fertilizantes recomendada para a camada de 0 a 20 cm, tendo em vista o maior aprofundamento das raízes dessa espécie (ver Capítulos 5 e 6).

e) Frutíferas e florestais

Para o plantio das espécies frutíferas e florestais, o solo deve ser amostrado na camada de 0 a 20 cm de forma aleatória na gleba, antes de iniciar o cultivo (Tabela 3.1). Para essas culturas, especialmente as frutíferas, sugere-se usar os resultados da análise da camada de 0 a 20 cm para corrigir a camada de 0 a 30 cm ajustando a dose a ser aplicada nesta camada para 1,5 vezes a dose de calcário ou fertilizantes recomendada para a camada de 0 a 20 cm (ver Capítulos 5 e 6).

Após o estabelecimento do pomar ou plantio florestal, a reavaliação da fertilidade do solo também requer a coleta de amostras na camada de 0 a 20 cm na faixa de cultivo, próximo às plantas e dentro da projeção da copa, cujos resultados podem, juntamente com a análise de tecido vegetal, auxiliar na avaliação do estado nutricional das plantas e recomendação de fertilizantes (ver Capítulos 6.5 e 6.6).

3.1.5 - Amostragem georreferenciada do solo (utilizada em agricultura de precisão)

A Agricultura de Precisão (AP) consiste na aplicação de tecnologias de avaliação e manejo da variabilidade espacial dos atributos de solo (Molin, 1997). São utilizados sistemas georreferenciados, que estabelecem a localização geográfica dos pontos de coleta de amostras de solo e da aplicação de insumos em taxas variáveis com elevada precisão. Isso possibilita a aplicação de doses ajustadas à condição agronômica das regiões interpoladas pelos pontos amostrais, refletindo-se em maior precisão dentro de uma lavoura. Contudo, esse sistema requer, na maioria dos casos, a determinação das coordenadas geográficas dos pontos de amostragem e que os pontos de coleta sejam, geralmente, posicionados de forma sistemática, em locais pré-definidos, ao contrário da amostragem casualizada vista anteriormente.

A intensidade da amostragem de solo é um dos fatores que mais limita a precisão da calagem e adubação quando fertilizantes e corretivos de acidez são aplicados em taxas variáveis. Embora a amostragem casualizada seja mais rápida e de menor custo, em áreas com maior variabilidade espacial ou quando essa é desconhecida, a amostragem de maior número de pontos, localizados de forma sistemática (não ao acaso) possibilita identificar com maior precisão a variabilidade espacial e, consequentemente, melhorar as recomendações de adubação e de calagem. Isso possibilita a aplicação de doses de corretivos de acidez e de fertilizantes ajustadas à condição de áreas específicas, com diferentes níveis de fertilidades, que possam existir em uma gleba.

Embora o número de amostras coletadas nesse esquema de amostragem seja muito maior do que no esquema de amostragem casualizada, o georreferenciamento possibilita que os resultados da análise de solo sejam transferidos para programas computacionais específicos, utilizados para a geração de mapas de fertilidade da lavoura. Após a sua interpretação, definidas as metas técnicas e as estratégias de correção da fertilidade do solo, são gerados mapas de recomendações de calagem e adubação a taxa variável.

Procedimento de coleta de amostras de solo

Existem dois procedimentos básicos para a amostragem de solo em agri-

cultura de precisão: a) amostragem sistemática em grades e b) amostragem dirigida. Ambos utilizam os mesmos princípios, mas se aplicam a diferentes situações.

a) Amostragem sistemática em grades amostrais

Essa amostragem, efetuada na forma de uma grade, é mais indicada em áreas com maior variabilidade espacial dos atributos de solos analisados, o que está associado ao uso e o manejo prévio da área. Isso pode ocorrer, por exemplo, quando glebas com históricos diferentes dão origem a uma única lavoura, ou quando se deseja elaborar um mapa detalhado da variabilidade da fertilidade do solo de áreas heterogêneas.

A primeira etapa para a amostragem sistemática consiste em georreferenciar o contorno da área. Posteriormente, essa é subdividida em glebas menores, denominadas grades, células ou subáreas, que podem variar desde um até vários hectares. O número de grades é o mesmo que o número de amostras compostas e que serão analisadas pelo laboratório. Por exemplo, em talhão de 80 ha, com grades de 2,0 ha serão coletadas 40 amostras compostas.

O tamanho da grade deve ser menor em áreas com maior variabilidade espacial dos atributos químicos avaliados para o diagnóstico da fertilidade do solo. No entanto, grades pequenas requerem maior número de amostras de solo e, consequentemente, maior investimento. Nos Estados Unidos têm sido utilizadas grades de 0,5 a 1,0 ha, variando, porém, com a precisão desejada, o tamanho da lavoura e os custos de amostragem e de análise do solo. No Brasil, normalmente, são utilizadas grades de 1,0 a 10 ha, sendo mais utilizadas grades de 1,0 a 3,0 ha. Para evitar detalhamentos desnecessários, convém estabelecer o tamanho das grades de acordo com o histórico de manejo da área, tipo de solo, topografia e, também, com o histórico de produtividade.

Dentro de cada grade, os pontos de coleta, ou as subamostras que irão formar a amostra composta, geralmente, são localizados em um raio de 5 a 15 metros em relação ao centro de cada grade (Figura 3.6). Para cada amostra, sugere-se coletar de 5 a 8 subamostras, ao redor do ponto georreferenciado, preferencialmente com a pá-de-corte, para aumentar o volume de solo amostrado e reduzir o efeito da micro e da mesovariabilidade resultantes da aplicação de fertilizantes na linha de semeadura. Cabe salientar que, com um número baixo de subamostras, usando o trado calador ou o de rosca e coletando a camada de 0 a 10 cm, o volume de solo amostrado pode ser insuficiente para determinar todos os atributos da análise nos laboratórios e/ou guardar uma alíquota para eventuais

reavaliações. Nestes casos, sugere-se aumentar para 8 a 12 subamostras.

Programas de computador são utilizados para localizar os pontos de coleta distribuindo-os de forma equidistante. A partir desta distribuição e com as coordenadas geográficas dos pontos centrais, são coletadas as subamostras. Estas são localizadas no entorno deste ponto, em um raio de 5 a 15 m de distância.

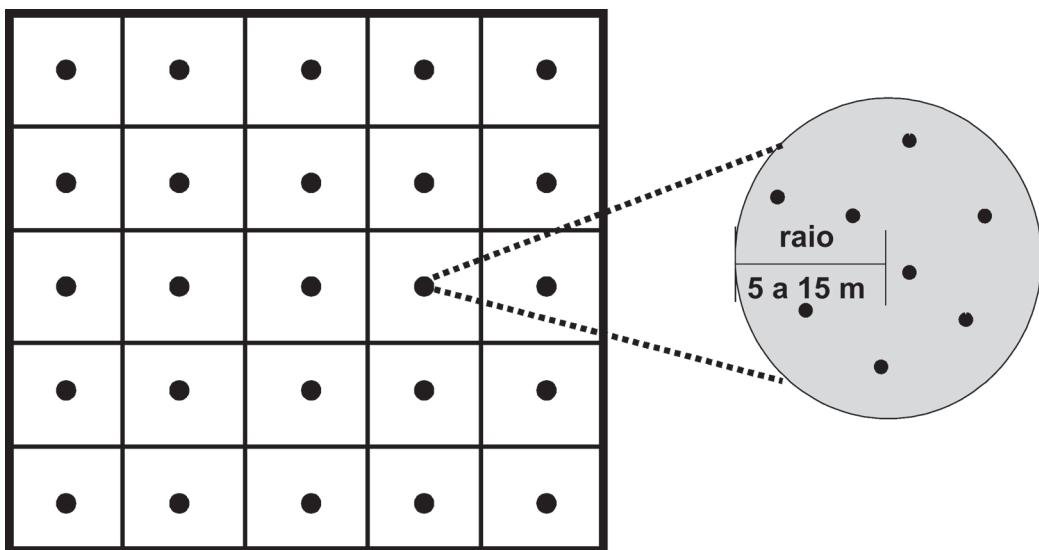


Figura 3.6. Sugestão de procedimento de coleta de amostras georreferenciadas de solo para elaboração de mapas de fertilidade do solo.

O tempo de utilização de um mapa de fertilidade, elaborado a partir de uma amostragem sistemática, pode ser de vários anos, dependendo de sua finalidade e das taxas de aplicação de corretivos e de fertilizantes, sendo que a reamostragem e a produção de um novo mapa devem ser definidos em função dos objetivos estabelecidos para cada situação. Normalmente, ocorrem em ciclos de três a cinco anos, associados com a realização de nova calagem.

b) Amostragem dirigida (amostragem por zonas de manejo)

A amostragem dirigida é indicada quando houver conhecimento prévio da existência de áreas da lavoura com rendimentos diferenciados (Molin, 2002). Neste caso, mapas de produtividade, imagens por sensoriamento remoto ou outras informações espaciais disponíveis podem ser utilizados. Essa amostragem pode também ser utilizada quando não tenha ocorrido alguma das situações em que seja recomendada a amostragem sistemática, descrita anteriormente.

Com o mapa georreferenciado e após a análise das informações disponíveis, incluindo a experiência do interessado (técnico ou produtor), divide-se a lavoura em diferentes áreas de manejo, considerando as características mais gerais (Figura 3.7). Em geral, a divisão da lavoura em três zonas (Baixo, Média e Alta) e de quatro a seis áreas tem se mostrado adequada aos objetivos da agricultura de precisão. A subdivisão excessiva deve ser evitada.

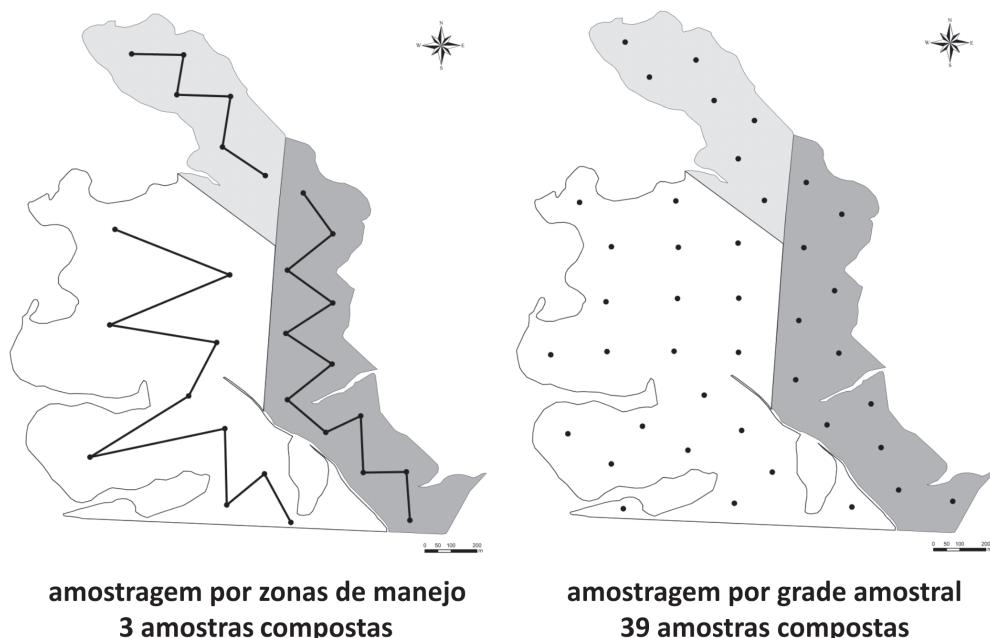


Figura 3.7. Representação esquemática da amostragem em uma área por zonas de manejo e por grade amostral

Para a avaliação da fertilidade das glebas homogêneas, coletar, ao acaso e de modo a cobrir toda a área, de 10 a 20 subamostras (em média, 15), para formar a amostra composta, a qual será analisada. As amostras podem ser georreferenciadas com aparelho GPS (Global Positioning System) para possibilitar outras coletas na mesma posição, caso necessário. Os procedimentos específicos para a coleta da amostra nas zonas de manejo da amostragem dirigida na agricultura de precisão são os mesmos descritos para a amostragem não georreferenciada (item 3.1.4).

3.1.6 – Identificação, manuseio e armazenagem de amostras de solo

A identificação das amostras de solo, as informações referentes ao manejo da adubação, da calagem e da sequência e produtividade das

culturas são úteis para interpretar os resultados analíticos e indicar as doses de corretivos e de fertilizantes. As informações das amostras também são necessárias para o seu registro nos laboratórios de análise de solo. Essas informações podem também ser utilizadas para a gestão das diferentes glebas da propriedade. Um exemplo de formulário consta a seguir:

FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA DE SOLO			
DADOS DE IDENTIFICAÇÃO			
Nome do produtor: _____			
Nome da propriedade: _____			
Nome da empresa (se for o caso): _____			
Município: _____			
Distrito: _____			
Linha: _____			
CEP: _____			
Endereço: _____			
Fone: _____	Email: _____		
DADOS PARA DIAGNÓSTICO E MAPEAMENTO DA LAVOURA			
Número ou nome da gleba: _____			
Data de coleta da amostra: ____ / ____ / ____			
Área da gleba (ha): _____			
Posicionamento geográfico:	Latitude: _____ Longitude: _____		
Camada amostrada (cm): _____			
Tipo de amostrador de solo: _____			
Declividade da área: _____			
Uso atual da gleba: _____			
Uso anterior da gleba: _____			
Uso previsto da gleba para os próximos 2 cultivos: _____			
PREPARO DO SOLO NOS ÚLTIMOS 5 ANOS:			
Convencional (<input type="checkbox"/>)	Cultivo mínimo (<input type="checkbox"/>)	Plantio direto (<input type="checkbox"/>)	Sistema misto (<input type="checkbox"/>)
ADUBAÇÃO E CALAGEM NA GLEBA NOS ÚLTIMOS 3 ANOS:			
Calagem: dose: _____ t/ha. Época: _____ (mês/ano)			
Incorporado (<input type="checkbox"/>)	Superficial (<input type="checkbox"/>)		
Adubação: Quantidade: _____ kg/ha Fórmula: _____			
Aplicação de fosfato natural nos últimos dois anos: Sim (<input type="checkbox"/>) Não (<input type="checkbox"/>)			
Nome do fosfato natural utilizado: _____			
Quantidade aplicada (fosfato natural): _____ (kg/ha)			
PRODUTIVIDADE DA GLEBA NOS DOIS ÚLTIMOS CULTIVOS:			
Último cultivo: _____ (kg/ha)			
Penúltimo cultivo: _____ (kg/ha)			
OUTRAS INFORMAÇÕES:			

As informações de identificação e de localização das lavouras (município, distrito, vila, linha, propriedade, gleba, etc.) possibilitam o uso dos resultados das análises em levantamentos da fertilidade do solo. Estes podem ser utilizados para a validação do sistema de recomendação adotado, bem como para a verificação dos efeitos de programas específicos, regionais ou locais, na fertilidade do solo ou para a previsão da demanda de insumos e o estabelecimento de políticas agrícolas regionais ou municipais. Assim, quanto mais completo for o formulário, mais úteis serão as informações obtidas.

Após a coleta do solo, alguns cuidados são importantes para evitar a contaminação química e preservar a amostra. A contaminação é evitada utilizando-se amostradores de solo não enferrujados. Amostradores de feccionados de aço inox enferrujam menos, que os amostradores confecionados com outro tipo de aço. Contudo, eles devem ser limpos e lavados com água, após a coleta das amostras, para evitar que enferrujem. O solo coletado deve ser armazenado em embalagens plásticas limpas, nunca utilizando embalagens de fertilizantes. A amostra embalada não deve ser exposta ao sol, especialmente se embalado em recipiente de plástico fechado. Nessa condição, o aquecimento do solo aumenta a taxa de decomposição da matéria orgânica, com formação de sais, os quais podem alterar o pH e o teor disponível de nutrientes do solo. Sempre que possível, a amostra deve ser secada ao ar, antes da remessa ao laboratório. Neste caso, recomenda-se espalhar a amostra úmida sobre lona de plástico, à sombra, em local ventilado. Dessa maneira, não é necessário enviar a amostra imediatamente ao laboratório, pois não ocorrerão alterações que possam afetar o resultado da análise. Se a amostra for entregue ao laboratório e for analisada na mesma semana em que foi coletada, a secagem prévia pode ser dispensada. Amostras úmidas não devem ser empilhadas por mais que um dia, antes ou após a remessa ao laboratório, pois aquecem com maior facilidade. Deve-se cuidar para que a umidade do solo não prejudique a identificação das amostras.

3.2 - AMOSTRAGEM DE PLANTAS

A análise química dos teores de nutrientes em tecido vegetal é uma das técnicas utilizadas para verificar o estado nutricional das plantas, complementando a avaliação da fertilidade do solo. No caso de plantas perenes, especialmente as frutíferas, a análise foliar pode servir também

como base para as recomendações de adubação de algumas espécies.

As amostras vegetais são, geralmente, coletadas quando as culturas estão em pleno crescimento vegetativo. Contudo, o estádio da coleta das amostras varia entre espécies (Tabela 3.2). A parte amostrada da planta é de grande importância, pois há diferenças no teor de nutrientes entre folhas, caules e raízes. Folhas de plantas com sintomas visuais de deficiência nutricional não devem ser misturadas com folhas de aspecto normal. A amostra deverá conter folhas de mesma idade fisiológica e do mesmo cultivar. As folhas de plantas que não representem a condição média da lavoura ou do pomar não devem ser colocadas na mesma amostra.

Na maioria das situações, a concentração dos nutrientes de folhas completamente expandidas, e maduras, é a melhor indicação do estado nutricional da planta, refletindo a condição geral de fertilidade do solo (teor de nutrientes, disponibilidade de ar e de água, temperatura, atividade biológica, etc).

Havendo suspeita de alguma deficiência nutricional, devem-se separar as amostras de plantas com e sem sintomas. Nesse caso, é importante comparar somente tecidos com a mesma idade fisiológica, ou estádio de desenvolvimento. Assim, por exemplo, os resultados da análise dos nutrientes de folhas do terceiro nó de uma planta com sintoma só devem ser comparados com os resultados de análise de folhas desse mesmo nó, das plantas sem sintoma.

Alguns cuidados para a coleta, o manuseio e a armazenagem da amostra de plantas são: a) selecionar a parte da planta a ser coletada, conforme as recomendações específicas dos cultivos (Tabela 3.2); b) escolher folhas sem doenças e que não tenham sido danificadas por insetos ou por outros agentes; c) limpar as folhas dos resíduos de pulverização e/ou poeira logo após a coleta, por meio de lavagem com água limpa; d) evitar o contato das folhas coletadas com inseticidas, fungicidas e fertilizantes foliares; e) colocar a amostra em sacos novos de papel ou em embalagem fornecida pelos laboratórios de análise de tecido; se for solicitada a análise de boro (B), usar papel encerado, pois o papel comum contamina a amostra com B; f) identificar a amostra e preencher o formulário de identificação, indicando os nutrientes a serem determinados; g) elaborar um mapa de coleta que permita, pela identificação da amostra, localizar a área em que foi feita a amostragem; e h) enviar as amostras o mais breve

possível ao laboratório; caso o tempo previsto para a amostra chegar ao laboratório for superior a dois dias, é recomendado secar o material ao sol, mantendo a embalagem aberta. Os procedimentos gerais para a coleta de folhas para alguns grupos de culturas constam na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Amostra recomendada para a diagnose foliar de algumas culturas de grãos, forrageiras, florestais e outras culturas comerciais⁽¹⁾

Cultura	Idade fisiológica ou época	Parte da planta	Número de subamostras
Grãos			
Amendoim	Florescimento	Parte apical do ramo principal, exceto ramos cotilédones.	50 plantas
Arroz	Início do florescimento	Folha bandeira	50 plantas
Aveia	Início do florescimento	Folha bandeira	50 plantas
Centeio	Início do florescimento	Folha bandeira	50 plantas
Cevada	Início do florescimento	Folha bandeira	50 plantas
Feijoeiro	Florescimento	Terceiras folhas do terço médio da haste principal.	30 plantas
Girassol	Início do florescimento	Folha com pecíolo, do terço superior.	30 plantas
Milho	Pendoamento (mínimo de 50% de plantas pendoadas). Estigmas maduros.	Folha oposta e abaixo da primeira espiga. Terço central da folha.	30 plantas
Soja	Florescimento pleno (mínimo de 50 % de plantas em R2 ⁽²⁾)	Folha madura e com pecíolo. Terceiras folhas maduras do terço superior da haste principal.	30 plantas
Sorgo	Florescimento	Folha de posição +4 ⁽³⁾ . Trinta cm do terço médio da folha, medidos a partir do ápice, e excluída a nervura central.	30 plantas
Tremoço	Florescimento	Folha	10 plantas
Trigo	Início do florescimento	Folha bandeira	50 plantas
Triticale	Início do florescimento	Folha bandeira	50 plantas
Forrageiras			
Gramíneas	Recém-maduras	Folha inteira	30 plantas
Leguminosas	Florescimento	Folha expandida e recém-madura.	30 plantas
Florestais			
Eucalipto	Fevereiro a abril	Folhas recém maduras (4 ^a a 6 ^a folha a partir da ponta do ramo),do terço médio da copa.	10 plantas
Pinus	Fevereiro a abril	Acículas do segundo verticilo, do terço superior da copa.	10 plantas
Outras culturas comerciais			
Cana-de-açúcar	Nove meses de idade. Cana do ano: 4-5 meses de idade.	Folha de posição +3 ⁽³⁾ . Vinte cm centrais da folha, excluída a nervura central.	100 plantas
Tabaco	Florescimento	Terceiro par de folhas (uma de cada lado das linhas), a partir do ápice de ramos frutíferos.	30 plantas (duas folhas por planta)

⁽¹⁾ Adaptado de Malavolta (1987); Lopes & Coelho (1988); Raij et al. (1997).

⁽²⁾ Mínimo de uma flor aberta, em um dos dois nós superiores da haste principal.

⁽³⁾ Posição +3 e +4: terceira e quarta folha a partir do ápice, respectivamente, considerando a primeira folha aquela de posição mais alta, em que a interseção da lâmina com a bainha é visível.



Capítulo

4

MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE PLANTAS

Atualizado por:

Leandro Souza da Silva
Luciano Colpo Gatiboni
Pedro A. Varella Escosteguy
Walkyria Bueno Scivittaro
Evandro Spagnollo

A análise do solo é o principal meio para a diagnose da necessidade de corretivos e de fertilizantes para a maioria das culturas, principalmente as de ciclo anual. A análise foliar também pode ser utilizada para determinar a adubação para algumas espécies, especialmente as frutíferas.

A uniformização da metodologia analítica e de seus procedimentos é essencial para a correta interpretação dos resultados. Os métodos utilizados nas análises de caracterização da fertilidade do solo com a finalidade de recomendar corretivos e fertilizantes estão sendo aperfeiçoados desde a criação da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal do RS e de SC (ROLAS-RS/SC), em 1968. Todos os laboratórios integrantes da ROLAS-RS/SC utilizam os mesmos métodos e procedimentos, mantendo monitoramento permanente da qualidade das análises. A seguir, serão apresentados resumidamente a seguir os métodos para:

- a) diagnóstico básico para recomendação de calagem e adubação NPK;
- b) determinação dos teores de enxofre e de micronutrientes em solo;

- c) análises complementares, e;
- d) determinação dos teores de nutrientes em plantas.

4.1 - ANÁLISES DE SOLO

4.1.1 - Métodos para recomendação de calagem e adubação NPK

O diagnóstico da fertilidade do solo é feito a partir dos resultados da análise química de solo (análise básica ou de rotina), que inclui a determinação dos atributos de solo necessários para subsidiar a recomendação de calagem e de adubação com N, P e K, segundo os requisitos deste Manual. A análise básica de solo inclui a determinação do pH em água (relação 1:1), do índice SMP, dos teores de Ca, Mg e Al trocáveis (extraídos com KCl 1 mol/L), de K e P disponíveis (extraídos com solução Mehlich-1), dos teores de matéria orgânica (oxidação sulfocromática) e de argila (método do densímetro), além do cálculo dos valores de capacidades de troca de cátions (CTC) efetiva e a pH 7,0, das saturações por bases e por alumínio. Uma descrição sucinta dos métodos de análise utilizados é apresentada a seguir:

a) pH do solo em água: consiste na medição eletroquímica da atividade de íons H⁺ da suspensão solo-água para a estimativa da acidez ativa. É determinado por potenciômetro em suspensão solo-água de proporção 1:1. Na análise usam-se 10 cm³ de solo e 10 mL de água.

b) Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis: o Ca e o Mg são os principais nutrientes do complexo de troca de cátions, em solos sem excesso de acidez. Já o Al é tóxico às plantas. Para a análise usam-se 2,5 cm³ de solo e 50 mL da solução extratora (KCl 1 mol/L). O Al pode ser determinado por titulação. Quando não é realizada a determinação do Al por titulação, os três cátions podem ser alternativamente extraídos por NH₄Cl 1,0 mol/L. A determinação dos cátions pode ser feita por espectrofotometria de absorção atômica ou por espectrometria de emissão óptica em plasma induzido (ICP). Os teores são expressos em cmol_c/dm³.

c) Capacidade de troca de cátions efetiva (CTC efetiva): é a CTC no pH do solo analisado, em cmol_c/dm³, sendo calculada pelo somatório do Al trocável (Al³⁺) e a soma dos cátions trocáveis, denominada de soma de bases ou valor S (soma dos teores de Ca²⁺; Mg²⁺ e K⁺, desconsiderando o Na⁺). O teor de Na⁺ nos solos ácidos, em geral, é baixo e, portanto, não é incluído no

cálculo do valor S. Para expressar o teor de K^+ em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ utiliza-se a seguinte equação: $K^+ (\text{cmol}_c/\text{dm}^3) = \text{mg}/\text{dm}^3 \text{ de } K^+ / 391$. A capacidade de troca de cátions efetiva é calculada por:

$$\text{CTC}_{\text{efetiva}} (\text{cmol}_c/\text{dm}^3) = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Al}^{3+}$$

d) Capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC a pH 7,0 ou $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$): é a CTC potencial obtida quando o pH em água do solo é elevado até 7,0. A CTC potencial é diferente da CTC efetiva, pois inclui toda a acidez potencial na CTC. A acidez potencial representa os H dissociáveis (acidez potencial não-trocável) e o Al^{3+} (acidez potencial trocável) deslocado à solução do solo e neutralizados devido a elevação do pH até 7,0 e, por isso, é também representada pela expressão H+Al . Em análise de rotina, a acidez potencial é estimada pelo índice SMP, como será visto a seguir. Essa CTC é também critério para a interpretação da disponibilidade de K (ver Capítulo 6). A capacidade de troca de cátions a pH 7,0 é expressa em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, sendo calculada por:

$$\text{CTC}_{\text{pH } 7,0} (\text{cmol}_c/\text{dm}^3) = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + (\text{H+Al})$$

e) Índice SMP: o método baseia-se no pH de equilíbrio da suspensão de solo com uma solução tampão (pH 7,5), cujo valor é utilizado para o cálculo da acidez potencial (H+Al) e para indicar a quantidade de calcário necessária para elevar o pH do solo para o valor desejado (5,5, 6,0 ou 6,5) (ver Capítulo 5). Para a análise, utiliza-se a mesma amostra da determinação do pH em água, adicionando-se, após a leitura do pH, 5 mL de solução tampão, estabelecendo-se a proporção 1:1:0,5 para solo:água:solução tampão. A solução tamponada para obter o índice SMP, utilizada pelos laboratórios da ROLAS até 2012, foi a proposta por Shoemaker et al. (1961). Essa solução foi adaptada por Wayne Kussow (Mielniczuk et al., 1969) e descrita detalhadamente em Tedesco et al. (1995). A solução tampão atualmente utilizada pelos laboratórios da ROLAS foi adaptada da solução proposta por Sikora (2006) e é denominada Tampão Santa Maria (TSM) (Toledo, 2011). O TSM mimetiza a solução tampão SMP, com a vantagem de não conter substâncias potencialmente tóxicas. Como os valores do pH obtido com essas duas soluções pouco difere, a estimativa do teor de H+Al do solo com o uso da solução TSM é obtida com a mesma equação utilizada com a solução SMP. Da mesma forma, a dose de calcário indicado na tabela do índice SMP (ver Tabela 5.2) não altera se uma ou outra dessas

soluções tampões for utilizada para determinar o valor desse índice.

f) Acidez potencial (H+Al): é estimada pelo índice SMP. O valor é expresso em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, sendo obtido por equação estabelecida por Kaminski et al. (2001):

$$\text{H+Al (expresso em cmol}_c/\text{dm}^3\text{)} = e^{(10,665 - (1,1483 \text{ SMP}))}/10$$

g) Saturação da CTC_{efetiva} por Al (valor m): representa a porcentagem das cargas da CTC efetiva ocupada por Al trocável, sendo calculada por:

$$m (\%) = (\text{Al}^{3+}/\text{CTC}_{\text{efetiva}}) \times 100$$

h) Saturação da CTC_{pH 7,0} por bases (valor V): representa a porcentagem das cargas negativas da CTC a pH 7,0 ocupada pelos cátions trocáveis ou valor S (Ca+Mg+K), sendo calculada por:

$$V (\%) = (\text{S}/\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}) \times 100$$

i) Fósforo “disponível” (método Mehlich-1): inclui a fração extraída por uma solução composta pela mistura de ácido clorídrico (0,05 mol/L) e ácido sulfúrico (0,0125 mol/L), conhecida como solução de Mehlich-1, solução duplo-ácido ou Carolina do Norte (Nelson et al., 1953). O teor obtido inclui o P em solução e parte do P adsorvido com menor energia às partículas do solo. O emprego dessa solução como extratora baseia-se na solubilização do P pelo efeito de abaixamento do pH da suspensão solo:solução (pH 2 a 3) e no efeito competitivo do sulfato do ácido sulfúrico, que auxilia a dessorção, restringindo o processo de readsorção dos fosfatos recém extraídos. Para a análise usam-se 3,0 cm³ de solo e 30 mL de solução extratora. A determinação é feita por colorimetria, empregando-se molibdato de amônio e uma solução redutora (ácido ascórbico). Os teores são expressos em mg/dm³.

O método pode superestimar o teor de P em solos com uso recente (até 2 anos) de fosfatos naturais. Neste caso, recomenda-se o uso do método Mehlich-3 (ver item 4.1.3).

j) Potássio “disponível” (método Mehlich-1): inclui o K da solução e o K adsorvido às cargas negativas do solo (K trocável), embora possa haver dissolução parcial de minerais pelos ácidos constituintes do extrator Mehlich-1 e extração de parte do K não trocável do solo. O valor obtido pode ser considerado como K “disponível”. Utiliza-se a solução Mehlich-1

como extratora, aproveitando-se o extrato obtido na análise de P. O teor de K é determinado por fotometria de chama, absorção atômica ou ICP. O teor é expresso em mg/dm³.

k) Teor de argila: a determinação do teor de argila do solo é feita pelo método do densímetro, após a dispersão com álcali (Tedesco et al., 1995). Essa determinação é necessária para estabelecer a classe de textura para a interpretação do teor de P do solo extraído pelo método Mehlich-1 (ver Capítulo 6). Para a análise usam-se 10 cm³ de solo e 15 mL da solução de NaOH 0,167 mol/L e 50 mL de água. Os resultados são convertidos em teor de argila expressa em % (m/v).

I) Matéria orgânica: O teor de matéria orgânica (MO) é um dos critérios utilizados para a recomendação da dose de nitrogênio. Esse atributo possibilita inferir algumas propriedades (capacidade de troca de cátions, ciclagem de nutrientes, poder tampão, etc), que afetam a disponibilidade de nutrientes e a reação do solo (acidificação ou correção da acidez). O método utilizado é o da oxidação do carbono (C) do solo por solução sulfocrômica (dicromato de sódio e ácido sulfúrico) com aquecimento externo. O C orgânico é oxidado e o Cr é reduzido, ocorrendo modificação na cor da solução, que é proporcional ao teor de C do solo. A intensidade da cor da solução é determinada por colorimetria. Para a análise, usam-se 1,5 cm³ de solo, 15 mL da solução sulfocrômica e 5 mL de água. Os valores são expressos em % (m/v).

4.1.2 – Métodos para avaliar a disponibilidade de enxofre, sódio e de micronutrientes

Além da análise básica, fica a critério de cada laboratório da ROLAS-RS/SC oferecer outras determinações, como por exemplo, os teores de enxofre (S), sódio (Na) e de alguns micronutrientes (Zn, Cu, Mn, B e Fe). Os métodos de extração e de determinação desses nutrientes são os seguintes:

a) Enxofre “disponível” (sulfato): em solos bem drenados, o enxofre está, predominantemente, na forma de sulfato, adsorvido às argilas e óxidos ou ligado à MO. Para a análise, usam-se 10 cm³ de solo e 50 mL da solução de fosfato de cálcio (500 mg de P/L), determinando-se o teor de sulfato por turbidimetria (colorímetro) na presença de cloreto de bário, após a digestão do extrato. Também pode ser determinado com ICP. Os valores são expressos em mg/dm³.

b) Na extraível: é determinado no extrato de Mehlich-1, usado para as análises de P e K. O Na é determinado por fotometria de chama, podendo também ser determinado por espectrofotometria de absorção atômica ou ICP. Neste caso, indicam-se a adição de cloreto ou nitrato de potássio ao extrato para prevenir a supressão da ionização do Na na chama de ar/acetileno. Os valores são expressos em mg/dm³.

c) Cobre e zinco “disponíveis”: esses micronutrientes são determinados por espectrofotometria de absorção atômica ou ICP, no mesmo extrato da solução de Mehlich-1, utilizada para a determinação de P e K “disponíveis”. Os valores são expressos em mg/dm³.

d) Manganês “disponível”: representa o Mn trocável, sendo determinado por espectrofotometria de absorção atômica no extrato KCl 1 mol/L, utilizado para as determinações dos teores trocáveis de Ca, Mg e Al. Há necessidade, porém, de sua acidificação com HCl 2%, mantendo-se a proporção 1:1 entre extrato:ácido. Os valores são expressos em mg/dm³.

e) Boro “disponível”: a extração de B com água quente é utilizada como estimativa do B “disponível”. Para a análise, usam-se 5 cm³ de solo e 12,5 mL de água. Esse micronutriente é determinado por colorimetria, na presença do corante curcumina, sendo os valores expressos em mg/dm³.

f) Ferro “potencialmente tóxico” para o arroz irrigado: o Fe é um dos principais constituintes de muitos solos, podendo ocorrer em formas insolúveis, provocando deficiência para muitas plantas, ou na forma solúvel, podendo atingir concentrações tóxicas, especialmente em ambientes de redução provocada pelo alagamento do solo. A extração de Fe de compostos amorfos (ou de baixa cristalinidade) serve para avaliar o risco de toxidez em arroz irrigado por alagamento (SOSBAI, 2014) e sua interpretação está no Capítulo 6. Esse micronutriente é extraído com oxalato de amônio 0,2 mol/L a pH 6,0, sendo determinado por espectrofotometria de absorção atômica ou ICP. Para a análise usam-se 0,15 g de solo moído em gral e 30 mL da solução extratora e os valores são expressos em g/dm³.

4.1.3 – Métodos de análises complementares

Os laboratórios de análises de solo também podem oferecer análises necessárias em casos específicos, como por exemplo, nutrientes por Mehlich-3, nitrogênio mineral, carbono orgânico e total, condutividade elétrica, pH em CaCl₂, granulometria, entre outras.

a) Mehlich-3: O método Mehlich-3 foi desenvolvido objetivando realizar análise multielementar; sendo capaz de extrair P, K, Ca, Mg, Na, Mn, Zn e Cu (Mehlich, 1984). A solução extratora é composta por ácido acético (0,2 mol/L), nitrato de amônio (0,25 mol/L), fluoreto de amônio (0,015 mol/L), ácido nítrico (0,013 mol/L) e EDTA ácido (0,001 mol/L). O procedimento de análise é idêntico ao descrito para Mehlich-1, apenas substituindo a solução extratora. O extrator Mehlich-3 tem tamponamento do pH abaixo de 2,9, aumentando a efetividade do íon fluoreto na extração de P de compostos de Fe e Al, evitando, ainda, a dissolução excessiva de compostos de P ligados ao Ca, como nos fosfatos naturais. O nitrato de amônio auxilia na extração de Ca, Mg, Na e K. O ácido nítrico extraí a porção disponível dos fosfatos de Ca e micronutrientes e o EDTA provoca a quelação dos micronutrientes, evitando sua readsorção ao solo.

Trabalhos realizados no Sul do Brasil têm mostrado que esse extrator tem menos problemas de superestimação da disponibilidade de fósforo em solos com uso recente de fosfatos naturais. Além dessa vantagem, o uso de solução multielementar diminui sensivelmente o trabalho nos laboratórios, especialmente quando associado com a determinação dos elementos por ICP. Ainda são poucos os trabalhos que calibram a interpretação dos resultados ou correlacionam os teores extraídos com Mehlich-3 com aqueles extraídos pelos métodos atualmente usados pela ROLAS-RS/SC. Com os resultados obtidos até o momento, é possível fazer as seguintes associações:

P: o Mehlich-3 extraí quantidades semelhantes ou menores de P em solos argilosos e extraí até 60% mais que o Mehlich-1 em solos arenosos (Bortolon & Gianello, 2008; 2012). Por isso, ao usar este método alternativo, para a correta interpretação, sugere-se transformar os resultados em equivalentes a Mehlich-1 pela equação:

$$PM1 = PM3 / ((2 - (0,02 \times arg)))$$

onde: PM1= fósforo por Mehlich-1 (mg/dm³), PM3= fósforo por Mehlich-3 (mg/dm³) e arg= teor de argila (%).

K: o método extraí aproximadamente 20% mais que o Mehlich-1 (Bortolon & Gianello, 2012) e, para a correta interpretação, sugere-se transformar os resultados em equivalentes a Mehlich-1 pela equação:

$$KM1 = KM3 \times 0,83$$

onde: KM1= potássio por Mehlich-1 (mg/dm^3) e KM3= potássio por Mehlich-3 (mg/dm^3).

Zn: o Mehlich-3 extrai aproximadamente a metade do obtido pelo método Mehlich 1 (Bortolon & Gianello, 2009; Shoninger et al., 2012) e, para a correta interpretação, transformar os resultados pela equação:

$$\text{ZnM1} = \text{ZnM3} \times 2$$

onde: ZnM1=zinco por Mehlich-1 (mg/dm^3) e ZnM3= zinco por Mehlich-3 (mg/dm^3).

Ca, Mg, Na, Mn e Cu: os teores extraídos pelo Mehlich-3 têm se mostrado muito semelhantes ao Mehlich-1, não sendo necessárias transformações de valores para a sua interpretação.

Como o método Mehlich-3 ainda está em fase de calibração, não há segurança sobre o teor crítico dos nutrientes por esse método e se recomenda cautela na interpretação dos resultados, sendo mais indicado apenas para os casos de uso de fosfato natural.

b) N-mineral: os teores de nitrato, nitrito e amônio são extraídos do solo com KCl 1 mol/L, com subsequente destilação em micro-Kjeldall e quantificação por titulação com H_2SO_4 diluído na presença de indicador ácido bórico.

c) Carbono orgânico total: são determinados em analisador tipo TOC-TN ou elementar tipo CHNS.

d) Condutividade elétrica: medida com conditivímetro em solução extraída de uma porção de solo saturada com água por 24 horas.

e) pH em CaCl_2 : o pH também pode ser determinado em solução de CaCl_2 0,01 mol/L, seguindo os mesmos procedimentos para pH em água.

f) Granulometria: também podem ser determinados os teores de argila, silte e areia para a determinação do Tipo de Solo, definido pela Instrução Normativa Nº 2, de outubro de 2008, da Secretaria de Política Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. A determinação da granulometria do solo requer a dispersão das partículas e a

quantificação das frações argila, silte e areia.

4.2 - ANÁLISE DE TECIDO VEGETAL

A análise de tecido foliar compreende a determinação dos teores totais de macro e micronutrientes presentes em determinadas folhas coletadas em períodos definidos do ciclo de cada cultura. Os teores de macronutrientes são expressos em porcentagem (m/m) ou g/kg e os de micronutrientes são expressos em mg/kg.

O diagnóstico do estado nutricional das plantas consiste na comparação dos teores de nutrientes determinados em uma amostra de planta cuja condição nutricional se pretende avaliar com aqueles estabelecidos para um padrão. Este é estabelecido a partir de um conjunto de plantas consideradas “normais” sob o aspecto nutricional, ou seja, plantas que contêm em seus tecidos todos os elementos essenciais em quantidades e proporções adequadas.

A descrição sucinta dos métodos de análise utilizados, que incluem basicamente as fases de extração (digestão ácida a quente ou decomposição por via seca) e determinação dos teores de nutrientes, é apresentada na sequência (Tedesco et al., 1995; Malavolta et al., 1997; Freire, 1998).

a) Digestão do tecido vegetal

Sulfúrica (determinação de N, P, K, Ca e Mg): consiste na digestão a quente de amostra de tecido vegetal em mistura de ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio. Quando se pretende analisar o teor de N na amostra, pode-se utilizar mistura digestora constituída por ácido sulfúrico, sais e catalisadores.

Nitro-perclórica (determinação de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Al): consiste na digestão a quente de amostra de tecido vegetal em mistura dos ácidos nítrico e perclórico na proporção 2:1 (v/v).

Via seca (determinações de B, Co, Mo e Al): consiste na incineração completa de amostra de tecido vegetal em mufla, seguida da dissolução das cinzas em solução de ácido clorídrico.

b) Determinação do teor dos nutrientes

Nitrogênio (N): o método mais utilizado é o semi-micro-Kjeldahl, onde o nitrogênio amoniacal presente no extrato sulfúrico é convertido

a amônia, que é capturada em ácido bórico e titulada com ácido sulfúrico na presença de indicador ácido/base. Opcionalmente, pode-se determinar o nitrogênio por colorimetria.

Fósforo (P): normalmente realizada por colorimetria em extrato tratado com molibdato de amônio e agente redutor (ácido ascórbico) ou, ainda, com mistura de soluções de molibdato de amônio e de metavanadato de amônio. O P pode ser determinado também por ICP.

Potássio (K): feita por fotometria de chama em extrato diluído e enriquecido com sódio. Alternativamente o potássio pode ser quantificado por espectrofotometria de absorção atômica ou ICP.

Sódio (Na): determinado por fotometria de chama, espectrofotometria de absorção atômica ou ICP.

Cálcio (Ca) e magnésio (Mg): ambos os nutrientes são preferencialmente quantificados por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando-se o extrato acrescido de solução de lantânio ou de estrôncio, para evitar a interferência decorrente da presença de fosfatos. Podem ser determinados também por ICP.

Enxofre (S): preferencialmente determinado por turbidimetria do sulfato. O método baseia-se na medida em colorímetro da turbidez decorrente da precipitação do enxofre na presença de cloreto de bário. Pode ser determinado também por ICP.

Boro (B): os métodos mais utilizados baseiam-se na determinação colorimétrica dos complexos formados pela reação do ânion borato e a curcumina, em presença de ácido oxálico, ou da reação do ácido bórico com o reagente azometina H.

Cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn): Esses quatro nutrientes metálicos são determinados espectrofotometria de absorção atômica ou ICP.

Molibdênio (Mo): o método fundamenta-se na determinação colorimétrica de complexo formado pela reação do molibdênio com tiocianato, na presença de agente redutor.

Cobalto (Co): o método fundamenta-se na determinação colorimétrica de complexo formado pela reação do cobalto com 2-nitroso-1-naftol.

Alumínio (Al): normalmente quantificado por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando-se chama de alta temperatura. Outra possibilidade é a medida colorimétrica do complexo formado pelo tratamento da matéria seca diluída em meio ácido com aluminon.

Cloro (Cl): o método tem por princípio a determinação titulométrica do íon cloreto em solução aquosa com nitrato de prata.

4.3 - CONTROLE DE QUALIDADE DAS ANÁLISES PELA ROLAS-RS/SC

A ROLAS-RS/SC é uma organização vinculada à Comissão de Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul (NRS) da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Foi criada em 1968 para laboratórios do RS, sendo que, em 1972, ocorreu a adesão do Estado de Santa Catarina (Tedesco et al., 1994) e o início do programa de controle de qualidade das análises laboratoriais. Anualmente é feita uma reunião para analisar dados de pesquisa sobre metodologias de análise de solo e de tecido, bem como para deliberar sobre assuntos relacionados à operacionalidade da rede. Entre os assuntos tratados, inclui-se o sistema de controle de qualidade da análise básica e de micronutrientes. Desde o ano de 2000, o controle é feito com a utilização da Internet.

O sistema de controle de qualidade de análises avalia os resultados de quatro amostras de solo por mês, sendo os resultados das determinações (análise básica e de micronutrientes) analisados estatisticamente (Wiethölter, 2002). Calcula-se a exatidão, fixada a partir de faixas de distância do desvio padrão da mediana, e atribuem-se asteriscos na medida em que as faixas são ultrapassadas. A ROLAS atribui zero, um, dois e três asteriscos às análises que se enquadram, respectivamente, dentro dos limites para mais ou para menos: $\leq 1,0$; $> 1,0$ e $\leq 1,5$; $> 1,5$ e $\leq 2,0$; e $> 2,0$ desvios padrão da mediana. Exceções para a não aplicação dos asteriscos se encontram na Tabela 4.1. O somatório de asteriscos da amostra, incluindo todas as análises, compõe a exatidão percentual, calculada pela expressão:

$$100 - \{\text{asteriscos} [100 / (3 \times \text{nº análises})]\}$$

A partir da exatidão média de todas as análises realizadas no ano é estabelecida a média anual e atribuído um conceito ao laboratório. Em 1994, os laboratórios passaram a receber um selo de qualidade para as análises básicas e desde 2001, também, para análises básicas + micronutrientes. A partir da média da exatidão das amostras, os laboratórios com exatidão $\geq 90\%$

recebem conceito A, enquanto os laboratórios com exatidão <90% e $\geq 85\%$; <85% e $\geq 80\%$ e <80% recebem conceito B, C ou D, respectivamente (Wiethölter & Dahmer, 2009), sendo que os laboratórios com conceitos A e B recebem o selo de qualidade da ROLAS e os laboratórios com conceitos C e D permanecem filiados à ROLAS, no entanto, não recebem o selo e, caso permaneçam nessa condição por dois anos consecutivos, são descredenciados.

Tabela 4.1. Critérios de exceção para cancelamento de asteriscos no sistema de Controle de Qualidade das análises de solos em laboratórios pertencentes a ROLAS (RS e SC) - 2014

Análise	Regra de cancelamento de asterisco	
	Mediana	Valor - Mediana ⁽¹⁾
Argila	≤ 200	≤ 10
	$> 200 \leq 450$	≤ 20
	> 450	≤ 30
P	≤ 10	≤ 1
	$10 \leq 20$	$\leq 1,25$
	> 20	$\leq 1,5$
	≤ 50	≤ 1
K	$50 \leq 100$	≤ 2
	> 100	≤ 3
Al	≤ 3	≤ 3
	> 3	≤ 1
Ca	≤ 100	≤ 1
	> 100	≤ 2
Mg	≤ 100	≤ 1
pH e SMP	-	$\leq 0,1$
Matéria orgânica	≤ 1	≤ 1

⁽¹⁾em módulo

O controle de qualidade de análises de plantas é feito por programa de âmbito nacional – Programa Interlaboratorial de Análise de Tecido Vegetal (PIA-TV), de forma semelhante ao programa da ROLAS-RS/SC, sob a responsabilidade da SBCS, e atualmente coordenado pela ESALQ (USP).



Capítulo

5

DIAGNÓSTICO DA ACIDEZ E RECOMENDAÇÃO DA CALAGEM

Atualizado por:

Danilo Rheinheimer dos Santos
João Kaminski
Gustavo Brunetto
Carlos Alberto Ceretta
Jackson Ernani Fiorin
Leandro Souza da Silva
Luciano Colpo Gatiboni

Os solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, em seu estado natural, são predominantemente ácidos, apresentando restrições ao desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas. Adicionalmente, a acidificação do solo cultivado é um processo contínuo e a sua intensidade depende de vários fatores. A utilização de corretivos da acidez do solo é, portanto, de grande importância para a produção agrícola. O calcário agrícola é o principal produto utilizado para a correção da acidez e a prática de sua aplicação ao solo é denominada de calagem.

5.1 - ACIDEZ NATURAL E REACIDIFICAÇÃO DO SOLO

Os solos ácidos são produto do processo de sua formação, que se caracteriza pela alteração/decomposição do material de origem (minerais primários) e a formação de argilominerais e óxidos, causado, na sua essência, pela alta atividade do H^+ em solução. À medida que a intemperização avança, cria-se condição para que, lentamente, o Al seja liberado à solução do solo (Al^{+3} - livre), ocorra a percolação de cátions alcalinos e alcalinoterrosos

(lixiviação de bases) e os grupos funcionais dos colóides, em especial da matéria orgânica, permaneçam protonados. Agronomicamente, como resultado desse processo, têm-se solos com alta acidez ativa (baixo pH) e alta acidez potencial (altos valores de H+Al), alta saturação da CTC por Al e baixa saturação da CTC por bases. Adicionalmente, o potencial de toxidez às raízes aumenta em profundidade no perfil do solo, devido à menor complexação de Al pela matéria orgânica, que se encontra em menores teores, e pelos menores teores de cátions básicos (especialmente Ca, Mg e K). Concomitantemente a acidificação do solo, nos casos avançados, como se observa em regiões tropicais e subtropicais, os colóides inorgânicos do solo (especialmente óxidos de Fe e caulinita) passam a ter alta capacidade de adsorver fosfato e consequente baixa disponibilidade de P, outro fator desfavorável à obtenção de altas produtividades em solos ácidos. Portanto, a acidez natural é oriunda de processos extremamente lentos (escala milenar), tornando o ambiente solo desfavorável ao crescimento radicular da maioria das espécies de interesse agropecuário, sendo apontado como um grande limitador do rendimento das culturas.

Como consequência da acidificação natural dos solos, as doses de calcário necessárias à neutralização dessa acidez são, geralmente, elevadas e os melhores resultados agronômicos ocorrem quando for corrigida a massa total de solo onde predomina o crescimento do sistema radicular. Hoje, nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, praticamente não há mais solos com acidez natural, exceto os campos e florestas naturais ainda não incorporados aos sistemas produtivos.

Uma vez corrigida a acidez potencial pela calagem, o solo iniciará um processo de reacidificação, sem necessariamente retornar ao mesmo estado de acidez potencial anterior à aplicação de calcário. Também os teores de Ca e Mg se mantêm em níveis mais altos do que em solos virgens, diminuindo a saturação por Al mesmo em valores baixos de pH. Nestes casos, é possível que a acidez ativa esteja alta (pH baixo), sem que ocorram os mesmos danos às plantas pelo Al, indicando que o pH isoladamente pode não ser o melhor indicador de tomada de decisão para a adição de calcário nessas situações. Como consequência, os solos que hoje estão sendo utilizados nos sistemas produtivos e já receberam calagem não são mais tão ácidos quanto foram no passado e, se for necessário fazer sua correção, as doses de calcário deverão ser mais baixas do que aquelas inicialmente aplicadas.

A reacidificação do solo se dá predominantemente a partir da superfície, pois é a água da chuva o principal introdutor de H⁺ no solo, aliado a algumas reações dos insumos, especialmente os fertilizantes nitrogenados, aplicados aos cultivos e à própria atividade biológica, que contribuem para o abaixamento do pH do solo. Assim, tendo a acidez potencial da massa de solo da camada de desenvolvimento do sistema radicular corrigida inicialmente e considerando que o reaparecimento do Al trocável ocorre a partir da superfície, esse elemento tóxico pode ser facilmente neutralizado pela adição de calcário em superfície, sem a necessidade de revolvimento (calagem superficial). Dessa forma, a dose de calcário aplicada na superfície sem revolvimento deve ser menor, ajustada para a correção de uma menor massa de solo em contato com o corretivo da acidez.

Todos esses aspectos devem ser levados em consideração no estabelecimento dos critérios para tomada de decisão sobre a necessidade ou não de calagem e da dose do calcário para aplicar nos diferentes cenários de produção agropecuária, especialmente no que se refere aos cultivos de espécies anuais em áreas nativas ou naquelas que já tiveram calagem prévia e/ou que podem ser produzidas sob diferentes sistemas de manejo, com ou sem revolvimento do solo (sistemas convencional ou plantio direto).

5.2 - RECOMENDAÇÃO DE CALCÁRIO

A recomendação de calcário para solos ácidos visa proporcionar um ambiente adequado de crescimento do sistema radicular, diminuindo a atividade de elementos potencialmente tóxicos para as plantas cultivadas, como o Al e o Mn, e favorecendo a disponibilidade de elementos essenciais à nutrição de plantas.

A tomada de decisão é baseada na sensibilidade da cultura, no grau de acidez do solo ou, em alguns casos, também no sistema de produção. Desde meados dos anos 70 se conhece que as plantas de interesse agropecuário podem ser agrupadas por seu **pH de referência** (pH do solo mais adequado) (Tabela 5.1). Quando o valor de pH é maior que o valor de referência não há resposta econômica à calagem. Para algumas culturas não responsivas à elevação do pH, a saturação por bases é o critério adotado para o fornecimento de Ca e de Mg às plantas.

O valor do **pH de referência** da Tabela 5.1 pode ser utilizado em uma sequência de rotação de culturas adotada em uma determinada área. Nessa situação, deve-se considerar o pH de referência da cultura mais sensível (a que exigir o pH mais elevado), para se manter o potencial de rendimentos de todas as culturas a serem implantadas na área.

Tabela 5.1. Valor de pH de referência de algumas culturas

pH referência	Culturas
pH 6,5	Alfafa, aspargo, macieira, oliveira, piretro.
pH 6,0	Abacateiro, abóbora, abobrinha, alcachofra, alface, alho, almeirão, ameixeira, amendoim, arroz de sequeiro, aveia, bananeira, batata-doce, berinjela, beterraba, brócolis, cana-de-açúcar, camomila, canola, capim-limão, caquizeiro, cebola, cenoura, centeio, cevada, chicória, chuchu, citros, consorciação de gramíneas e leguminosas de estação fria, consorciação de gramíneas e leguminosas de estação quente, couve-flor, crisântemo, ervilha, ervilha forrageira, ervilhaca, estévia, feijão, figueira, gengibre, girassol, gramíneas forrageiras de estação fria, gramíneas forrageiras de estação quente, hortelã, leguminosas forrageiras de estação fria, leguminosas forrageiras de estação quente, linho, mandioquinha-salsa, maracujazeiro, melancia, melão, milho, milho pipoca, moranga, morangueiro, nabo, nabo forrageiro, nectarineira, nogueira-pecã, painço, palma-rosa, pepino, pereira, pessegueiro, pimentão, quivizeiro, rabanete, repolho, roseira de corte, rúcula, soja, sorgo, tabaco, tomate, tremoço, trigo, triticale, urucum, vetiver e videira.
pH 5,5	Alfavaca, amoreira-preta, arroz irrigado no sistema de semeadura em solo seco, batata, calêndula, camomila, cardamomo, carqueja, chá, citronela-de-Java, coentro, cúrcuma, erva-doce, funcho, guaco, manjericão, mirtilo, palmeira-juçara, palmeira-real, pupunheira e salsa.
Sem pH de referência ⁽¹⁾	Arroz irrigado no sistema pré-germinado ou com transplante de mudas, araucária, acácia negra, bracatinga, cedro australiano, erva-mate, eucalipto, pinus, mandioca, e pastagem natural.

⁽¹⁾ No cultivo de arroz irrigado nos sistema pré-germinado ou com transplante de mudas ocorre a aumento natural de pH e a calagem pode ser efetuada para fornecer Ca e Mg. As demais culturas são tolerantes a acidez do solo e não possuem um pH de referência, mas também podem receber calcário para o adequado suprimento de Ca e Mg.

Sempre que o valor do pH do solo for limitante à produtividade da cultura deve-se aplicar calcário em quantidade suficiente para elevar o seu valor ao valor do pH de referência da(s) cultura(s) visada(s). Contudo, a tomada de decisão em relação a necessidade de calagem pode estar associada a um valor de pH menor que o valor de referência da cultura. Essa discrepância se deve a resposta econômica de algumas culturas a calagem, que depende da presença de Al em forma trocável no solo, o que somente ocorre quando o valor do pH em água é menor que 5,5. Este aspecto é importante, já que a toxidez desse elemento é uma das maiores limitações de solos ácidos e influencia a resposta econômica da reaplicação de calcário. Por exemplo, para as culturas cujo **pH de referência** for 6,0, a acidez vai limitar pouco a produtividade durante o período em que o pH diminuir de 6,0 até 5,5, pois somente abaixo desse valor é que reaparecerá o Al trocável.

Para a primeira calagem (correção da acidez natural) ou no estabelecimento de um novo sistema produtivo de longa duração (sistema plantio direto, pastagem perene, fruticultura, florestas), o calcário deve ser incorporado, sempre que possível, o mais profundo (≥ 20 cm). Esta recomendação também é usada nas reaplicações de calcário, em áreas com mobilização do solo para a semeadura dos cultivos anuais.

A reaplicação de calcário na superfície de solos manejados com o sistema plantio direto, considerando que o solo já teve sua acidez potencial corrigida em profundidade no estabelecimento do sistema, também não precisa ser feita imediatamente após a constatação de que o valor do pH do solo for inferior ao do pH de referência. Mesmo valores de pH menores do que 5,5 podem não se constituir em problema porque algumas culturas toleram baixas saturações por Al. Neste caso, a acidez pode ser interpretada agregando o valor da saturação por Al e da saturação por bases, como critérios auxiliares de tomada de decisão da aplicação de calcário. Entretanto, a dose de calcário deve ser ajustada por se considerar uma menor massa de solo em contato com o corretivo.

Assim, a reaplicação de calcário se dará sempre que o resultado analítico do solo amostrado indicar necessidade, aliado a fatores como o tipo de planta e o sistema de manejo adotado. Os critérios específicos para aplicação e reaplicação de calcário para os diferentes grupos de culturas em cada cenário de produção são apresentados nos itens 5.2.2 a 5.2.8.

5.2.1 - Definição de dose de calcário

Neste Manual, a necessidade de calcário de um solo é preferencialmente estimada pelo índice SMP. Em função do valor desse índice, as doses de calcário (PRNT 100%) a serem aplicadas para que o solo da camada 0-20 cm atinja valores de referência de 5,5; 6,0 ou 6,5 constam na Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Quantidades de calcário (PRNT 100%) necessárias para elevar o pH em água do solo da camada de 0 a 20 cm, a 5,5, 6,0 e 6,5, estimadas pelo índice SMP⁽¹⁾

Índice SMP	pH desejado		
	5,5	6,0	6,5
.....t/ha ⁽²⁾			
≤ 4,4	15,0	21,0	29,0
4,5	12,5	17,3	24,0
4,6	10,9	15,1	20,0
4,7	9,6	13,3	17,5
4,8	8,5	11,9	15,7
4,9	7,7	10,7	14,2
5,0	6,6	9,9	13,3
5,1	6,0	9,1	12,3
5,2	5,3	8,3	11,3
5,3	4,8	7,5	10,4
5,4	4,2	6,8	9,5
5,5	3,7	6,1	8,6
5,6	3,2	5,4	7,8
5,7	2,8	4,8	7,0
5,8	2,3	4,2	6,3
5,9	2,0	3,7	5,6
6,0	1,6	3,2	4,9
6,1	1,3	2,7	4,3
6,2	1,0	2,2	3,7
6,3	0,8	1,8	3,1
6,4	0,6	1,4	2,6
6,5	0,4	1,1	2,1
6,6	0,2	0,8	1,6
6,7	0	0,5	1,2
6,8	0	0,3	0,8
6,9	0	0,2	0,5
7,0	0	0	0,2
7,1	0	0	0

⁽¹⁾ A partir de dados de Murdock et al. (1969); Kaminski (1974); Scherer (1976); Ernani & Almeida (1986); Anjos et al. (1987) e Ciprandi et al. (1994).

⁽²⁾ Calcário com PRNT 100%.

Alternativamente ao índice SMP, a dose de calcário também pode ser estabelecida pela saturação por bases (V%), mantendo a estimativa da acidez potencial (H+Al) via índice SMP (Quaggio et al., 1986). Embora ainda não tenha sido calibrado o valor da saturação por bases das diferentes culturas quando cultivadas em solos do RS e de SC, neste Manual se assume uma provável correspondência entre o valor do pH de referência das culturas com o valor V%, sendo: pH 5,5 = V 65%; pH 6,0 = V 75% e pH 6,5 = V 85%.

Esses valores de saturação por bases representam valores médios de vários solos e, portanto, são aproximados. Em geral, eles podem ser cerca de cinco pontos percentuais menores em solos com baixos valores de CTC_{pH7} (< 7,5 cmol_c/dm³) e em torno de cinco pontos percentuais maiores em solos com altos valores de CTC_{pH7} (> 15 cmol_c/dm³).

Ao se optar pelo estabelecimento da dose de calcário pelo método da saturação por bases, a partir dos dados constantes nos laudos de análise de solo (V% e CTC_{pH 7,0}) e do V% considerando o pH de referência do grupo de culturas de interesse, a dose de calcário é definida por:

$$NC = [(V1-V2)/100] \times CTC_{pH\ 7,0}$$

Em que: NC= necessidade de calcário (PRNT 100%) em t/ha, para corrigir a camada de 0 a 20 cm; V1= saturação por bases desejada (65, 75 ou 85%); V2= saturação por bases do solo, expressa no laudo de análise; CTC= capacidade de troca de cátions estimada a pH 7,0 (CTC_{pH 7,0}).

A quantidade de calcário definida pelo cálculo da saturação por bases ou pelo índice SMP usando a Tabela 5.2 são semelhantes, podendo haver maiores diferenças em solos com alta acidez potencial e/ou elevados teores de Ca e de Mg. Nesses casos, a saturação por bases tende a indicar uma dose menor de calcário que o índice SMP. Isso pode significar uma elevação de pH aquém do desejado inicialmente (sem necessariamente afetar as produtividades das culturas se o valor for suficiente para neutralizar o Al tóxico) e/ou um menor efeito residual da calagem.

Por isso, solos que vão receber calcário pela primeira vez devem ter a dose de calcário estimada pelo índice SMP e, para reaplicações de calcário, a definição da dose a aplicar pelos diferentes critérios, ou mesmo por sua média, é uma decisão do técnico que efetua a recomendação. Cabe salientar novamente que não houve calibração para estabelecimento

das saturações por bases desejadas pelas culturas e que a dose estimada pela equação corresponde uma correção da camada de 0 a 20 cm sendo, portanto, necessário um ajuste da dose, caso a aplicação seja em superfície (usar os mesmos fatores empregados para o SMP eventualmente expressos nas Tabelas 5.3 a 5.7 dos itens 5.2.3 a 5.2.8).

Especificamente nos casos de solos com baixo poder tampão (arenosos e/ou pobres em matéria orgânica, geralmente com Índice SMP maior que 6,3), o índice SMP pode subestimar a acidez potencial e, consequentemente, indicar uma dose de calcário insuficiente para elevar o pH até o valor desejado, motivo pelo qual recomenda-se usar equações polinomiais que levam em conta o teor de matéria orgânica e de Al trocável para definir a dose de calcário (t/ha, PRNT 100%):

$$\begin{aligned} \text{NC pH 5,5} &= -0,653 + 0,480\text{MO} + 1,937\text{AI} \\ \text{NC pH 6,0} &= -0,516 + 0,805\text{MO} + 2,435\text{AI} \\ \text{NC pH 6,5} &= -0,122 + 1,193\text{MO} + 2,713\text{AI} \end{aligned}$$

Em que: NC = necessidade de calcário (PRNT 100%), em t/ha, para corrigir a camada de 0 a 20 cm aos pH de referência de 5,5, 6,0 e 6,5; MO e AI = representam, respectivamente, o teor de matéria orgânica, em porcentagem, e o Al trocável do solo, em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

5.2.2 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para as culturas produtoras de grãos.

Exceto para o arroz irrigado, as demais culturas de grãos tem como **pH de referência** o valor de pH 6,0. Entretanto, os maiores efeitos da acidez que limitam a produção vegetal aparecem quando o valor do pH do solo é menor que 5,5, quando então é recomendada a aplicação de calcário. Como a mobilização do solo é condicionada pelo manejo, isto é, o sistema convencional, com aração e gradagem(ns); ou o sistema plantio direto, sem revolvimento do solo, a camada amostrada e a dose de calcário são dependentes do sistema de manejo e da condição da área, determinando assim o modo de aplicação (Tabela 5.3).

No **sistema convencional** ou na implantação do **sistema plantio direto**, a camada amostrada é de 0 a 20 cm e a dose de calcário é aquela indicada pelo índice SMP até pH 6,0, com aplicação incorporada (Tabela 5.3). O corretivo deve ser incorporado na camada de 0 a 20 cm e realizada, prefe-

renciaismente, antes da implantação de cultivos de inverno. Devido à exposição do solo pela incorporação do calcário, deve se ter a preocupação de implantar uma cultura com rápido crescimento inicial e de grande potencial de produção de matéria seca, bem como a efetivação das práticas mecânicas de contenção da erosão e o planejamento das estradas. Também pode se aproveitar a mobilização do solo para se fazer a adubação de correção, em especial, a de P, caso necessário. A decisão de iniciar o sistema plantio direto com aplicação superficial de calcário, especialmente em áreas de campo natural com acidez potencial elevada, pode comprometer a eficiência da reaplicação de calcário em superfície no sistema plantio direto já consolidado. Em solos de campo natural de baixa acidez potencial (índice SMP >5,5) e com a opção de se iniciar o sistema plantio direto com a aplicação superficial de calcário, em que pese a dificuldade de se corrigir a camada de 10 a 20 cm com essa prática, a dose sugerida corresponde a $\frac{1}{2}$ (metade) do que o índice SMP indicar para pH 6,0.

No sistema **plantio direto consolidado** a amostragem recomendada é de 0 a 10 cm, com monitoramento frequente da camada de 10 a 20 cm (ver Capítulo 3). Quando não há restrições químicas e físicas para o crescimento radicular na camada de 10 a 20 cm, considera-se o valor de pH <5,5, da camada 0 a 10 cm, para a decisão de aplicação de calcário. Adicionalmente, para a camada de 0 a 10 cm, pode-se considerar não aplicar calcário quando a saturação por bases for maior do que 65% e quando a saturação por Al for menor do que 10%. A dose sugerida para a aplicação superficial de calcário, neste sistema, corresponde a $\frac{1}{4}$ (uma quarta parte) do que o índice SMP indicar para elevar o pH do solo até 6,0 (Tabela 5.2). Essa sugestão considera que houve a correção da acidez da camada mais profunda que 10 cm, quando do estabelecimento do sistema plantio direto e se baseia que a reacidificação de solos manejados sem revolvimento ocorre a partir da superfície. A quantidade de calcário que corresponde a $\frac{1}{4}$ (uma quarta parte) do que o índice SMP indicar para elevar o pH do solo até 6,0 é suficiente para neutralizar a acidez que se forma na camada de 0 a 5 cm. Com o passar do tempo, os efeitos da aplicação superficial de calcário poderão atingir camadas mais profundas, dependendo das características do solo e de seu manejo, bem como da dose aplicada e das condições climáticas após a aplicação. Quando no sistema plantio direto houver escarificações ou mesmo subsolagem para romper camadas compactadas, a incorporação de calcário por essas operações será localizada e, em geral, não corrige todo o volume de solo existente na profundidade de ação do escarificador ou do subsolador. Em solos com acidez na camada de 10 a 20 cm, a escarificação e subsolagem ainda podem resultar no aumento da acidez da camada mais superficial, devido à inversão das camadas, o que ocorrem

em forma de manchas na área revolvida por estas operações.

Especial atenção deve ser dada em áreas de plantio direto que não foram implantadas com a correção da acidez na camada de 0 a 20 cm e que a saturação por Al for $\geq 30\%$, na camada de 10 a 20 cm. Deve-se considerar também a ocorrência de produtividade das culturas abaixo da média local, especialmente em anos de estiagem; o grau de compactação do solo restringindo crescimento radical em profundidade; e se a disponibilidade de P do solo na camada de 10 a 20 cm for menor que o teor crítico. Nesses casos pode ser necessário **reiniciar o sistema plantio direto** e, então, o calcário deve ser incorporado ao solo, por aração e gradagem, sendo utilizada a dose para pH 6,0, determinada pela média dos valores do índice SMP das amostras das camadas de 0 a 10 e de 10 a 20 cm. Caso haja necessidade de correção do teor de P dessa última camada, recomenda-se a fosfatagem, por ocasião do revolvimento. Nesse caso, a dose deste nutriente também deve ser estabelecida considerando a média dos valores de P das amostras coletadas nas camadas de 0 a 10 e de 10 a 20 cm, usando as indicações do Capítulo 6. A decisão de reiniciar o sistema plantio direto também deve levar em consideração aspectos relacionados à adequada conservação do solo e da água e, portanto, a avaliação do cenário geral, por engenheiros agrônomos, é fundamental.

Para a cultura do arroz irrigado por inundação, a recomendação de calcário depende das reações de oxidação/redução que ocorrem ao longo do ciclo da cultura. No caso de sistemas em que o alagamento ocorre durante praticamente todo o ciclo do arroz (sistema pré-germinado ou transplante de mudas) não há necessidade de aplicar calcário como corretivo da acidez do solo, pois ocorre a elevação natural do pH para em torno de 6,0, à exceção de alguns solos orgânicos. No entanto, quando a saturação por bases for menor do que 40% (exceto se Ca trocável $\geq 4,0$ e Mg trocável $\geq 1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), recomenda-se a aplicação de calcário dolomítico como fonte desses nutrientes, na quantidade estimada pela saturação por bases para atingir 40%. No caso de sistemas em que a irrigação inicia entre 20 e 30 dias após a emergência das plantas (sistemas de semeadura em solo seco) utiliza-se o critério de tomada de decisão baseado nos resultados de análise do solo da camada 0 a 20 cm (pH em água menor que 5,5), sendo a dose determinada pelo índice SMP para elevar o pH do solo até 5,5 (Tabela 5.3). Em áreas de rotação com culturas de sequeiro, incluindo as pastagens cultivadas, deve-se fazer a correção da acidez conforme a cultura mais sensível à acidez.

Tabela 5.3. Critérios para a indicação da necessidade e da quantidade de corretivos da acidez para culturas de grãos

Sistema de manejo do solo ou cultura	Condição da área	Amostragem do solo (cm)	pH de referência	Tomada de decisão	Quantidade de calcário	Modo de aplicação
Convencional	Em todos os casos	0 a 20	6,0	pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado ⁽²⁾
	Implantação do sistema	0 a 20		pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado ⁽²⁾
	Sistema consolidado, sem restrições na camada de 10 a 20 cm	0 a 10 ⁽⁴⁾		pH < 5,5 ⁽¹⁾	¼ SMP para pH _{água} 6,0	Superficial ⁽⁵⁾
	Sistema consolidado, com restrições ⁽³⁾ na camada de 10 a 20 cm	10 a 20 ^{(4), (6)}		pH < 5,5 e AI ≥ 30%	1 SMP para pH _{água} 6,0 ⁽⁷⁾	Incorporado ^{(2),(3)}
Plantio direto	Semeadura em solo seco	0 a 20	5,5	pH < 5,5 ⁽¹⁾	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado
	Pré-germinado ou transplante de mudas	0 a 20	—	V ≤ 40% ⁽⁸⁾	NC=(40-V%)/100 * CTC _{pH7,0}	Incorporado
Arroz irrigado	Semeadura em solo seco	0 a 20	5,5	pH < 5,5 ⁽¹⁾	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado
	Pré-germinado ou transplante de mudas	0 a 20	—	V ≤ 40% ⁽⁸⁾	NC=(40-V%)/100 * CTC _{pH7,0}	Incorporado

⁽¹⁾ Não aplicar quando V ≥ 65% e saturação por Al na CTC <10%.

⁽²⁾ Quando a disponibilidade de P e de K forem menores do que o teor crítico, recomenda-se fazer a adubação de correção com incorporação de fertilizantes aproveitando a mobilização do solo pela calagem.

⁽³⁾ Considerar na decisão de incorporar o calcário a ocorrência de produtividade da culturas abaixo da média local, especialmente em anos de estiagem; compactação do solo restringindo crescimento radicular em profundidade; e disponibilidade de fósforo na camada de 10 a 20 cm abaixo do teor crítico.

⁽⁴⁾ Amostrar separadamente as camadas de 0 a 10 e de 10 a 20 cm.

⁽⁵⁾ Quantidade aplicada em superfície limitada a 5 t/ha (PRNT 100%)

⁽⁶⁾ Tomada de decisão independe da condição do solo da camada 0 a 10 cm.

⁽⁷⁾ Usar valor de SMP médio das duas camadas (0 a 10 e 10 a 20 cm) para definir a dose de calcário a ser incorporado.

⁽⁸⁾ Não aplicar se Ca trocável ≥ 4,0 e Mg trocável ≥ 1,0 cmol_c/dm³

5.2.3 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para as espécies forrageiras.

A aplicação de calcário segue a lógica do valor de **pH de referência** de cada grupo de espécies forrageiras. Essas espécies formam três grupos de acordo com o valor do pH de referência: pH 6,5 (alfafa), pH 6,0 (espécies perenes e cultivos anuais de gramíneas ou leguminosas isoladas ou em consórcio) e aquelas que dispensam correção da acidez (campo natural). Os critérios de tomada de decisão para aplicação e a dose são os sugeridos na Tabela 5.4.

Em cultivos de alfafa, o calcário deve ser aplicado quando o valor do pH da amostra de 0 a 20 cm for menor do que 6,0. Já a dose corresponderá a quantidade necessária para elevar o valor do pH até 6,5. O calcário deve ser incorporado na camada de 0 a 20 cm. Na renovação da forrageira, se a nova análise de solo indicar necessidade de aplicação de calcário, este deve também ser incorporado e na camada de 0 a 20 cm.

Na implantação de pastagem perene, independentemente da espécie, a calagem deve ser feita quando o pH da camada de 0 a 20 cm for menor do que 5,5. A dose de calcário corresponderá a quantidade necessária para elevar o valor do pH do solo a 6,0 e o corretivo deverá ser incorporado no solo. Nos anos subsequentes, seguem-se os critérios de amostragem e de tomada de decisão do sistema plantio direto consolidado de gramíneas ou leguminosas anuais (Tabela 5.4).

Em cultivos de espécies anuais, com gramíneas ou leguminosas, isoladas ou em consórcio, a recomendação de calagem dependerá do sistema de manejo de solo, conforme especificado na Tabela 5.4. Para pastagens cultivadas no sistema convencional ou na implantação do sistema plantio direto, o calcário deve ser incorporado na camada de 0 a 20 cm e a quantidade aplicada deve ser a necessária para elevar o valor do pH do solo a 6,0.

Quando as pastagens estão sendo cultivadas em sistema plantio direto consolidado, a aplicação de calcário é superficial e a dose corresponderá a $\frac{1}{4}$ (uma quarta parte) do que o índice SMP indicar para elevar o valor do pH do solo até 6,0. Essa sugestão considera que houve a correção da acidez da camada mais profunda que 10 cm, quando do estabelecimento do sistema plantio direto e se baseia que a reacidificação de solos manejados sem revolvimento ocorre a partir da superfície. A quantidade

de calcário que corresponde a $\frac{1}{4}$ (uma quarta parte) do que o índice SMP indicar para elevar o pH do solo até 6,0 é suficiente para neutralizar a acidez da camada de 0 a 5 cm. Com o passar do tempo, os efeitos da aplicação superficial de calcário poderão atingir camadas mais profundas, dependendo das características do solo e de seu manejo, bem como da dose aplicada e das condições climáticas após a aplicação.

A produção de espécies forrageiras integradas à produção de grãos deve seguir a recomendação de calagem do sistema de produção de grãos, conforme indicado na tabela 5.3.

No caso de pastagens em campos naturais, a aplicação do calcário deve ser feita quando a saturação por bases for menor do que 40% (exceto se Ca trocável $\geq 4,0$ e Mg trocável $\geq 1,0 \text{ cmol} / \text{dm}^3$), com a aplicação de calcário dolomítico na quantidade estimada pela saturação por bases para atingir 40%, aplicada em superfície e sem revolvimento. Não é recomendada a adição de calcário anteriormente ou juntamente com fosfatos naturais, pois a liberação de P desse fertilizante é inibida pela elevação do pH e pelos altos teores de Ca.

Tabela 5.4. Critérios para indicação da necessidade e da quantidade de corretivo da acidez para o cultivo de forrageiras

Cultura	Sistema de manejo	Amostragem do solo (cm)	pH de referência	Tomada de decisão	Quantidade de calcário	Modo de aplicação
Alfafa	Qualquer um	0 a 20	6,5	pH < 6,0	1 SMP para pH _{água} 6,5	Incorporado ⁽²⁾
Espécies perenes	Implantação da forrageira ⁽³⁾	0 a 20		pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado ⁽²⁾
Cultivos anuais de gramíneas, leguminosas ou consórcios ⁽⁴⁾	Convencional ou implantação do plantio direto	0 a 20	6,0	pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado ⁽²⁾
	Plantio direto consolidado	0 a 10		pH < 5,5 ⁽¹⁾	¼ SMP para pH _{água} 6,0	Superficial ⁽⁵⁾
Campo natural	Qualquer um	0 a 10	—	V ≤ 40 % ⁽⁶⁾⁽⁷⁾	NC=(40-V%)/100 * CTC _{pH7,0}	Superficial ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Não aplicar quando V ≥ 65% e saturação por Al na CTC <10%.

⁽²⁾ Quando a disponibilidade de P e de K forem menores do que o teor crítico, fazer a adubação de correção incorporando fertilizantes após a calagem.

⁽³⁾ Para reaplicação utilizar recomendação de plantio direto consolidado de gramínea ou leguminosa, conforme a cultura.

⁽⁴⁾ Quando essas espécies forem cultivadas integradas à produção de grãos (integração lavoura-pecuária), a recomendação de calcário segue a recomendação para as culturas de grãos (Tabela 5.3).

⁽⁵⁾ Quantidade aplicada em superfície limitada a 5 t/ha (PRNT 100%)

⁽⁶⁾ Não aplicar se Ca trocável ≥ 4,0 e Mg trocável ≥ 1,0 cmol_c/dm³

⁽⁷⁾ Não adicionar calcário quando do uso de fosfatos naturais.

5.2.4 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para produção de hortaliças, tubérculos e raízes.

A aplicação de calcário segue a lógica da existência de um valor de **pH de referência** para cada grupo de espécies de hortaliças, tubérculos e raízes. Nesse sentido, há quatro grupos de plantas: pH 6,5 (aspargo), pH 6,0 (maioria das olerícolas), pH 5,5 (palmeira-real, pupunheira, batata e batata doce) e calagem para repor Ca e Mg (mandioca).

No caso do aspargo, a camada de solo amostrada é de 0 a 20 cm, o critério de decisão para a aplicação de calcário é quando o pH do solo for menor que 6,0 e a dose para elevar o pH do solo até 6,5. O calcário deve ser incorporado na camada de 0 a 20 cm. Deve-se fazer nova análise do solo quando da reimplantação da cultura, sendo que a nova recomendação de calcário segue o mesmo critério e o calcário deve também ser incorporado na camada de 0 a 20 cm.

As demais culturas olerícolas, exceto aspargo, cultivadas no sistema convencional, deverão receber calcário toda vez que o pH do solo for menor do que 5,5 em dose para elevar o pH do solo a 6,0 definida pelo índice SMP, incorporado na camada de 0 a 20 cm. Para a produção de hortaliças no sistema plantio direto, no início do sistema o calcário deve ser incorporado na dose suficiente para elevar o pH do solo a 6,0. Nos anos subsequentes, caso constatada a necessidade de reaplicação de calcário (pH do solo da camada 0 a 10 cm menor do que 5,5), a recomendação é $\frac{1}{4}$ da dose indicada para elevar o pH 6,0 pelo índice SMP, sem incorporação (Tabela 5.5). Essa recomendação também parte da premissa que houve correção da acidez em profundidade no estabelecimento do sistema e a reacidificação do solo ocorre a partir da superfície. Portanto, a quantidade aplicada será suficiente para neutralizar a acidez da camada de 0 a 5 cm graças a migração de partículas finas de calcário ou de seus produtos de dissociação no perfil. Com o passar do tempo, os efeitos da aplicação superficial de calcário poderão atingir camadas mais profundas, dependendo das características do solo e de seu manejo, bem como da dose aplicada e das condições climáticas após a aplicação.

O cultivo de batata e batata doce deve ser feito em solo com pH até 5,5 pela depreciação que pode ocorrer na qualidade dos tubérculos de batata em pH mais elevado. Por isso, a aplicação de calcário é indicada quando o pH for menor que 5,5 e saturação por Al maior que 10%, sendo a dose de calcário

para corrigir até pH 5,5 na camada de 0 a 20 cm incorporado ao solo antes da implantação da batata. Quando a batata for cultivada em rotação com outras culturas cujo pH de referencia for 6,0 (grãos ou pastagens), manter o valor de referência do pH limitado a 5,5; caso contrário, poderão ocorrer problemas na qualidade dos tubérculos.

A cultura da mandioca não responde à correção da acidez do solo, mas é usual seu cultivo em solos onde pode ocorrer insuficiente disponibilidade de Ca e Mg trocáveis. Por este motivo, sempre que saturação por bases for menor do que 40% (exceto se Ca trocável $\geq 4,0$ e Mg trocável $\geq 1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), recomenda-se a aplicação de calcário dolomítico como fonte desses nutrientes, na quantidade estimada pela saturação por bases para atingir 40%, incorporando anteriormente ao plantio.

Tabela 5.5. Critérios para a indicação da necessidade e da quantidade de corretivo da acidez para cultivos de hortaliças, tubérculos e raízes.

Cultura	Sistema de manejo	Amostragem	pH de referência	Tomada de decisão	Quantidade de calcário	Modo de aplicação
Aspargo	Qualquer um	0 a 20	6,5	pH < 6,0	1 SMP para pH _{água} 6,5	Incorporado ⁽¹⁾
Demais culturas olerícolas	Cultivo convencional e implantação do plantio direto	0 a 20	6,0	pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado ⁽¹⁾
	Plantio direto consolidado	0 a 10		pH < 5,5	¼ SMP para pH _{água} 6,0	Superficial ⁽²⁾
Palm. real, pupunheira, batata e batata doce	Qualquer um	0 a 20	5,5	pH < 5,5 e AI% > 10	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado ⁽¹⁾
Mandioca	Qualquer um	0 a 20	—	V ≤ 40% ⁽³⁾	NC=(40-V%)/100 * CTC _{pH7,0}	Incorporado ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Quando a disponibilidade de P e de K forem menores do que o teor crítico, fazer a adubação de correção juntamente com a calagem.

⁽²⁾ Quantidade aplicada em superfície limitada a 5 t/ha (PRNT 100%)

⁽³⁾ Não aplicar se Ca trocável ≥ 4,0 e Mg trocável ≥ 1,0 cmol_c/dm³

5.2.5 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para frutíferas e espécies florestais.

A aplicação de calcário segue a lógica da existência do valor de **pH de referência** estabelecido para cada grupo de frutíferas e de espécies florestais. Essas espécies são agrupadas em quatro grupos de pH de referência: pH 6,5 (macieira e oliveira); pH 6,0 (maioria das espécies frutíferas), pH 5,5 (amora-preta, mirtilo e palmeira-juçara) e aquelas sem pH de referência, mas com indicação de calagem para a reposição de Ca e de Mg (espécies florestais).

Para macieira e oliveira, a calagem deve ser realizada quando o pH do solo for menor que 6,0. Contudo, a dose de calcário é baseada na quantidade obtida com o índice SMP do solo para atingir o valor de pH 6,5. O calcário deve ser incorporado, preferencialmente, até 30 cm de profundidade (aumentando em 50% (1,5 vezes) a dose recomendada para a camada de 0 a 20 cm) (Tabela 5.6). Para a amora-preta e o mirtilo, a calagem deve ser realizada quando o valor do pH do solo for menor que 5,5 e a saturação por Al for maior que 10%. A dose de calcário é baseada na quantidade desse corretivo obtida com o índice SMP para atingir pH 5,5. O calcário deve ser incorporado na camada de 0 a 20 cm. Para as demais espécies frutíferas com pH de referência 6,0, a calagem deve ser realizada quando o pH do solo for menor que 5,5. A dose de calcário corresponde a quantidade obtida no índice SMP para atingir pH 6,0. O calcário deve ser incorporado preferencialmente até 30 cm de profundidade (aumentando em 50% (1,5 vezes) a dose recomendada para a camada de 0 a 20 cm).

As espécies florestais são tolerantes ao Al trocável do solo e, consequentemente, têm menores respostas à correção da acidez do solo, que as culturas anuais. Em geral, as respostas a calagem são atribuídas, principalmente, ao adequado suprimento de Ca e de Mg às plantas. Assim, considera-se que estas espécies não respondem à correção da acidez do solo, mas poderá haver necessidade de aplicação de calcário quando a saturação por bases for menor do que 40% (exceto se $\text{Ca} \geq 4,0$ e $\text{Mg} \geq 1,0 \text{ cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$) (Tabela 5.6). Nesse caso, aplica-se calcário dolomítico, como fonte desses nutrientes, em quantidade estimada pela saturação por bases para atingir 40% e incorporando o calcário no momento do plantio.

Tabela 5.6. Critérios para a indicação da necessidade e da quantidade de corretivo da acidez para plantas frutíferas e espécies florestais.

Cultura	Área a corrigir	Amostragem do solo (cm)	pH de referência	Tomada de decisão	Quantidade de calcário	Modo de aplicação
Frutíferas						
Macieira e oliveira	Área total ou faixa de plantio ⁽¹⁾	0 a 20	6,5	pH < 6,0	1 SMP para pH _{água} 6,5	Incorporado ⁽⁴⁾⁽⁵⁾
Amoreira-preta, mirtilo, palm. juçara	Área total ou faixa de plantio ⁽¹⁾	0 a 20	5,5	pH < 5,5 AI% >10	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado ⁽⁴⁾
Demais frutíferas ⁽³⁾	Área total ou faixa de plantio ⁽¹⁾	0 a 20	6,0	pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado ⁽⁴⁾⁽⁵⁾
Especies florestais						
Especies florestais	Área total ou faixa de plantio ⁽¹⁾	0 a 20	—	V ≤ 40% ⁽²⁾	NC=(40-V%)/100 * CTC _{pH7,0}	Incorporado ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ A aplicação de calcário pode se restringir apenas a faixa de plantio, com o ajuste correspondente da dose em função da área de aplicação.

⁽²⁾ Não aplicar se Ca trocável ≥ 4,0 e Mg trocável ≥ 1,0 cmol/dm³.

⁽³⁾ A reaplicação de calcário nas frutíferas de ciclo longo pode ocorrer durante a fase de produção, quando o pH for < 5,5 com dose equivalente a ½ do que o índice SMP indicar para pH 5,5 aplicado em superfície em área total (limitada a 5 t/ha com PRNT 100%).

⁽⁴⁾ Quando a disponibilidade de P e de K forem menores do que o teor crítico, fazer a adubação de correção juntamente com a calagem.

⁽⁵⁾ Quando possível, incorporar o calcário até 30 cm de profundidade, ajustando a dose para 1,5 vezes a dose recomendada para a camada de 0 a 20 cm.

Mesmo para as culturas perenes com grande espaçamento entre linhas, o mais recomendado é a aplicação do corretivo da acidez na área total, até porque é possível cultivar espécies anuais ou semiperenes nas entrelinhas, especialmente, durante a formação do pomar ou da floresta. Opcionalmente, a aplicação de calcário pode se restringir apenas a faixa de plantio e sua incorporação até 20 cm de profundidade, com o ajuste correspondente da dose em função da área de aplicação pela equação abaixo:

$$DC \text{ (t/ha)} = NC \times (LFA/DLP) \times (100/PRNT)$$

Em que: DC = dose de calcário (t/ha); NC = necessidade de calcário para a cultura (t/ha); LFA = largura da faixa de aplicação do calcário (m); DLP = distância entre as linhas de plantio (m); PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário (%).

Há situações, como no cultivo do eucalipto, em que o corretivo pode ser aplicado em área total, mas incorporado apenas na faixa de cultivo e, neste caso, não é necessário utilizar a equação acima para calcular a dose de calcário.

Quando há colheita de madeira nas espécies florestais, estima-se que boa parte do Ca é exportada com a casca das árvores e, por isso, caso a espécie e o método de colheita permita, recomenda-se optar por deixar as cascas na gleba para aumentar a ciclagem deste nutriente.

Em qualquer época durante o ciclo das culturas florestais, se for realizada análise de solo e for verificado que os teores de Ca e/ou Mg estão baixos, pode ser realizada a calagem, aplicando o calcário superficialmente, seguindo os critérios da Tabela 5.6.

5.2.6 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para plantas medicinais, aromáticas e condimentares.

A aplicação de calcário segue a lógica da existência de um valor de **pH de referência** para cada grupo das plantas bioativas. Solos com pH que extrapolam esses níveis recomendados podem levar a redução da produtividade, afetar a qualidade e a quantidade dos princípios ativos, podendo até mesmo comprometer os cultivos, ocasionando a morte das plantas. Por outro lado, plantas como a citronela (*Cymbopogon winterianus*) e o chá (*Camellia sinensis*) apresentaram comportamento indiferente à elevação do pH, sendo a calagem usada para

suprimento de Ca e Mg. As indicações por cultura são apresentadas na Tabela 5.7.

Quando do uso de sistema de plantio direto desses cultivos, é importante na implantação do sistema, a incorporação do corretivo na camada de 0 a 20 cm. Com a consolidação do sistema, a aplicação do calcário deve ser realizada na superfície sem a incorporação quando o pH for menor do 5,5, utilizando-se de $\frac{1}{4}$ da dose indicada para elevar o pH do solo a 6,0, semelhantemente a todas as demais culturas conduzidas no sistema plantio direto. No caso do plantio em covas, comumente adotado em solos pedregosos e em áreas muito declivosas, o calcário deve ser aplicado em toda a área e incorporado na cova, por ocasião do seu preparo. No caso de solos degradados ou que nunca foram corrigidos, é importante fazer a incorporação em toda a área, sempre que possível.

5.2.7 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para espécies ornamentais

A aplicação de calcário para essas espécies segue a lógica do valor de **pH de referência** estabelecido. Para a roseira de corte, por exemplo, a calagem deve ser realizada quando o pH do solo for menor do que 5,5; e em dose suficiente para elevar o pH do solo a 6,0 (Tabela 5.7) e, se possível, incorporar o calcário até 30 cm de profundidade, aumentando em 50% (1,5 vezes) a dose recomendada para a camada de 0 a 20 cm. Isso também se aplica para o crisântemo de corte, embora a incorporação do calcário deve ser na camada de 0 a 20 cm. Para acelerar o processo de neutralização da acidez, pode-se usar calcário extrafino. Quando cultivado em vasos, o substrato deve ser corrigido seguindo as mesmas recomendações feitas para o cultivo em solo, ajustando a quantidade de calcário à massa do substrato do vaso. Em todas as situações, é preferível utilizar o calcário dolomítico, visando o fornecer Ca e Mg.

5.2.8 - Tomada de decisão, definição da dose e forma de aplicação do calcário para outras culturas comerciais

O valor de pH de referência das culturas da cana-de-açúcar e do tabaco é 6,0. Contudo, a calagem para estas culturas deve ser realizada quando o valor do pH do solo for menor do que 5,5. Já a dose de calcário deve ser a necessária para elevar o valor do pH do solo a 6,0 (Tabela 5.7), incorporando o calcário na camada de 0 a 20 cm.

Tabela 5.7. Critérios para a indicação da necessidade e da quantidade de corretivo da acidez para plantas medicinais, aromáticas e condimentares, ornamentais e outras culturas comerciais.

Cultura	Amostragem do solo (cm)	pH de referência	Tomada de decisão	Quantidade de calcário	Modo de aplicação
Medicinais, aromáticas e condimentares					
Piretro	0 a 20	6,5	pH < 6,0	1 SMP para pH _{água} 6,5	Incorporado
Camomila, capim-limão, estévia, hortelã, gengibre, palma-rosa, urucum, vetiver	0 a 20	6,0	pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado
Alfavaca, calêndula, cardamomo, carqueja, coentro, cúrcuma, erva-doce, funcho, guaco	0 a 20	5,5	pH < 5,5 e Al%>10	1 SMP para pH _{água} 5,5	Incorporado
Citronela, chá	0 a 20	—	V ≤ 40% ⁽¹⁾	NC=(40-V%)/100 * CTC _{pH7,0}	Incorporado
Ornamentais					
Roseira e crisântemo de corte	0 a 20 ⁽²⁾	6,0	pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado
Outras culturas comerciais					
Cana-de-açúcar e tabaco	0 a 20	6,0	pH < 5,5	1 SMP para pH _{água} 6,0	Incorporado

⁽¹⁾ Não aplicar se Ca trocável ≥ 4,0 e Mg trocável ≥ 1,0 cmol_c/dm³

⁽²⁾ Para a roseira de corte, quando possível, incorporar o calcário até 30 cm de profundidade, ajustando a dose para 1,5 vezes a dose recomendada para a camada de 0 a 20 cm.

5.3 - FREQUÊNCIA DE REAPLICAÇÃO DE CALCÁRIO

A reaplicação de calcário em solos cultivados com culturas de grãos, forrageiras, olerícolas, tubérculos, raízes, plantas ornamentais, aromáticas, condimentares e medicinais e outras culturas comerciais será necessária quando o resultado de nova análise do solo reamostrado indicar a necessidade, considerando os referenciais que constam nos itens 5.2.3 a 5.2.8 e nas tabelas 5.3 a 5.7. A frequência com que isso ocorre varia com a dose e o residual do calcário aplicado anteriormente, bem como com o tipo de solo, de planta cultivada e do sistema de manejo empregado.



Capítulo

6

DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO E RECOMENDAÇÃO DA ADUBAÇÃO

Atualizado por:

Luciano Colpo Gatiboni

Leandro Souza da Silva

Ibanor Anghinoni

O diagnóstico da fertilidade do solo é feito pelo enquadramento dos resultados das análises de solo e de tecido vegetal em amplitudes de valores (faixas de teores), conforme a probabilidade de resposta das culturas. Visa estabelecer referenciais para a recomendação da calagem e da adubação às culturas.

As faixas de disponibilidade de nutrientes são estabelecidas com base em resultados de pesquisa a campo, nos quais o rendimento relativo das culturas em diferentes solos, e por vários anos, é relacionado com os teores dos nutrientes no solo (ou nas plantas). Dessa forma, entende-se por calibração de um método de análise a relação entre o teor disponível no solo e o rendimento das culturas. Com base nessas curvas de calibração, foram definidos os teores críticos, acima dos quais a probabilidade de resposta das culturas à adição de corretivos e fertilizantes é pequena ou nula (Figura 6.1a). Assim, quanto menor o teor do nutriente do solo em relação ao teor crítico estabelecido, maior será a probabilidade de resposta das culturas à calagem ou a adubação (Figura 6.1b).

Para P e K foram estabelecidas cinco faixas de interpretação agronômica dos resultados de análises de solo, três delas entre os valores zero e o teor crítico, pela divisão em intervalos uniformes, denominadas “Muito baixo”, “Baixo” e “Médio”, e duas para os valores superiores ao valor de teor crítico, denominadas “Alto” e “Muito alto”. Por esse critério, o teor crítico é o limite

superior da faixa “Médio”, onde normalmente obtém-se rendimentos próximos à máxima eficiência econômica das culturas. Em geral, esse rendimento situa-se próximo a 90% do rendimento relativo máximo. As faixas “Muito baixo”, “Baixo” e “Médio” correspondem rendimentos relativos menores, que são, aproximadamente, 40%, de 40 a 75% e de 75 a 90% do rendimento máximo, respectivamente, indicando muito alta, alta e média probabilidade de resposta à adição do nutriente. A faixa “Alto” inicia após o teor crítico até duas vezes este valor. Denomina-se “Muito alto” a faixa com valores acima do limite superior da faixa “Alto”. Os teores na faixa “Muito alto” podem, eventualmente, ser excessivos e restringir o rendimento das culturas, dependendo do nutriente e dos valores atingidos.

O objetivo do sistema de recomendação de fertilizantes é atingir e permanecer na faixa “Alto”, considerada a faixa de disponibilidade mais adequada para as plantas. Para permanecer na faixa “Alto”, a quantidade de fertilizantes recomendada corresponderá à reposição dos nutrientes exportados pelos produtos (grãos, massa seca, carne, etc) mais uma quantidade estimada como equivalente às eventuais perdas do sistema.

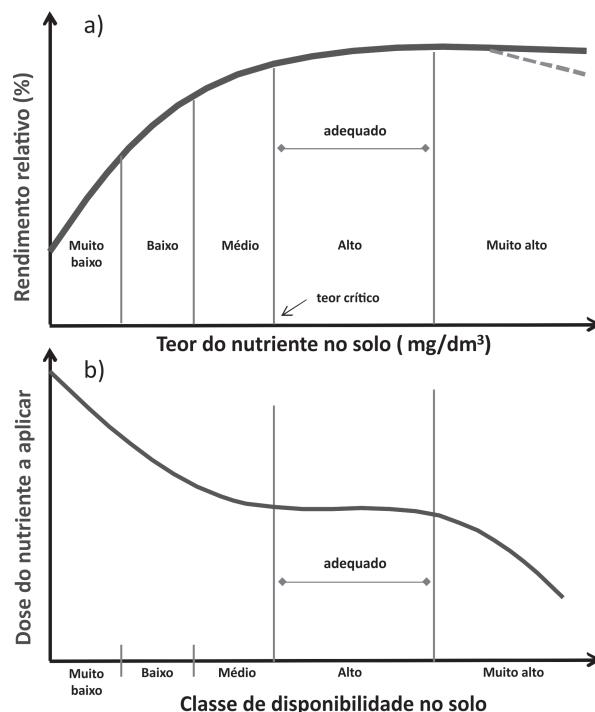


Figura 6.1. Representação esquemática do estabelecimento das classes de fertilidade do solo em função da relação entre o teor do nutriente no solo e o rendimento relativo das culturas (a) e a definição das doses do nutriente a aplicar em função da disponibilidade no solo (b).

O diagnóstico da fertilidade do solo corresponde a interpretação dos resultados da análise de solo (Capítulo 4), visando um enquadramento qualitativo nas faixas de disponibilidade para os valores determinados pelos métodos preconizados pelo sistema de recomendação de calagem e adubação.

A interpretação de resultados analíticos dos indicadores da acidez visando a calagem (pH, saturação por bases e por Al, e índice SMP) foi apresentada no Capítulo 5. Os demais resultados do laudo de análise serão apresentados na seguinte sequência: teores de argila e de matéria orgânica, CTC_{pH7,0}, teores de fósforo, de potássio, de cálcio, de magnésio e de enxofre, teores de micronutrientes no solo e teores de macro e de micronutrientes em tecido vegetal.

a) Interpretação dos teores de argila e de matéria orgânica e da capacidade de troca de cátions (CTC_{pH7,0}) do solo

A interpretação dos teores de argila e de matéria orgânica e dos valores de capacidade de troca de cátions (CTC_{pH7,0}) do solo é apresentada na Tabela 6.1. O agrupamento dos solos de acordo com o teor de argila em quatro classes é necessário para a interpretação dos teores de P extraído pela solução de Mehlich-1. O teor de matéria orgânica do solo é classificado em três classes, utilizadas como indicador da disponibilidade de nitrogênio do solo. Para as culturas forrageiras e tabaco, em função da resposta diferenciada ao nitrogênio, foram criadas faixas adicionais de interpretação dos teores de matéria orgânica, as quais podem ser observadas diretamente nos Capítulos 6.2 e 6.9. A CTC_{pH7,0} é importante para a caracterização do solo e seu enquadramento em quatro classes serve para a interpretação dos teores de K no solo e para auxiliar no manejo da adubação.

Tabela 6.1. Interpretação dos teores de argila, matéria orgânica e capacidade de troca de cátions (CTC_{pH7,0}) do solo

Argila		Matéria Orgânica		CTC _{pH7,0}	
Faixa (%)	Classe	Faixa (%)	Classe	Faixa (cmol _c /dm ³)	Classe
≤ 20	4	≤ 2,5	Baixo	≤ 7,5	Baixa
21 – 40	3	2,6 – 5,0	Médio	7,6 – 15,0	Média
41 – 60	2	> 5,0	Alto	15,1 – 30,0	Alta
> 60	1	-	-	> 30,0	Muito alta

b) Interpretação dos teores de fósforo (P)

O método Mehlich-1 é adotado para a extração de P e K disponíveis do solo nos Estados do RS e de SC (Capítulo 4). Tendo em vista que a capacidade de extração de P pela solução de Mehlich-1 é baixa em solos que contêm alto teor de argila em consequência dos maiores teores de óxidos de Fe e de Al, a interpretação dos teores de P é feita conforme o teor de argila para as culturas de sequeiro. Essa diferenciação é desnecessária para solos alagados destinados ao cultivo de arroz irrigado devido à predominância de reações de redução que aumentam o pH e a disponibilidade de P, diminuindo a importância da adsorção de P aos óxidos e aumentando a disponibilidade do nutriente à essa cultura.

Os teores críticos de P são específicos para os grupos de culturas (Tabela 6.2), baseados nos diferentes níveis de exigência de disponibilidade dos nutrientes por cada grupo (Tabelas 6.3 a 6.6). Tendo como base os valores de teor crítico de P para culturas de grãos, para as quais há mais resultados experimentais de calibração, separou-se os demais grupos em grupos com maior ou menor exigência em relação aos grãos em função da média da diferença entre as doses recomendadas nos níveis “Alto” e “Muito baixo” indicadas para as demais culturas. Assim, as culturas neste Manual foram divididas em quatro grupos de resposta, sendo: Grupo 1 - culturas muito exigentes em P, com teores críticos 1,7 vezes maiores que os estabelecidos para as culturas de grãos (Tabela 6.3); Grupo 2 - culturas com a mesma exigência em P que os grãos, com teores críticos iguais aos das culturas de grãos (Tabela 6.4); Grupo 3 - culturas pouco exigentes em P, com teores críticos 0,5 vezes os das culturas de grãos (Tabela 6.5); e, Grupo 4 – exclusivo para o arroz irrigado por alagamento (Tabela 6.6).

Há a possibilidade dos teores de P disponíveis serem determinados pelo método Mehlich-3 ao invés de pelo Mehlich-1, que é o método padrão. A determinação de fósforo por esse método alternativo é feita por alguns laboratórios da ROLAS, mediante solicitação do usuário. Esse método é indicado para o diagnóstico da disponibilidade de fósforo em solos que foram adubados com fosfatos naturais nos últimos dois anos. Para interpretação dos resultados, os teores extraídos pelo método são convertidos a teores “equivalentes” em Mehlich-1 e interpretados como tal a partir de então. A equação de conversão de teores de P por Mehlich-3 em equivalentes em Mehlich-1 é apresentada no Capítulo 4.

Tabela 6.2. Classificação das culturas segundo sua exigência em disponibilidade de P no solo, tendo como base a exigência das culturas de grãos.

Nível de exigência de disponibilidade em P no solo	Culturas ⁽¹⁾	Tabela de interpretação
Grupo 1 Culturas muito exigentes (Teor crítico 1,7 vezes o de grãos)	Alho, beterraba, cenoura, batata e roseira de corte	Tabela 6.3
Grupo 2 Culturas exigentes (Teor crítico igual grãos)	Culturas de grãos (exceto arroz irrigado); hortaliças (exceto culturas do Grupo 1); pastagens (exceto pastagem natural); frutíferas e gengibre	Tabela 6.4
Grupo 3 Culturas pouco exigentes (Teor crítico 0,5 vezes o de grãos)	Demais culturas (exceto culturas dos Grupos 1, 2 e 4) tais como florestais, medicinais, aromáticas, condimentares, raízes, cana-de-açúcar e tabaco	Tabela 6.5
Grupo 4	Arroz irrigado	Tabela 6.6

⁽¹⁾ A lista completa das culturas em cada grupo é apresentada no anexo 2.

Tabela 6.3. Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para culturas do Grupo 1 (alho, beterraba, cenoura, batata e roseira de corte).

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila ^(1,2)			
	1	2	3	4
.....mg de P/dm ³				
Muito baixo	≤5,0	≤7,0	≤10,0	≤17,0
Baixo	5,1 - 10,0	7,1 - 14,0	10,1 - 20,0	17,1 - 34,0
Médio	10,1 - 15,0	14,1 - 21,0	20,1 - 30,0	34,1 - 51,0
Alto	15,1 - 30,0	21,1 - 42,0	30,1 - 60,0	51,1 - 102,0
Muito alto	>30,0	>42,0	>60,0	>102,0

⁽¹⁾ Teores de argila: classe 1 = >60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = ≤ 20%.

⁽²⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação PM1= PM3/(2 - (0,02 x arg)) (Capítulo 4).

Tabela 6.4. Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para culturas do Grupo 2 (culturas de grãos, exceto arroz irrigado; hortaliças, exceto as do Grupo 1; pastagens, exceto pastagem natural; frutíferas e gengibre)

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila ^(1,2)			
	1	2	3	4
	.....mg de P/dm ³			
Muito baixo	≤3,0	≤4,0	≤6,0	≤10,0
Baixo	3,1 - 6,0	4,1 - 8,0	6,1 - 12,0	10,1 - 20,0
Médio	6,1 - 9,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	20,1 - 30,0
Alto	9,1 - 18,0	12,1 - 24,0	18,1 - 36,0	30,1 - 60,0
Muito alto	>18,0	>24,0	>36,0	>60,0

⁽¹⁾ Teores de argila: classe 1 = >60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = ≤ 20%.

⁽²⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação PM1= PM3/(2 - (0,02 x arg)) (Capítulo 4).

Tabela 6.5. Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila para culturas do Grupo 3 (demais culturas, exceto culturas dos Grupos 1, 2 e 4).

Classe de disponibilidade	Classe de teor de argila ^(1,2)			
	1	2	3	4
	.....mg de P/dm ³			
Muito baixo	≤1,5	≤2,0	≤3,0	≤5,0
Baixo	1,5 - 3,0	2,1 - 4,0	3,1 - 6,0	5,1 - 10,0
Médio	3,1 - 4,5	4,1 - 6,0	6,1 - 9,0	10,1 - 15,0
Alto	4,6 - 9,0	6,1 - 12,0	9,1 - 18,0	15,1 - 30,0
Muito alto	> 9,0	> 12,0	> 18,0	> 30,0

⁽¹⁾ Teores de argila: classe 1 = >60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = ≤ 20%.

⁽²⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação PM1= PM3/(2 - (0,02 x arg)) (Capítulo 4).

Tabela 6.6. Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, para o arroz irrigado por alagamento (Grupo 4).

Classe de disponibilidade	Teor de P ⁽¹⁾
	mg de P/dm ³
Muito baixo	≤2,0
Baixo	2,1 - 4,0
Médio	4,1 - 6,0
Alto	6,1 - 12,0
Muito alto	> 12,0

⁽¹⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação PM1= PM3/(2 - (0,02 x arg)) (Capítulo 4).

c) Interpretação dos teores de potássio (K)

Para o K, a lógica segue a mesma utilizada para o P, interpretando-se os teores disponíveis no solo conforme diferentes teores críticos estabelecidos para grupos de culturas com igual, maior ou menor exigências em K em relação às culturas de grãos (Tabela 6.7). Em função da resposta das culturas à adubação potássica (Scherer, 1998; Wiethölter, 1996; Anghinoni et al, 2013), as faixas de interpretação dos teores desse nutriente no solo variam conforme a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0. Assim, as culturas foram divididas em três grupos de resposta, sendo: Grupo 1 - culturas muito exigentes em K, com teores críticos 1,5 vezes maiores que os estabelecidos para as culturas de grãos (Tabela 6.8); Grupo 2 - culturas com a mesma exigência em K que os grãos, com teores críticos iguais aos estabelecidos para as culturas de grãos (Tabela 6.9); Grupo 3 - culturas pouco exigentes em K, com teores críticos 0,7 vezes os das culturas de grãos (Tabela 6.10).

Tabela 6.7. Classificação das culturas segundo sua exigência em potássio, tendo como base a exigência das culturas de grãos

Nível de exigência de disponibilidade em K no solo	Culturas ⁽¹⁾	Tabela de interpretação
Grupo 1 Culturas muito exigentes (Teor crítico 1,5 vezes o de grãos)	Alho, beterraba, cenoura, mandioquinha-salsa, tomateiro, batata, batatadoce e roseira de corte	Tabela 6.8
Grupo 2 Culturas exigentes (Teor crítico igual grãos)	Culturas de grãos; pastagens (exceto pastagem natural); frutíferas; mandioca e hortaliças (exceto culturas do Grupo 1)	Tabela 6.9
Grupo 3 Culturas pouco exigentes (Teor crítico 0,7 vezes o de grãos)	Demais culturas não inclusas nos Grupos 1 e 2	Tabela 6.10

⁽¹⁾ A lista completa das culturas em cada grupo é apresentada no anexo 2.

Tabela 6.8. Interpretação do teor de potássio no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme a CTC_{pH7,0} do solo para culturas do Grupo 1 (alho, beterraba, cenoura, mandioquinha-salsa, tomateiro, batata, batata-doce e roseira de corte).

Classe de disponibilidade	CTC _{pH7,0} do solo ⁽¹⁾			
	≤7,5	7,6 a 15,0	15,1 a 30,0	>30,0
.....mg de K/dm ³				
Muito baixo	≤30	≤45	≤60	≤70
Baixo	31 – 60	46 – 90	61 – 120	71 – 140
Médio	61 – 90	91 – 135	121 – 180	141 – 210
Alto	91 – 180	136 – 270	181 – 360	211 – 420
Muito alto	>180	>270	>360	>420

⁽¹⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação KM1= KM3 x 0,83 (Capítulo 4).

Tabela 6.9. Interpretação do teor de potássio no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme a CTC do solo para culturas do Grupo 2 (culturas de grãos; pastagens, exceto pastagem natural; frutíferas; e hortaliças, exceto as do Grupo 1).

Classe de disponibilidade	CTC _{pH7,0} do solo ⁽¹⁾			
	≤7,5	7,6 a 15,0	15,1 a 30,0	>30,0
.....mg de K/dm ³				
Muito baixo	≤20	≤30	≤40	≤45
Baixo	21 – 40	31 – 60	41 – 80	46 – 90
Médio	41 – 60	61 – 90	81 – 120	91 – 135
Alto	61 – 120	91 – 180	121 – 240	136 – 270
Muito alto	>120	>180	>240	>270

⁽¹⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação KM1= KM3 x 0,83 (Capítulo 4).

Tabela 6.10. Interpretação do teor de potássio no solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme a CTC do solo para culturas do Grupo 3 (demais culturas, exceto as dos Grupos 1 e 2).

Classe de disponibilidade	CTC _{pH7,0} do solo ⁽¹⁾			
	≤7,5	7,6 a 15,0	15,1 a 30,0	>30,0
.....mg de K/dm ³				
Muito baixo	≤15	≤20	≤30	≤35
Baixo	16 – 30	21 – 40	31 – 60	36 – 70
Médio	31 – 45	41 – 60	61 – 90	71 – 105
Alto	46 – 90	61 – 120	91 – 180	106 – 210
Muito alto	>90	>120	>180	>210

⁽¹⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em “equivalentes Mehlich-1”, conforme equação KM1= KM3 x 0,83 (Capítulo 4).

d) Interpretação dos teores de cálcio (Ca), de magnésio (Mg) e de enxofre (S)

Os teores de Ca e de Mg trocáveis e de S extraível são enquadrados em três faixas: “Baixo”, “Médio” e “Alto” (Tabela 6.11). Consideram-se satisfatórios os teores desses nutrientes situados na classe “Alto”, embora para algumas culturas teores “Médio” de Ca e Mg já sejam suficientes para o bom desempenho agronômico das mesmas. Indiretamente, a interpretação desses nutrientes é feita em função da saturação por bases no Capítulo 5 que trata da acidez e calagem.

Algumas culturas apresentam maior exigência em S que outras, como o caso do arroz irrigado, leguminosas, brássicas e liliáceas. Para estas, o teor crítico de S é o dobro do estabelecido para as demais culturas (Tabela 6.11).

Tabela 6.11. Interpretação dos teores de cálcio e de magnésio trocáveis e de enxofre extraível do solo

Classe de disponibilidade	Calcio.....cmol _c /dm ³	Magnésio	Enxofre
Baixo	< 2,0	< 0,5	< 2,0
Médio	2,0 – 4,0	0,5 – 1,0	2,0 – 5,0
Alto	> 4,0	> 1,0	> 5,0 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Para arroz irrigado por alagamento, leguminosas, brássicas e liliáceas, o teor deve ser maior que 10 mg/dm³. Considerar que a camada de 10 a 20 cm de profundidade pode apresentar teor maior de enxofre que a camada de 0 a 10 cm.

e) Interpretação dos teores de micronutrientes

A interpretação dos teores dos micronutrientes Cu, Zn, B e Mn no solo é apresentada na Tabela 6.12. São utilizadas três classes de disponibilidade: “Baixo”, “Médio” e “Alto”. Não há interpretação da disponibilidade de Fe, o qual é tratado apenas na recomendação para o arroz irrigado devido a possibilidade de ocorrência de toxidez por ferro (“bronzeamento”) em algumas cultivares em função da maior disponibilidade do nutriente provocada pelo alagamento do solo (SOSBAI, 2014). Para os demais nutrientes essenciais (Ni, Cl e Mo) não há classificação de disponibilidade no solo, como também não é oferecido serviço de análise de solo para esses nutrientes nos laboratórios de rotina da ROLAS-RS/SC.

Raramente são observadas deficiências de Cu, Zn, B, e Mn em culturas cultivadas nos solos dos Estados do RS e de SC quando os valores no solo

estão na classe “Alto”. Contudo, algumas espécies apresentam maior probabilidade de resposta aos mesmos, havendo recomendações específicas junto às indicações de adubação das culturas (Capítulos 6.1 a 6.9).

Também há maior probabilidade de resposta a adição dos micronutrientes em situações que podem ocasionar deficiências, como em solos arenosos com teor baixo de matéria orgânica e/ou com pH muito baixo (Mo e B) ou elevado (Zn, Cu, Fe e Mn).

Tabela 6.12. Interpretação dos teores de micronutrientes⁽¹⁾ no solo

Classe de	Cobre	Zinco	Boro ⁽²⁾	Manganês
.....mg/dm ³				
Baixo	< 0,2	< 0,2	≤ 0,1	< 2,5
Médio	0,2 – 0,4	0,2 – 0,5	0,2 – 0,3	2,5 – 5,0
Alto	> 0,4	> 0,5	> 0,3	> 5,0

⁽¹⁾ Para o Fe consulte a recomendação para o arroz irrigado. ⁽²⁾ Para a cultura da videira o teor adequado de B no solo varia de 0,6 a 1,0 mg/dm³.

f) Interpretação dos resultados de análises foliares

A diagnose foliar nos Estados do RS e de SC é feita pela determinação dos teores totais dos nutrientes nas folhas das plantas. São estabelecidas faixas de teor de interpretação obtidas pelas relações entre os teores foliares dos nutrientes e o rendimento das culturas. A literatura tem mostrado que as faixas de suficiência dos nutrientes apresentam variações com diferenças regionais, devidas aos cultivares utilizados e aos fatores ambientais e de manejo. Assim, a interpretação dos resultados da análise foliar, neste Manual, é baseada na literatura, acrescida das informações regionais disponíveis.

Os resultados da análise foliar podem ser utilizados nas recomendações de nutrientes em culturas perenes, especialmente em frutíferas. Em outros casos, podem ser utilizados para o acompanhamento dos resultados da adubação e da calagem. Ressalta-se, no entanto, que os valores apresentados foram, em parte, obtidos de literatura, e que variáveis locais, como tipo e manejo de solo, época de coleta de amostras, clima e diferentes cultivares ou porta-enxertos, podem alterar as faixas apresentadas, devendo, portanto, ser utilizados como orientação geral.

RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO NESTE MANUAL

Após a classificação dos teores de nutrientes dentro das classes de disponibilidade, procede-se a indicação das quantidades de nutrientes recomendadas. O sistema de recomendação de adubação tem por objetivo fornecer a quantidade economicamente indicada para a produção de grãos, forragens, frutas, flores, etc, de forma que essas culturas possam expressar seu potencial de rendimento, sempre que os demais fatores que afetam o desempenho das plantas não sejam limitantes. As alternativas oferecidas para atingir essa meta adaptam-se às diferentes condições de manejo e de economia das diferentes culturas. Assim, os tipos (ou as filosofias) de adubação e os procedimentos específicos para o estabelecimento das doses de N, P e K dependem de cada grupo de culturas e as indicações de doses são individualizadas por culturas e apresentadas nos Capítulos 6.1 a 6.9.

Geralmente, as indicações de adubação são para N, P e K. O teores de Ca e Mg são monitorados pela calagem (Capítulo 5). O S é recomendado de modo preventivo para algumas culturas mais exigentes. Sobre os micronutrientes, as informações de pesquisas realizadas nos últimos anos (especialmente com Zn, Cu, B, Mn e Mo) indicam que a maioria dos solos apresenta disponibilidade adequada desses micronutrientes, não tendo havido incremento no rendimento com a sua aplicação. Contudo, por vezes, as plantas melhoraram o aspecto visual quando de sua aplicação, no entanto, isso não se traduz em aumento de rendimento das culturas. Em adição, deve ser considerado que a maioria dos fertilizantes fosfatados e o calcário apresentam alguns desses nutrientes em sua composição. Já os adubos orgânicos podem conter concentrações significativas desses elementos e seu emprego eventual pode garantir a adição de quantidades satisfatórias de micronutrientes às culturas.

Por todos esses aspectos, a aplicação de micronutrientes só deve ser feita se a análise de solo ou do tecido foliar indicar evidente deficiência. No entanto, quando algumas culturas apresentam exigências específicas de algum micronutriente, os detalhes sobre a indicação de aplicação constam nas recomendações de cada cultura.

6.1 GRÃOS

Atualizado por:

Fabiano Daniel de Bona
Pedro A. V. Escosteguy
Rogério O. de Sousa
Leandro Souza da Silva
Luciano Colpo Gatiboni

As culturas de grãos são uma das mais importantes fontes de renda em propriedades agrícolas dos Estados do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC), predominando em condições variadas de clima, solo e nível de tecnologia. Entre as culturas de grãos, a soja é a mais cultivada no verão e, geralmente, é sucedida pela cultura de aveia, para a cobertura do solo, e pela cultura de trigo durante o inverno. O cultivo da soja também é comum em propriedades especializadas em produção de forragem e criação de animais, nas quais que se verifica, com menor frequência, a alternância deste cultivo com o de milho. Embora a alternância de culturas seja importante para o manejo adequado do solo, reduzindo a incidência de doenças e de pragas, ela tem sido menos frequente em propriedades produtoras de grãos, cujo cultivo de verão, nesta última década, é predominantemente o da cultura da soja.

Nas propriedades produtoras de grãos do RS e de SC, o plantio direto é o sistema de cultivo mais utilizado, amenizando a erosão, em relação ao sistema com preparo convencional do solo predominante até meados da

década de 1990. Contudo, em geral, a qualidade do solo com cultivos de grãos e plantio direto tem evoluído mais em melhorias químicas do que físicas, principalmente, devido a pouca utilização de outras práticas conservacionistas (terraceamento, cultivo em contorno, rotação de culturas, cobertura do solo, etc). A adoção destas práticas é importante para manter ou aumentar os teores de matéria orgânica e a atividade biológica e, consequentemente, melhorar as condições físicas do solo. Para tal, é necessária produção de biomassa vegetal em quantidades suficientes para equilibrar os teores de carbono do solo. Nesse sentido, pesquisas do RS e de SC indicam que a quantidade de palha produzida, em geral, deve ser maior que 8,0 t/ha/ano de matéria seca, nas condições climáticas típicas das maiores regiões produtoras de grãos do Sul do Brasil. Além da adubação racional, isso depende da adoção de práticas de conservação do solo, como a rotação de culturas e outras que possam compensar a menor quantidade de biomassa da parte aérea e de raízes, típicas de muitas cultivares modernas. Assim, para obter as respostas esperadas em produção de grãos com a utilização das sugestões de adubação sugeridas neste Capítulo, é importante que sejam também adotadas outras práticas que conservem as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, ou seja, a sua fertilidade.

a) O sistema de recomendação para as culturas de grãos

As culturas deste grupo podem responder de forma semelhante à calagem, embora a tolerância à acidez possa variar entre algumas espécies e cultivares. A interpretação dos atributos de acidez e a recomendação da calagem constam no Capítulo 5 deste Manual.

A adubação nitrogenada considera a contribuição da matéria orgânica do solo em suprir N, a expectativa de rendimento das culturas, as perdas do N aplicado (imobilização, volatilização e lixiviação) e, para algumas espécies, a contribuição positiva (mineralização de N) ou negativa (imobilização de N) da cultura precedente. As indicações da adubação nitrogenada constam nos itens correspondentes a cada cultura. A quantidade de N indicada nas tabelas deverá ser acrescida da quantidade sugerida por tonelada adicional de grãos a serem produzidos, sempre que a expectativa de rendimento for maior do que a estabelecida para a cultura, que constam no rodapé das tabelas.

Exceto para o arroz irrigado, que será tratado em separado, para a recomendação de P e de K são utilizados os resultados da análise de

solo, interpretados de acordo com o Capítulo 6 e três conceitos de adubação: a adubação corretiva (C), de manutenção (M) e de reposição (R) (Figura 6.1.1).

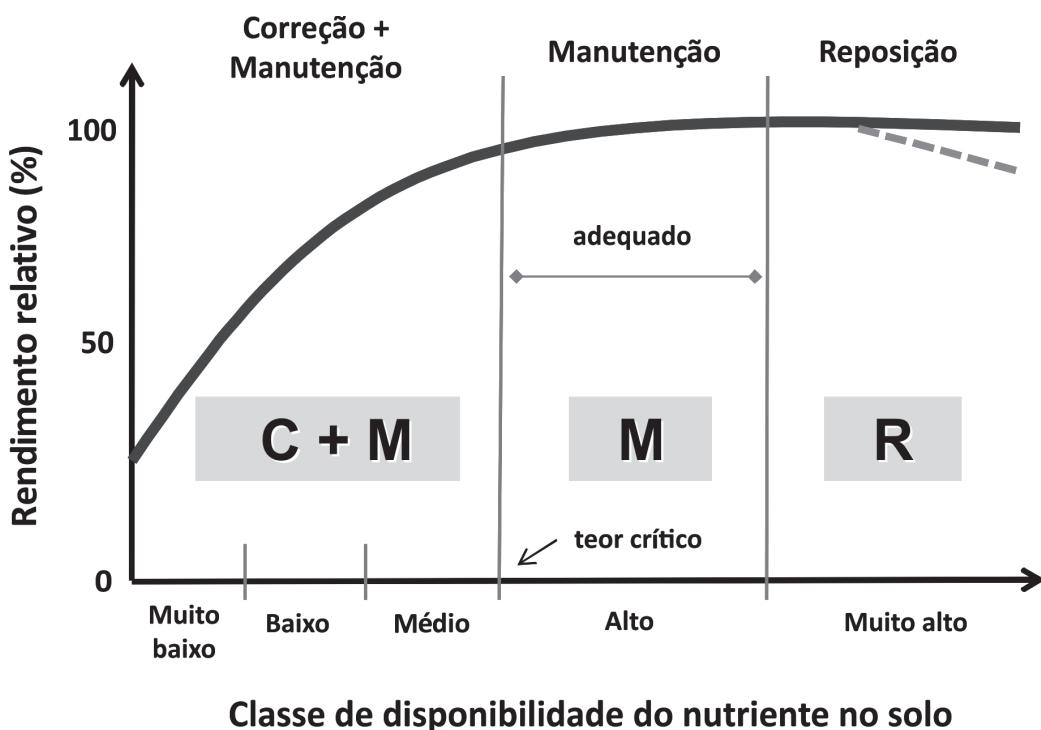


Figura 6.1. 1. Relação entre o rendimento relativo das culturas em função do teor de P ou K no solo e as indicações de adubação para cada faixa de teor no solo (extraído de CQFS-RS/SC (2004) a partir de Gianello & Wiethölter (2004))

A **adubação de correção** é usada somente quando os teores de P e de K do solo são menores que o teor crítico (níveis “Muito baixo”, “Baixo” e “Médio”). Nestes solos, a quantidade aplicada destes nutrientes é a necessária para elevar os teores de P e de K até o teor crítico da cultura. Os valores correspondentes aos teores críticos foram estabelecidos para um rendimento de, aproximadamente, 90% da produção máxima da cultura. Em geral, percentuais entre 85 a 95% do rendimento máximo possibilitam o máximo retorno econômico da adubação, que varia, contudo, com os preços de comercialização dos fertilizantes e dos grãos colhidos.

A adubação corretiva pode ser efetuada de forma total ou gradual. A primeira opção é indicada quando há disponibilidade de recursos financeiros

ou a relação de troca entre o custo do fertilizante e o preço do grão seja favorável ao investimento em adubação. Também pode ser indicada para a implantação do sistema plantio direto, quando já será realizada a mobilização do solo para incorporação do calcário, visando uma distribuição mais homogênea dos nutrientes. Do contrário, a segunda opção é indicada. A adubação corretiva gradual é indicada quando a disponibilidade de P e de K do solo é “Muito baixo” e “Baixo”. Nesse tipo de adubação, a quantidade total de P ou de K é aplicada de forma fracionada no decurso de dois cultivos sucessivos. Em solos arenosos ($< 20\%$ de argila) ou com CTC $< 7,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ a adubação corretiva total de K ou de P deve ser evitada, devido ao maior risco de perda destes nutrientes por lixiviação ou problemas de salinidade.

Adubação de correção total de fósforo e de potássio

As quantidades de P e de K sugeridas para a correção total destes nutrientes constam na Tabela 6.1.1. As doses dessa tabela foram estabelecidas de acordo com a capacidade tampão dos solos em P e K, isto é, de acordo com a quantidade de P_2O_5 ou de K_2O necessária para aumentar 1 mg de P ou de K/dm^3 de solo, de tal forma que se possa elevar a concentração destes nutrientes até o teor crítico.

Para a adubação corretiva, no sistema convencional de cultivo ou em áreas em que se pretende iniciar o sistema plantio direto, os fertilizantes são aplicados a lanço e incorporados na camada de 0-20 cm do solo. Em áreas em que este sistema foi estabelecido sem a correção dos teores de P e de K do solo, os fertilizantes podem ser aplicados na linha de semeadura, juntamente com as quantidades de P e de K indicadas para a adubação de manutenção.

Quando o teor destes nutrientes no solo for “Muito baixo” e a adubação for indicada para uma expectativa de rendimento elevado, a dose total (correção mais manutenção) será alta. Nessa situação, pode não ser conveniente aplicar toda a dose na linha de semeadura, em uma única vez. Devido ao efeito salino dos fertilizantes potássicos, principalmente do cloreto de potássio, a dose máxima a aplicar na linha de semeadura deve ser igual ou menor que 80 kg $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$, sendo que o restante do fertilizante pode ser aplicado a lanço antes da semeadura ou em cobertura durante a fase vegetativa das plantas, preferencialmente associada com a adubação nitrogenada em cobertura, quando for o caso.

Tabela 6.1.1 Quantidades de fósforo e de potássio necessárias para a correção total, de acordo com a interpretação destes nutrientes⁽¹⁾

Interpretação do teor de P ou de K do solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito baixo	160	120
Baixo	80	60
Médio	40	30

⁽¹⁾ Devem ser adicionadas também as quantidades de P e de K indicadas para a manutenção na Tabela 6.1.2.

Adubação de correção gradual de fósforo e de potássio

A adubação corretiva gradual consiste na aplicação, em dois cultivos, das quantidades de P e de K indicadas para a correção total (Tabela 6.1.1) e este princípio será utilizado para a montagem das tabelas das culturas de grãos, como será abordado mais adiante. As doses de correção gradual correspondem à proporção de 2/3, no 1º cultivo; e 1/3, no segundo cultivo após a análise de solo; da quantidade indicada para a correção total. A correção gradual pode ser efetuada em solos com níveis de P e de K “Muito baixo” e “Baixo”, mas não é utilizada em solos com nível “Médio”. Nesse último nível, a dose da adubação corretiva é aplicada integralmente no primeiro cultivo, pois a quantidade de fertilizante é pequena em relação à indicada para os níveis “Muito baixo” e “Baixo” (Tabela 6.1.1), e a divisão desta quantidade não é operacionalmente interessante. Além das doses de correção indicadas na Tabela 6.1.1, devem ser adicionadas as quantidades da adubação de manutenção, que constam na Tabela 6.1.2.

Em solos cultivados em sistema plantio direto com níveis “Muito baixo”, “Baixo” e “Médio” de P e de K na camada de 0 - 10 cm, a adubação corretiva deve ser realizada, preferencialmente, em culturas de menor espaçamento entre linhas (cereais de inverno, por exemplo, exceto a canola), aplicando os fertilizantes na linha.

Adubação de manutenção

A adubação de manutenção consiste em adicionar as quantidades de P e de K exportadas nos grãos mais as quantidades estimadas das perdas destes nutrientes no solo. Estas são maiores no sistema convencional (entre 20 e 50%) e menores no sistema plantio direto (entre 20 e 30%), variando com o tipo de solo, grau de erosão hídrica, local e método de aplicação dos

nutrientes, entre outros fatores. A adubação de manutenção varia com a cultura e a produtividade esperada e é necessária para manter os teores de P e de K do solo no nível desejado. Esse tipo de adubação aplica-se a todos os níveis de P e de K do solo, exceto o “Muito alto”, pois, nesse caso, a adubação pode variar de zero até a manutenção, ou ainda a reposição pode ser utilizada, como será abordado mais adiante.

As quantidades de manutenção para P e K indicadas na tabela 6.1.2 foram estimadas de acordo com a exportação destes nutrientes nos grãos, a partir de um determinado rendimento (denominado de rendimento de referência), e as perdas do nutriente no solo. A quantidade de P_2O_5 e de K_2O indicadas na tabela para o rendimento de referência deverá ser acrescida da quantidade sugerida por tonelada adicional de grãos (manutenção adicional) a serem produzidos, sempre que a expectativa de rendimento for maior do que o rendimento de referência.

Tabela 6.1.2. Rendimento referência e quantidades de fósforo (P_2O_5) e de potássio (K_2O) sugeridas para a adubação de manutenção ou de manutenção adicional de algumas culturas de grãos

Cultura	Rendimento referência	Adubação de manutenção ⁽¹⁾		Adubação de manutenção adicional (kg/t adicional de grãos)	
		t/ha	kg de P_2O_5 /ha	kg de K_2O /ha	kg de P_2O_5 /ha
Amendoim	3	45	60	15	20
Arroz de sequeiro	2	20	20	10	10
Aveia branca	3	45	30	15	10
Aveia preta	3	45	30	15	10
Canola	1,5	30	25	20	15
Centeio	2	30	20	15	10
Cevada	3	45	30	15	10
Ervilha seca e Ervilha forrageira	2	30	40	15	20
Ervilhaca	2	40	50	20	25
Feijão	2	30	40	15	20
Girassol	2	30	30	15	15
Linho	2	30	30	15	15
Milho	6	90	60	15	10
Milho pipoca	5	75	50	15	10
Nabo forrageiro	3	45	60	15	20
Painço	2	30	20	15	10
Soja	3	45	75	15	25
Sorgo	4	60	40	15	10
Tremoço	2	30	50	15	25
Trigo	3	45	30	15	10
Triticale	3	45	30	15	10

⁽¹⁾ As quantidades sugeridas para a adubação de manutenção podem ser diferentes do resultado da multiplicação do rendimento referência pelos valores da adubação de manutenção adicional, pois os valores deste tipo de adubação foram ajustados para se enquadrarem em meia ou na dezena inteira.

Adubação de reposição

A Adubação de reposição consiste em adicionar as quantidades de nutriente exportadas nos grãos e pode ser usada apenas quando o teor do nutriente do solo for “Muito alto”. Na Tabela 6.1.3 constam as quantidades de N, P₂O₅ e K₂O em uma tonelada de grãos das culturas de grãos mencionadas neste Manual.

Tabela 6.1.3 Teor médio de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) em grãos de algumas culturas

Culturas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
kg/t.....			
Amendoim	50	11	14
Arroz	14	5	3
Aveia branca	20	7	5
Aveia preta	20	7	5
Canola	20	15	12
Centeio	20	9	5
Cevada	20	10	6
Ervilha seca e ervilha forrageira	36	9	12
Ervilhaca	35	15	19
Feijão	50	10	15
Girassol	25	14	6
Linho	30	14	9
Milho	16	8	6
Milho pipoca	17	8	6
Nabo forrageiro	20	11	18
Painço	21	8	4
Soja	60	14	20
Sorgo	15	8	4
Tremoço	30	12	15
Trigo	22	10	6
Triticale	22	8	6

Um componente importante do sistema de adubação utilizado neste manual é a expectativa de rendimento da cultura, pois afeta a quantidade de N, P₂O₅ e K₂O das adubações. Para que estas adubações não sejam subestimadas ou superestimadas, o usuário deste sistema deve cuidar para que o rendimento de grãos esperado seja realista. Como regra geral, sugere-se a estimativa da expectativa de rendimento com base na média de cada gleba, obtidas em safras anteriores e com certa similaridade climática, em relação ao ano em que a adubação será

aplicada. Se os resultados de rendimento de grãos forem muito diferentes do valor inicialmente estimado, compensações poderão ser feitas na safra seguinte. Com isso aumenta-se a eficiência econômica da adubação.

b) Tabelas de recomendação de adubação por cultura

Nas tabelas de adubação, separadas por cultura, que compõem o presente Capítulo e apresentadas a seguir, constam as doses de N, P₂O₅ e K₂O sugeridas para os diferentes níveis de disponibilidade destes nutrientes no solo, em que foram previstas as doses de adubação de correção gradual, quando necessária. As doses indicadas nas tabelas são para suprir as necessidades do rendimento referência para cada cultura (Tabela 6.1.2). Como mencionado anteriormente, para expectativas de rendimentos maiores devem ser acrescentadas, por tonelada adicional de grãos a ser produzida, as quantidades de N, P₂O₅ e de K₂O especificadas nas notas de rodapé das tabelas das respectivas culturas. Um resumo de como foram previstas as adubações corretivas, de manutenção e de reposição de P e de K nas tabelas das culturas consta na Tabela 6.1.4.

Tabela 6.1.4. Nível de P ou de K do solo e adubações corretiva gradual, de manutenção e de reposição, previstas nas tabelas das culturas de grãos, no primeiro e segundo cultivo após a análise de solo

Nível de P ou K	Primeiro cultivo	Segundo cultivo
Muito baixo e Baixo	2/3 da correção + manutenção ⁽¹⁾	1/3 da correção + manutenção ⁽¹⁾
Médio	Correção + manutenção ⁽¹⁾	Manutenção ⁽¹⁾
Alto	Manutenção ⁽¹⁾	Manutenção ⁽¹⁾
Muito alto	Não aplicar P ou K ^{(2), (4)}	Menor ou igual a Manutenção ^{(3), (4)}

⁽¹⁾A dose de manutenção prevista nas tabelas foi a do rendimento referência das culturas (Tabela 6.1.2), devendo ser ajustada de acordo com a expectativa de rendimento de grãos (manutenção adicional). ⁽²⁾Poderá haver aplicação de doses baixas em semeadura, em situações específicas. ⁽³⁾A dose pode variar desde não aplicar P ou K, sugerida quando os teores destes nutrientes no solo corresponderem a mais do que o dobro do valor do nível "Muito alto", até a dose de manutenção para a cultura e sua expectativa de rendimento. ⁽⁴⁾A dose de reposição também poderá ser ajustada para ambos os cultivos na faixa de interpretação do nível "Muito alto", a critério do técnico responsável pela recomendação.

Em solos com níveis "Muito baixo" e "Baixo" de P e/ou de K, as doses que constam nas tabelas das culturas são para a adubação de correção gradual e foram acrescidas das doses de manutenção (Tabela 6.1.4). Assim, em nível "Muito baixo" e "Baixo" do nutriente no solo, a quantidade prevista de P ou de K corresponde a 2/3 da dose de correção total (160 ou 80 kg de P₂O₅/ha e 120 ou 60 kg de K₂O/ha nesses níveis, respectivamente), acrescida da quantidade de manutenção, para o rendimento referência da cultura, no primeiro

cultivo após a análise do solo. No segundo cultivo, a quantidade prevista de P ou de K corresponde a 1/3 da dose de correção total sugerida em níveis “Muito baixo” e “Baixo”, acrescida da quantidade de manutenção, que varia com a cultura cultivada.

Em nível “Médio”, a quantidade prevista no primeiro cultivo após a análise do solo corresponde à dose de correção integral (40 kg de P_2O_5 ou 30 kg de K_2O/ha), acrescida da quantidade de manutenção para o rendimento de referência da cultura. No segundo cultivo, a quantidade prevista para o nível “Médio” corresponde a somente a dose de manutenção.

Assim, nos níveis “Muito baixo”, “Baixo” e “Médio” de P e de K, a diferença entre a quantidade indicada para a adubação em cada cultivo e a manutenção corresponde à dose de correção, ou seja, é a quantidade necessária para elevar o teor do nutriente do solo ao teor crítico. Caso for utilizada a adubação de correção total no primeiro cultivo após a análise de solo, a dose a aplicar deve ser a soma das quantidades de P_2O_5 e de K_2O sugeridas para os dois cultivos, menos a dose de manutenção do segundo cultivo. Com base nesses critérios, tem-se uma adubação que permite aumentar e manter os teores do solo, obtendo-se, assim, produções elevadas e retorno econômico.

Em nível “Alto”, somente a dose da adubação de manutenção é necessária, tanto no primeiro como no segundo cultivo.

Quando o nível dos nutrientes for “Muito alto” e for a adubação do primeiro cultivo após a análise de solo, as quantidades de P e de K previstas nas tabelas das culturas foram suprimidas. A não aplicação destes nutrientes no nível “Muito alto” significa que é remota a possibilidade de aumento de rendimento de grão, em resposta a adubação nessas condições. Além disso, esta decisão deve ser baseada em outras informações, como a produtividade da área e, principalmente, o histórico da análise de solo, e que elas também indiquem que os teores destes nutrientes possam ser “Muito altos”. Essa prática evita gastos desnecessários com fertilizantes e que excessos de P do solo causem eventuais danos ambientais. Em aplicando quantidades menores que as indicadas na adubação de reposição para o nível “Muito alto” de P e/ou de K, a disponibilidade do nutriente no solo será reduzida, gradativamente, ao longo do tempo. No entanto, algumas culturas, como o trigo e o milho, por exemplo, podem responder a pequena quantidade de P_2O_5 e de K_2O (20 a 30 kg/ha), aplicada na linha de semeadura, mesmo em níveis “Muito alto” de P e

de K no solo. Essa resposta depende também quanto distante o nível do nutriente está do limite inferior da classe “Muito alto”.

Outra opção para o nível “Muito alto”, e que não consta nas tabelas das culturas, é aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O sugeridas para a adubação de reposição (exportação pelos grãos), que constam na Tabela 6.1.3. Essa última estratégia pode ser utilizada para ambos os cultivos ou apenas no segundo cultivo após a análise de solo e também poderá ser adotada, a critério do técnico responsável pela recomendação, em substituição aos valores das tabelas das culturas. Assim, quando o nível de P e de K for “Muito alto”, as quantidades aplicadas destes nutrientes no primeiro cultivo podem variar de zero (como está na tabela), uma pequena quantidade na semeadura (entre 20 e 30 kg/ha), até a quantidade efetivamente exportada pelos grãos (adubação de reposição), de acordo com a interpretação do técnico responsável pela recomendação.

Para o segundo cultivo, em função da não indicação de adubação no primeiro, previu-se nas tabelas das culturas a aplicação de quantidade menor ou igual ao valor de manutenção para o rendimento referência da cultura. Isso porque, considerando a não aplicação do nutriente no primeiro cultivo, pode ser necessário evitar uma redução maior da disponibilidade no solo e a adubação de manutenção seria indicada. Por outro lado, em solos em que os teores de P e de K corresponderem ao dobro do valor do nível “Muito alto”, a adubação com estes nutrientes também poderia ser suprimida nos cultivos seguintes. Em geral, considera-se que solos argilosos e com valores de CTC “média a alta” e com teores “Muito alto” de P e de K possibilitam rendimentos de grãos elevados durante alguns cultivos sem adubação, desde que os outros fatores que afetam a produção vegetal sejam adequados (semente, clima, proteção de plantas, manejo da lavoura e da fertilidade do solo). Além do tipo de cultura, esse efeito está associado a alguns fatores de solo e de clima e se deve ao melhor estabelecimento e crescimento inicial das plantas. Assim, a decisão de adubar ou não o segundo cultivo deve levar em conta os outros fatores de produção e o custo da adubação, sendo que as quantidades aplicadas destes nutrientes nesta classe podem variar de zero à quantidade de manutenção, ficando a decisão a critério do técnico responsável pela recomendação.

A utilização das estratégias de adubação deve ser acompanhada do monitoramento da fertilidade do solo. Decorridos dois cultivos após a aplicação

das quantidades indicadas, recomenda-se reamostrar e analisar o solo, para verificar se os teores de P e de K atingiram os valores desejados e, então, planejar as adubações para as culturas subsequentes. Partindo dos níveis “Muito baixo”, “Baixo” e “Médio”, espera-se, a partir do segundo cultivo, que o nível do nutriente corresponda ao “Alto”. Em solos com níveis “Muito baixo” e “Baixo” de P e/ou de K, especialmente aqueles com maior poder tampão de P, eventualmente, a correção destes nutrientes pode não ser obtida em dois cultivos, com o nível de P e de K permanecendo menor que o teor crítico. Nesse caso, uma nova adubação de correção pode ser necessária, para atingir o nível “Alto”.

Se a análise do solo indicar que o nível destes nutrientes passou a ser “Alto”, a adubação de manutenção deve ser utilizada nos cultivos seguintes. Assim, o sistema de adubação preconizado neste Manual consiste em elevar os teores de P e de K do solo ao nível “Alto” (adubação corretiva) e manter esse nível (adubação de manutenção), independentemente da sequência utilizada de culturas; ou reduzir do “Muito alto” até o “Alto”, quando as quantidades aplicadas de nutrientes são menores do que as exportadas nos grãos.

As doses indicadas também pressupõem que os outros fatores de produção estejam em níveis adequados. Dessa forma, em alguns casos, haverá necessidade de alterar as doses de fertilizantes, de acordo com as situações específicas de solo, clima, época de semeadura, potencial de produção, recursos financeiros disponíveis, etc. Para o ajuste das doses de adubação em relação às fórmulas de fertilizantes existentes no mercado, as quantidades de P_2O_5 e de K_2O sugeridas nas tabelas podem variar em ± 10 kg/ha, sobretudo nas doses mais elevadas. No Anexo 1 são apresentados alguns exemplos de recomendação de fertilizantes em diferentes situações para o melhor entendimento dos princípios do sistema.

c) O sistema de recomendação para o arroz irrigado

As recomendações de adubação para o arroz irrigado nos Estados do RS e de SC apresentam alguns aspectos peculiares, devido à condição especial de cultivo em solo inundado, diferenciando o arroz das demais culturas produtoras de grãos. Dessa forma, não segue os princípios das adubações de correção, manutenção e reposição apresentadas para as demais culturas. Em função dessas particularidades, será a primeira cultura desse Capítulo. As recomendações foram estabelecidas pela Comissão

Técnica do Arroz Irrigado (CTAR), seguindo indicações contidas nas Recomendações Técnicas para a Cultura do Arroz Irrigado (SOSBAI, 2014), que pode ser consultada para maiores detalhes.

Quando comparadas, as doses de K e P recomendadas para as culturas de sequeiro são maiores que as indicadas para o arroz, considerando-se o teor de nutriente presente no solo. Assim, quando o arroz é produzido em sistema de rotação de culturas, ele é beneficiado pelo residual das adubações fornecidas aos cultivos de sequeiro, devida à menor exigência em adubação com P e K. O raciocínio inverso, ou seja, de aproveitamento do residual do arroz para a cultura de sequeiro não é aplicável, pois a quantidade de nutrientes, principalmente o P disponível após o cultivo do arroz, é pequena. Nesse caso, o cultivo de sequeiro produzido em sucessão ao arroz irrigado deve ser tratado como primeiro cultivo, desconsiderando-se o efeito residual do P e K aplicados ao arroz.

6.1.1 – ARROZ IRRIGADO

As recomendações de adubação para o arroz irrigado estão associadas à expectativa de resposta da cultura à adubação, a qual é estabelecida em função do nível de adequação de todos os fatores que influenciam a produtividade do arroz, elevando-se o nível de expectativa de incremento de produtividade proporcionalmente à sua adequação. Assim, **expectativa de resposta à adubação alta** é esperada quando o arroz for cultivado em condições favoráveis de clima, especialmente radiação solar alta no período reprodutivo, utilização de cultivares com potencial produtivo elevado, semeadura em época e densidade adequadas para a região de cultivo, manejo adequado da irrigação, de plantas daninhas, especialmente o arroz-vermelho, de doenças e de pragas. Em situações onde alguns desses fatores não são adequados, a **expectativa de resposta à adubação será média, ou mesmo baixa**, devendo-se ajustar as recomendações, diminuindo as doses de fertilizantes. Por outro lado, o uso de cultivares com potencial produtivo elevado, associado a condições ambientais e de manejo excepcionalmente favoráveis, propicia **expectativa de resposta à adubação muito alta**, situação em que as doses dos fertilizantes podem ser incrementadas em até 30 kg de N/ha, 10 kg de P_2O_5 /ha e 15 kg de K_2O /ha, com retorno econômico. Nesse contexto, as recomendações passam a ser mais flexíveis e permitem ajustes para diferentes condições edafoclimáticas, potencial produtivo de cultivares, nível de manejo e

disponibilidade de recursos financeiros do produtor.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica do solo	Expectativa de resposta à adubação⁽¹⁾	
	Média	Alta
%	.....kg de N/ha.....	
≤ 2,5	90	120
2,6 - 5,0	80	110
> 5,0	≤ 70	≤ 100

⁽¹⁾Aumentar ou diminuir a dose recomendada em até 30 kg de N/ha, para expectativas de resposta à adubação muito alta ou baixa, respectivamente.

Para o arroz produzido no sistema de semeadura em solo seco, recomenda-se aplicar, na semeadura, entre 10 e 20 kg N/ha e o restante, em cobertura. Nesta, deve-se aplicar em torno de 50% da dose total no estádio de três a quatro folhas (V3/V4), isto é, precedendo ou no início do perfilhamento. O restante da dose deve ser aplicado por ocasião da iniciação da panícula (estádio R0). Como este estádio não pode ser visualizado no campo, tem-se utilizado, como referência, o estádio de diferenciação da panícula (estádio R1), conhecido como “ponto de algodão”, que ocorre, em média, quatro dias após R0 e que, com alguma prática, pode ser identificado no campo. No caso da indicação de doses próximas ou superiores a 100 kg de N/ha em cobertura, pode-se aumentar a proporção da dose de N aplicada na primeira cobertura, desde que se garanta a aplicação de pelo menos 40 kg de N/ha na segunda cobertura. Nesse sistema de semeadura, a primeira adubação de cobertura com N deve ser realizada, preferencialmente, em solo seco, antecedendo o início da irrigação da lavoura, que deve ocorrer com a maior brevidade possível (indica-se um tempo máximo entre a aplicação de N e a inundação da lavoura de três dias). Aplicações de N em cobertura após a inundação do solo são realizadas sobre a lâmina de água. Nesses casos, deve-se interromper a circulação da água na lavoura por, no mínimo, três dias.

Para o arroz produzido no sistema pré-germinado, não é recomendada a adubação nitrogenada na semeadura, devido aos riscos de perdas do elemento e à baixa exigência da cultura na fase inicial do cultivo. Para as cultivares de ciclo curto (até 120 dias) e médio (entre 120 e 135 dias), recomenda-se aplicar em torno de 50% da dose de N

recomendada no estádio de três a quatro folhas (V3/V4) e o restante, no estádio de iniciação da panícula (R0). No caso de doses próximas ou superiores a 100 kg de N/ha em cobertura, pode-se aumentar a proporção da dose na primeira aplicação, desde que também se mantenha uma aplicação de cerca de 40 kg de N/ha na segunda cobertura. Para as cultivares de ciclo tardio (> 135 dias), a cobertura pode ser fracionada em três aplicações iguais, em V3/V4, na metade do perfilhamento (V6/V7) e em R0.

Fósforo

Interpretação do teor de P	Expectativa de resposta à adubação ⁽¹⁾	
	Média	Alta
	.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....	
Muito baixo	60	70
Baixo	50	60
Médio	40	50
Alto	30	40
Muito alto	≤ 30	≤ 40

⁽¹⁾Aumentar ou diminuir a dose recomendada em até 10 kg de P₂O₅/ha, para expectativas de resposta à adubação muito alta ou baixa, respectivamente

No sistema de semeadura em solo seco, os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados e incorporados ao solo por ocasião da semeadura. No sistema pré-germinado, esses fertilizantes podem ser aplicados e incorporados com enxada rotativa ou grade na formação da lama ou após o renivelamento da área, antes da semeadura. Neste caso, considerando que a adubação fosfatada, antes da semeadura do arroz, pode intensificar o desenvolvimento de algas, a aplicação de P pode ser realizada em cobertura, antecedendo o início do perfilhamento, entre os estádios de duas a três folhas (V2 e V3).

Potássio

Interpretação do teor de K	Expectativa de resposta à adubação ⁽¹⁾	
	Média	Alta
	.....kg de K ₂ O/ha.....	
Muito baixo	95	110
Baixo	75	90
Médio	55	70
Alto	35	50
Muito alto	≤ 35	≤ 50

⁽¹⁾Aumentar ou diminuir a dose recomendada em até 15 kg de K₂O/ha, para expectativas de resposta à adubação muito alta ou baixa, respectivamente.

No sistema de semeadura em solo seco, os fertilizantes potássicos devem ser aplicados, preferencialmente, por ocasião da semeadura. No caso de arroz pré-germinado, os fertilizantes potássicos, assim como os fosfatados, podem ser aplicados e incorporados com enxada rotativa ou grade por ocasião da formação da lama ou após o renivelamento da área, antes da semeadura.

A adubação potássica pode ser fracionada, para evitar perdas do nutriente, especialmente no caso da aplicação de doses elevadas em solos arenosos. Nessa situação, indica-se a aplicação de metade da dose por ocasião do preparo do solo (sistema pré-germinado) ou na semeadura (sistema de semeadura em solo seco) e a outra metade, em cobertura, na iniciação da panícula, juntamente com a aplicação de nitrogênio.

Toxidez por ferro em arroz irrigado

O alagamento do solo promove a solubilização de ferro, podendo ocorrer acúmulo do íon Fe^{2+} na solução do solo e atingir níveis tóxicos ao arroz. Na Tabela 6.1.1 é apresentada uma interpretação da probabilidade de ocorrência de toxidez por ferro na lavoura, baseada no teor de ferro extraído em solução de oxalato de amônio pH 6,0. Os teores de Fe^{2+} trocável são estimados pela equação 1 e a saturação da capacidade de troca de cátions (CTC) com Fe^{2+} (PSFe^{2+}) é calculada pela equação 2.

$$\text{Fe}^{2+} \text{ trocável (cmol}_c/\text{dm}^3) = 1,66 + 2,46 \text{ Feoxalato pH 6 (g/dm}^3) \quad \text{Equação (1)}$$

$$\text{PSFe}^{2+} (\%) = 100 \times \text{Fe}^{2+}/\text{CTC}_{\text{pH}7,0} \quad \text{Equação (2)}$$

Tabela 6.1.1. Interpretação do risco de ocorrência de toxidez por ferro em função da porcentagem de saturação da CTC (PSFe^{2+}).

PSFe²⁺ (%)	Risco de toxidez por ferro
≤ 20	Baixo
21 a 40	Médio
>40	Alto

A utilização de cultivares tolerantes é a forma mais econômica e eficiente de contornar o problema. A calagem prévia do solo e a adubação (nitrogenada e potássica) também podem minimizá-lo. A irrigação intermitente, em casos muito específicos, com o objetivo de evitar acúmulo de Fe^{2+} , pode ser recomendada com muito critério, pois existem períodos

críticos no ciclo da cultura, especialmente a fase reprodutiva, em que a manutenção de uma lâmina de água no solo é fundamental. Esta prática também acarreta maior consumo de água, perdas de nutrientes e reinfestação da lavoura com plantas daninhas.

Enxofre

Solos afastados de regiões industriais, com baixos teores de matéria orgânica e de argila e intensivamente cultivados com arroz irrigado, como os das regiões localizadas no baixo rio Jacuí, são potencialmente suscetíveis à deficiência de enxofre. Nessa condição, caracterizada por teor de enxofre (S) no solo (determinado com o extrator fosfato de cálcio, 500 mg/L) menor que 10 mg/dm³ (teor crítico), ocorre resposta positiva em produtividade da cultura à aplicação do nutriente. A resposta limita-se à aplicação de 20 kg de S/ha, que pode ser suprida pelos seguintes adubos: sulfato de amônio (22 a 24% de S), sulfato de potássio (15 a 17% de S), superfosfato simples (10 a 12% de S) e sulfato de cálcio – gesso (13% de S). Uma maneira prática de suprir a demanda de S do arroz é a substituição de um saco de ureia/ha por dois de sulfato de amônio/ha, na primeira adubação nitrogenada em cobertura.

6.1.2 – ARROZ DE SEQUEIRO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica do solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	50
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤10

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, no início do afilhamento, aproximadamente aos 40 dias após a emergência. A adubação nitrogenada em cobertura pode ser parcial ou totalmente suprimida, dependendo das condições climáticas.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....				.....kg de K ₂ O/ha.....
Muito baixo	130	70	100	60
Baixo	70	50	60	40
Médio	60	20	50	20
Alto	20	20	20	20
Muito alto	0	≤20	0	≤20

Para a expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.3 – AMENDOIM

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura do amendoim não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estípulas de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....				.....kg de K ₂ O/ha.....
Muito baixo	155	95	140	100
Baixo	95	75	100	80
Médio	85	45	90	60
Alto	45	45	60	60
Muito alto	0	≤ 45	0	≤ 60

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.4 – AVEIA BRANCA

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
% .....		.....kg de N/ha.....
≤ 2,5	60	80
2,6 - 5,0	40	60
> 5,0	≤ 20	≤ 20

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, em cultivo após leguminosa; e 30 kg de N/ha, em cultivo após gramínea; por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 15 a 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongamento do colmo (em geral, 30 a 45 dias após a emergência). Quando as doses de N são elevadas, parcelar a adubação nitrogenada em cobertura, aplicando 50% da dose no início do afilhamento; e 50% no início do alongamento. Em regiões mais frias e solos com alto teor de matéria orgânica (Campos de Cima da Serra do RS, por exemplo), as doses de N indicadas podem ser aumentadas, para maior expressão do potencial de rendimento e a obtenção de maior produtividade. Em solos com elevada quantidade de resteva de milho (matéria seca > 4,0 t/ha), convém antecipar a adubação nitrogenada de cobertura, especialmente em solos arenosos ou com baixos teores de matéria orgânica. Utilizar doses menores do que as indicadas acima, em cultivares suscetíveis ao acamamento. Em regiões de clima mais quente (por exemplo, nas Missões do RS), de menor altitude, ou em áreas com solos argilosos e com teores médio a alto de matéria orgânica e aveia antecedida por soja de alto rendimento, restringir ou suspender a aplicação de N em cobertura, para evitar o acamamento.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....				
Muito baixo	155	95	110	70
Baixo	95	75	70	50
Médio	85	45	60	30
Alto	45	45	30	30
Muito alto	0	≤ 45	0	≤ 30

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.5 – AVEIA PRETA

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	..... kg de N/ha.....	
≤ 2,5	60	80
2,6 - 5,0	40	60
> 5,0	≤ 20	≤ 20

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, em cultivo após leguminosa; e 30 kg de N/ha, em cultivo após gramínea; por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 10 a 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongamento do colmo (em geral, 30 a 45 dias após a emergência).

As sugestões complementares de manejo da adubação nitrogenada para aveia branca, que constam no item 6.1.4, também são válidas para a aveia preta com finalidade de produção de grãos.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				
Muito baixo	155	95	110	70
Baixo	95	75	70	50
Médio	85	45	60	30
Alto	45	45	30	30
Muito alto	0	≤ 45	0	≤ 30

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.6 CANOLA

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	60
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 30

Para expectativa de rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada de grãos a serem produzidos.

Aplicar 20 a 30 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, logo após terminar a expansão da quarta folha (aproximadamente aos 40 dias após a semeadura). A adubação nitrogenada em cobertura na fase inicial da cultura é imprescindível, e não deve ser atrasada, para não comprometer o vigor de crescimento e a produção das plantas. A aplicação tardia de N (no início do alongamento da haste floral) é pouco eficiente.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	140	80	105	65
Baixo	80	60	65	45
Médio	70	30	55	25
Alto	30	30	25	25
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 25

Para rendimento maior do que 1,5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de P₂O₅/ha e 15 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.7 – CENTEIO

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	..... kg de N/ha.....	
≤ 2,5	40	50
2,6 - 5,0	20	30
> 5,0	≤ 10	≤ 10

Para rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, em cultivo após leguminosa; e 30 kg de N/ha, em cultivo após gramínea, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 10 a 15 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, no início do afilhamento. Em regiões de clima mais quente, de menor altitude, e quando o cultivo de centeio for antecedido por cultivo de soja, sugere-se, independentemente do teor de matéria orgânica do solo, restringir a aplicação de N em 40 kg/ha, a fim de evitar o acamamento. Já em regiões mais frias e de maior altitude e quando o potencial de rendimento de grãos é elevado, doses de N maiores que as indicadas podem ser aplicadas, independente do teor de matéria orgânica do solo.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	140	80	100	60
Baixo	80	60	60	40
Médio	70	30	50	20
Alto	30	30	20	20
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 20

Para rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.8 - CEVADA

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	.....kg de N/ha.....	
≤ 2,5	60	80
2,6 - 5,0	40	60
> 5,0	≤ 20	≤ 20

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, em cultivo após leguminosa; e 30 kg de N/ha, em cultivo após gramínea; por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 15 a 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, no início do afilhamento (em geral, entre 30 e 45 dias após a emergência). Em cultivares muito suscetíveis ao acamamento, a dose de N deve ser menor do que as indicadas na tabela acima. Em cultivares resistentes ao acamamento, não aplicar mais que 80 kg de N/ha. Quantidades maiores que 40 kg N/ha podem ser parceladas, em duas aplicações: no início do afilhamento e, o restante, no início do alongamento. A aplicação de N em cobertura após o alongamento não é indicada, se a finalidade é produzir cevada para fins cervejeiros, em que o malte é do tipo único. Nesse caso, o teor de proteína do grão não deve ser maior que 12%. Por outro lado, se o grão for utilizado para maltes especiais, o processo industrial, em geral, requer teor de proteína entre 12 a 12,5%.

Em solos com alta quantidade de resteva de milho (matéria seca > 4,0 t/ha), convém antecipar a adubação nitrogenada de cobertura, especialmente se arenosos ou com baixos teores de matéria orgânica ou em regiões frias, pois nestas condições a taxa de mineralização do N orgânico poderá ser reduzida ou a imobilização de N mineral poderá ser acentuada.

Em regiões de clima mais quente (região das Missões do Estado do RS, por exemplo), de menor altitude, e quando a cultura tenha sido antecedida pela soja, sugere-se restringir a aplicação de N a 40 kg/ha, independentemente do teor de matéria orgânica do solo, devido ao risco de acamamento. Em regiões mais frias e em solos com alto teor de matéria orgânica (Campos de Cima da Serra do RS, por exemplo), as doses de N indicadas podem ser aumentadas visando à expressão do potencial de rendimento.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo		
	1º	2º	1º	2º	
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	155	95	110	70	
Baixo	95	75	70	50	
Médio	85	45	60	30	
Alto	45	45	30	30	
Muito alto	0	≤ 45	0	≤ 30	

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos

6.1.9 – ERVILHA SECA E ERVILHA FORRAGEIRA

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura da ervilha não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estírpes de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo		
	1º	2º	1º	2º	
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	140	80	120	80	
Baixo	80	60	80	60	
Médio	70	30	70	40	
Alto	30	30	40	40	
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 40	

Para rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.10 – ERVILHACA

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura da ervilhaca não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estírpes de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	150	90	130	90
Baixo	90	70	90	70
Médio	80	40	80	50
Alto	40	40	50	50
Muito alto	0	≤ 40	0	≤ 50

Para rendimento maior do que 2,0 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de P₂O₅/ha e 25 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.11 – FEIJÃO

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	70
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 30

Para expectativa de rendimento maior do que 2,0 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada de grãos a serem produzidos.

Inocular as sementes com inoculante de boa qualidade, contendo a estirpe recomendada de rizóbio. A inoculação deve ser feita a sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25 °C. Aplicar 10 a 20 kg de N/ha na semeadura, conforme o teor de matéria orgânica do solo e o histórico da área, respectivamente.

Aos 15 a 20 dias após a emergência das plantas, avaliar as raízes, para verificar se a nodulação foi adequada e se os nódulos estão fixando o N do ar. A nodulação é adequada quando o número de nódulos por plantas é maior que 20. A fixação do N do ar é eficiente quando os nódulos têm coloração interna avermelhada e as folhas têm cor verde intensa, indicando suprimento adequado de N decorrente da simbiose rizóbio/planta.

Se a nodulação for adequada e a estirpe for eficiente, não há necessidade de aplicar N em cobertura. Contudo, em geral, a inoculação das sementes com rizóbio não é suficiente para suprir toda a demanda de N do feijoeiro. Nessa situação, aplicar as doses de N sugeridas na tabela

acima, as quais devem ser ajustadas conforme o desenvolvimento da cultura e as condições climáticas e, principalmente, a disponibilidade de água do solo. Preconiza-se aplicar N em cobertura nos estádios fenológicos V3 a V4 (em geral, entre 20 a 25 dias após a emergência das plantas). A adubação nitrogenada em cobertura na fase inicial da cultura é imprescindível e não deve ser atrasada, para não comprometer o vigor de crescimento e a produção das plantas.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	140	80	120	80
Baixo	80	60	80	60
Médio	70	30	70	40
Alto	30	30	40	40
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 40

Para rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.12 – GIRASSOL

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica do solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	60
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 30

Para expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada de grãos a serem produzidos.

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, 30 dias após a emergência.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	140	80	110	70
Baixo	80	60	70	50
Médio	70	30	60	30
Alto	30	30	30	30
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 30

Para rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 15 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.13 – LINHO

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	70
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 30

Para expectativa de rendimento maior do que 2,0 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada de grãos a serem produzidos.

Aplicar 10 a 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, no início da ramificação.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo		
	1º	2º	1º	2º	
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	140	80	110	70	
Baixo	80	60	70	50	
Médio	70	30	60	30	
Alto	30	30	30	30	
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 30	

Para rendimento maior do que 2,0 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 15 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.14 - MILHO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica do solo	Nitrogênio (Semeadura + Cobertura)		
	Cultura antecedente ⁽¹⁾	Leguminosa	Consorciação ou pousio	Gramínea
%kg de N/ha			
≤ 2,5	70	80	90
2,6 - 5,0	50	60	70
> 5,0	≤ 40	≤ 40	≤ 50

⁽¹⁾ As quantidades indicadas são para a produção média de massa seca da cultura antecedente. Se a massa seca da leguminosa for alta (> 3 t/ha), pode-se diminuir a quantidade de N em até 20 kg/ha. Se a massa seca do nabo ou do consórcio gramínea-leguminosa for baixa (≤ 4 t/ha), pode-se aumentar a quantidade de N em até 20 kg/ha. Se a massa seca da gramínea for alta (> 4 t/ha), pode-se aumentar a quantidade de N em 20 a 40 kg/ha, conforme a produção de biomassa da cultura antecedente. Para expectativa de rendimento de milho maior que 6 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Os seguintes ajustes das quantidades de N sugeridas na tabela acima podem ser efetuados:

- quando a densidade de plantas de milho for maior que 65.000 /ha, aumentar as doses de N em 10 kg/ha, para cada incremento de 5.000 plantas/ha;

- para rendimento de grãos de milho maior que 10 t/ha, aumentar as quantidades de N em 20 a 40%.

As recomendações de N para o milho são baseadas em anos com precipitação pluviométrica normal, pressupondo-se o aproveitamento do efeito residual de N do cultivo antecedente.

A expectativa de rendimento de grão (RG) pode ser definida utilizando os seguintes critérios:

- RG menor que 6 t/ha: solo, clima ou manejo pouco favoráveis (má distribuição de chuvas, solos com baixa capacidade de retenção de umidade, semeadura em época pouco propícia, baixa densidade de plantas, etc.);

- RG em torno de 6 t/ha: semente, solo, clima e manejo favoráveis ao desenvolvimento da cultura;

- RG entre 6 a 8 t/ha: semente, solo, clima e manejo favoráveis, incluindo eventual uso de irrigação ou drenagem, uso de genótipos bem adaptados e manejo adequado do solo e da adubação; e,

- RG maior que 8 t/ha: semente, solo, clima e manejo muito favoráveis, utilização de genótipos de elevado potencial produtivo e uso eficiente de irrigação ou safras com boa distribuição de chuva.

Pela contribuição do nabo forrageiro em suprir N ao milho, esse pode ser considerado como leguminosa de baixa produção, para solos com teores de matéria orgânica menores que 3%; e como leguminosa de média produção para os demais solos. A adubação nitrogenada pode ser reduzida em até 20% em lavouras de milho em rotação anual com soja.

No sistema de cultivo convencional, sugere-se aplicar entre 10 e 30 kg de N/ha na semeadura, dependendo da expectativa de rendimento, e o restante em cobertura a lanço ou no sulco, quando as plantas estão no

estádio fenológico V4 a V6 (em geral, com 40 a 60 cm de altura). Em condições de chuvas intensas ou se a dose de N for elevada, pode-se fracionar a aplicação em cobertura em duas partes, com intervalos de 15 a 30 dias.

No sistema plantio direto, sugere-se aplicar entre 20 a 40 kg de N/ha na semeadura, quando o cultivo for em área com resíduos de gramíneas; e entre 10 e 20 kg de N/ha quando o cultivo for em área com resíduos de leguminosas. Bons resultados têm sido obtidos com a antecipação da adubação nitrogenada em cobertura (estádio fenológico V3 a V5) em lavouras de milho no sistema plantio direto, especialmente nos primeiros anos de implantação do sistema e em solos com baixa disponibilidade de N. O fracionamento da aplicação de N em cobertura é preconizado quando a dose é elevada. Pode-se aplicar 50% da dose quando as plantas estão no estádio fenológico V4 a V6 e os 50% restantes no estádio V8 a V9. A incorporação de N em cobertura em relação à aplicação a lanço, aumenta o rendimento em aproximadamente 5%.

Estudos comparativos entre fontes de N indicam que o sulfato de amônio e o nitrato de amônio proporcionam rendimento igual ou superior à ureia, para aplicações superficiais (sem incorporação ao solo) e em condições menos favoráveis (pouca umidade do solo, pouca palha, altas temperaturas, etc.). Em condições de umidade do solo adequada e em clima favorável (15 a 30 mm de chuva logo após a aplicação, dependendo da textura do solo), os adubos nitrogenados apresentam eficiência semelhante, devendo ser utilizada a fonte com menor custo unitário de N.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	200	140	140	100
Baixo	140	120	100	80
Médio	130	90	90	60
Alto	90	90	60	60
Muito alto	0	≤ 90	0	≤ 60

Para rendimento maior do que 6 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.15 – MILHO PIPOCA

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	60
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 30

Para expectativa de rendimento maior do que 5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada de grãos a serem produzidos.

O manejo da adubação nitrogenada do milho pipoca pode ser o mesmo sugerido para o milho, tanto no sistema de cultivo convencional, como no plantio direto.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	185	125	130	90
Baixo	125	105	90	70
Médio	115	75	80	50
Alto	75	75	50	50
Muito alto	0	≤ 75	0	≤ 50

Para rendimento maior do que 5 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.16 – NABO FORRAGEIRO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	60
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 20

Para expectativa de rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, por tonelada de grãos a serem produzidos.

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, quando a planta apresentar quatro folhas formadas (em geral, 30 a 40 dias após a semeadura).

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...			
Muito baixo	155	95	140	100
Baixo	95	75	100	80
Médio	85	45	90	60
Alto	45	45	60	60
Muito alto	0	≤ 45	0	≤ 60

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.17 – PAINÇO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	50
2,6 - 5,0	30
> 5,0	≤ 10

Para expectativa de rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada de grãos a serem produzidos.

Aplicar 10 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, 30 dias após a emergência.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...			
Muito baixo	140	80	100	60
Baixo	80	60	60	40
Médio	70	30	50	20
Alto	30	30	20	20
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 20

Para rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.18 - SOJA

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura da soja não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estírpes de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	155	95	155	115
Baixo	95	75	115	95
Médio	85	45	105	75
Alto	45	45	75	75
Muito alto	0	≤45	0	≤75

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 25 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Enxofre

Se o teor de S do solo for menor que 10 mg S /ha, sugere-se aplicar 20 kg de S-SO₄/ha.

Micronutrientes

Boas respostas em rendimento de grão de soja têm sido obtidas com a aplicação de molibdênio, em solos com pH em água menor que 5,5 e apresentando deficiência de N no início do desenvolvimento da cultura, constatada pelo amarelecimento generalizado das folhas, devido à baixa eficiência da fixação biológica do N. As doses a aplicar variam entre 12 e 25 g de Mo/ha, via semente, ou entre 25 e 50 g de Mo/ha, via foliar. Em solos arenosos essas doses podem ser maiores. Podem ser utilizados o molibdato de amônio (54% de Mo solúvel em água) e o molibdato de sódio (39% de Mo solúvel em água). As aplicações de molibdênio na semente, à semelhança dos fungicidas, deve preceder a inoculação. Aplicações foliares devem ser feitas entre 30 e 45 dias após a emergência.

Em sistemas agrícolas de integração lavoura-pecuária, deve-se monitorar o teor de molibdênio nas pastagens. A elevação do pH pela calagem

aumenta a disponibilidade de Mo, podendo afetar o metabolismo do cobre em ruminantes; deve-se suspender a aplicação deste nutriente ao solo, quando o teor na parte aérea das plantas atingir 5 mg de Mo/kg.

Aplicações dos outros micronutrientes (Zn, Cu, Fe, Mn, B e Cl) são sugeridas somente em solos ou plantas com baixos teores destes nutrientes. Em geral, não são indicadas devido à incerteza das informações disponíveis e ao fato da maioria dos solos dos Estados do RS e de SC serem bem supridos destes elementos. O cobalto não é essencial para as plantas de soja, mas é para o rizóbio. Se esse cátion for aplicado, as quantidades não devem ultrapassar a 3 g de Co/ha, para evitar fitotoxidez em plantas de soja.

6.1.19 – SORGO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	75
2,6 - 5,0	55
> 5,0	≤ 20

Para expectativa de rendimento maior do que 4 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada de grãos a serem produzidos.

Aplicar 20 kg de N/ha em semeadura e o restante em cobertura, no estádio fenológico V5 a V7 (em geral, 30 a 35 dias após a emergência), antes da diferenciação do primôrdio floral. Dependendo das condições do clima, a adubação em cobertura pode ser parcial ou totalmente suprimida.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				
Muito baixo	170	110	120	80
Baixo	110	90	80	60
Médio	100	60	70	40
Alto	60	60	40	40
Muito alto	0	≤ 60	0	≤ 40

Para rendimento maior do que 4 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.20 – TREMOÇO

Nitrogênio

A adubação nitrogenada para a cultura do tremoço não é recomendada devido à eficiência da fixação biológica de nitrogênio do ar por estírpes de rizóbio. A inoculação deve ser feita à sombra e o inoculante deve ser mantido em temperatura menor que 25°C.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	140	80	130	90
Baixo	80	60	90	70
Médio	70	30	80	50
Alto	30	30	50	50
Muito alto	0	≤ 30	0	≤ 50

Para rendimento maior do que 2 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 25 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.21 - TRIGO

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	.....	kg de N/ha.....
≤ 2,5	60	80
2,6 - 5,0	40	60
> 5,0	≤ 20	≤ 20

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, em cultivo após leguminosa; e 30 kg de N/ha, em cultivo após gramínea; por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar 15 a 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongamento do colmo (período que compreende aproximadamente 30 e 45 dias após a emergência). Para as doses mais elevadas de N, preconiza-se parcelar a adubação nitrogenada em duas aplicações em cobertura, a primeira aplicação, no início do afilhamento; e a segunda, no início do alongamento. A aplicação de N, após o espigamento ou o emborrachamento, geralmente, não afeta o rendimento de grão, mas pode aumentar o teor de proteína desta parte da planta. Em geral, esse acréscimo de proteína não implica, necessariamente,

que o valor da força de glúten (W) seja alterado, a tal ponto de modificar a classificação comercial do trigo.

Quando a quantidade de resteva de milho é elevada (matéria seca > 4,0 t/ha), convém antecipar a adubação nitrogenada de cobertura, especialmente em solos arenosos ou com baixos teores de matéria orgânica. Para cultivares muito suscetíveis ao acamamento devem ser utilizadas doses menores do que as indicadas acima ou utilizar concomitantemente reguladores de crescimento. Nas regiões de clima mais quente (região das Missões do Estado do RS, por exemplo), de menor altitude, e quando o trigo for antecedido pela soja, é recomendável restringir a aplicação de N a 40 kg/ha (quantidade aplicada em semeadura e em cobertura), independentemente do teor de matéria orgânica do solo, a fim de evitar danos por acamamento. Nas regiões mais frias e solos com alto teor de matéria orgânica (Campos de Cima da Serra do RS, por exemplo), as doses de N indicadas podem ser aumentadas visando à expressão do potencial de rendimento.

Quando for cultivado nabo forrageiro como cultura intercalar entre o milho e o trigo e a fitomassa produzida pelo nabo for maior do que 3t/ha, sugere-se aplicar a dose de N indicada para o trigo cultivado após leguminosa.

Em trigo cultivado para pastejo e produção de grãos (trigo de duplo-propósito), aplicar 25 a 30 kg de N/ha (exceto em solos com mais de 5% de matéria orgânica) por tonelada de matéria seca a serem produzidas, tanto se for em pastejo ou se for retirada para alimentação animal no coxo, na forma verde ou de feno ou silagem. A adubação nitrogenada de cobertura no trigo de duplo-propósito deve ser realizada logo após o corte ou o pastejo pelos animais, cujo estádio fenológico coincide com o período próximo do início do alongamento do colmo (aproximadamente 42 a 70 dias após a emergência da cultura), em plantas com altura maior que 20 cm. O corte ou pastejo subsequente pode ser realizado de 28 a 35 dias após o primeiro. Convém lembrar que o pastejo deve ser controlado no intuito de preservar as estruturas de rebrota (meristemas basilares), limitando-se o mesmo até 5 a 7 cm de altura (Fontaneli et al., 2012).

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	155	95	110	70
Baixo	95	75	70	50
Médio	85	45	60	30
Alto	45	45	30	30
Muito alto	0	≤ 45	0	≤ 30

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.1.22 - TRITICALE

Nitrogênio

Matéria orgânica do solo	Cultura antecedente	
	Leguminosa	Gramínea
%	.....kg de N/ha	
≤ 2,5	60	80
2,6 - 5,0	40	60
> 5,0	≤ 20	≤ 20

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 20 kg de N/ha, em cultivo após leguminosa; e 30 kg de N/ha, em cultivo após gramínea; por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

Aplicar entre 15 e 20 kg de N/ha na semeadura e o restante em cobertura, entre os estádios de afilhamento e de alongamento (aproximadamente entre 30 e 45 dias após a emergência). As sugestões de adubação nitrogenada para a cultura do trigo, item 6.1.21, também são válidas para o triticale.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo		Potássio por cultivo	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	155	95	110	70
Baixo	95	75	70	50
Médio	85	45	60	30
Alto	45	45	30	30
Muito alto	0	≤ 45	0	≤ 30

Para rendimento maior do que 3 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de grãos a serem produzidos.

6.2 FORRAGEIRAS

Atualizado por:

Jackson Ernani Fiorin

Luís Otávio da Costa de Lima

A pecuária está presente na maioria dos estabelecimentos rurais dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, nas mais variadas condições de clima e de solo. A base alimentar dos animais nos diferentes sistemas produtivos pecuários é representada pelas pastagens, cujos sistemas principais de cultivo são descritos neste Capítulo. Nos sistemas intensivos de produção sob pastagem, a alimentação dos animais pode representar uma parcela significativa do custo de produção, sendo o manejo correto da fertilidade do solo o ponto de partida para o sucesso na atividade agropecuária.

Os solos sob pastagens naturais apresentam diferentes características de material de origem, de relevo e de fertilidade natural. Essas características, aliadas a diferenças regionais de clima, têm como consequência pastagens naturais com distintos potenciais produtivos e capacidade de reposição dessas pastagens à fertilização. A baixa fertilidade dos solos também é uma das principais causas das dificuldades para a implantação e persistência das pastagens cultivadas. As restrições significativas de fertilidade do solo na maioria das áreas de pastagens não têm permitido explorar o potencial genético da maioria das espécies forrageiras.

As exigências nutricionais dos animais dependem da finalidade a que se destinam. O gado leiteiro, por exemplo, tem maior exigência nutricional do que o gado para corte e a produção de leite ou carne está condicionada à capacidade produtiva e ao valor nutritivo da pastagem. Por sua vez, a produtividade e a qualidade das espécies forrageiras (nativas, naturalizadas ou implantadas) estão diretamente ligadas ao seu manejo e dependentes da correção da acidez do solo e da adubação adequada para cada espécie.

Para este grupo de culturas, as recomendações de corretivos e de fertilizantes são dificultadas pelo fato de as plantas forrageiras constituírem um grupo numeroso e heterogêneo de espécies, principalmente de gramíneas e de leguminosas, de ciclo anual, bienal ou perene, de estações fria ou quente, podendo ser cultivadas isoladamente ou em consorciações e, ainda, com diferentes adaptações às condições físicas e químicas de solos. Adicionalmente, as recentes mudanças na legislação de produção e comercialização de sementes e/ou mudas, aliado a busca constante por alta produtividade e qualidade de forragem, tem proporcionado a disponibilização de novas cultivares e/ou híbridos das espécies forrageiras, muitas das quais selecionadas em condições adequadas de fertilidade do solo, condicionando ao alto potencial produtivo e maior exigência em nutrientes.

O sistema de produção sob pastagem tem sido baseado predominantemente em gramíneas e, assim, a adubação com N assume papel fundamental na obtenção de forragem com alta produtividade e qualidade. O adubo nitrogenado proporciona também a elevação na produção de folhas e redução na senescência das mesmas, melhorando a relação folha/colmo e, como consequência, o teor de proteína bruta e, em algumas situações, também da digestibilidade, elevando o valor nutritivo da forragem.

Outro fator a ser considerado é que nos diferentes sistemas produtivos pecuários a forma de manejo dos animais pode determinar diferenças significativas entre a exportação de nutrientes através da produção de carne/leite e a reciclagem dos nutrientes pelo esterco e urina dos animais.

O sistema de recomendação para espécies forrageiras.

A maioria das culturas deste grupo responde à calagem, sendo a interpretação dos parâmetros da acidez e a recomendação da calagem tratadas no Capítulo 5 deste Manual. A interpretação da disponibilidade de N, P e K é feita a partir dos resultados da análise de solo (Capítulo 6). As faixas de matéria orgânica empregadas para a definição da dose de N são mais detalhadas do que em outros grupos de culturas, dada a importância do N na produção das forrageiras.

Neste Capítulo são apresentados os principais sistemas produtivos de pastagens dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e as tabelas de adubação para cada sistema. São apresentadas as recomendações para espécies isoladas ou grupos de espécies e tipos de utilização, as quais devem ser compatibilizadas conforme os sistemas de produção que incluírem forrageiras. No caso de espécies anuais, as quantidades de fertilizantes se referem a cada cultivo, enquanto para as perenes se referem a cada estação produtiva. São também fornecidas informações complementares quanto à variação das doses de N, P₂O₅ e K₂O em função da expectativa de rendimento de massa seca e do tipo de manejo da pastagem (pastejo, corte, feno, silagem, etc.). Quando as espécies forrageiras anuais forem cultivadas integradas à produção de grãos (integração lavoura-pecuária), a recomendação de calcário segue a recomendação para as culturas de grãos. Nesse caso, a prática de adubação também deve ser compatibilizada com as necessidades dos sistemas de cultivo adotados (sucessão e rotação de culturas, manejo do solo, etc.).

As tabelas de adubação das forrageiras também usam os princípios da adubação de correção, manutenção e de reposição apresentadas para os grãos (Capítulo 6.1). Em solos com níveis “Muito baixo” e “Baixo” de P e/ou de K, as doses que constam nestas tabelas são para a adubação de correção gradual, acrescida das doses de manutenção. Assim, em nível “Muito baixo” e “Baixo” do nutriente no solo, a quantidade prevista de P ou de K corresponde a 2/3 da dose de correção total (160 ou 80 kg de P₂O₅/ha e 120 ou 60 kg de K₂O/ha nesses níveis, respectivamente), acrescida da quantidade de manutenção, para o rendimento de referência da cultura, no primeiro cultivo após a análise do solo. No segundo cultivo, a quantidade prevista de P ou de K corresponde a 1/3 da dose de

correção total sugerida em níveis “Muito baixo” e “Baixo”, acrescida da quantidade de manutenção, que varia com a cultura cultivada.

Em nível “Médio”, a quantidade prevista no primeiro cultivo após a análise do solo corresponde à dose de correção integral ($40\text{ kg de P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ e $30\text{ kg de K}_2\text{O}/\text{ha}$), acrescida da quantidade de manutenção para o rendimento de referência da cultura. No segundo cultivo, a quantidade prevista para o nível “Médio” corresponde a somente a dose de manutenção.

Assim, nos níveis de P e de K “Muito baixo”, “Baixo” e “Médio”, a diferença entre a quantidade indicada para a adubação em cada cultivo e a manutenção corresponde à dose de correção, ou seja, é a quantidade necessária para elevar o teor do nutriente do solo ao teor crítico. Quando é utilizada a adubação de correção total, no primeiro cultivo após a análise de solo, a dose a aplicar deve ser a soma das quantidades de P_2O_5 e de K_2O sugeridas para os dois cultivos, menos a dose de manutenção do segundo cultivo. Com base nesses critérios, tem-se uma adubação que permite aumentar e manter os teores no solo, obtendo-se, assim, produções elevadas e retorno econômico.

Em nível “Alto”, somente a dose da adubação de manutenção é necessária, tanto no primeiro como no segundo cultivo.

Já quando o teor dos nutrientes for “Muito alto”, embora seja possível adotar a filosofia da reposição, nas tabelas das culturas forrageiras a adubação de P e de K foi suprimida, no primeiro cultivo após a análise de solo. A não aplicação destes nutrientes no nível “Muito alto” significa que é remota a possibilidade de aumento de rendimento de forragem, em resposta a adubação nessas condições. Além disso, esta decisão deve ser baseada em outras informações, como a produtividade da área e, principalmente, o histórico da análise de solo, e que elas também indiquem que os teores destes nutrientes possam ser “Muito altos”. Essa prática evita gastos desnecessários com fertilizantes e que excessos de P do solo causem eventuais danos ambientais. Em aplicando quantidades menores que as indicadas na adubação de reposição para o nível “Muito alto” de P e/ou de K, a disponibilidade do nutriente no solo será reduzida, gradativamente, ao longo do tempo. No entanto, algumas culturas, podem responder a pequena quantidade de P_2O_5 e de K_2O (20 a 30 kg/ha), mesmo em níveis “Muito alto” no solo. Dependeria também quanto distante o nível do nutriente está do limite inferior da classe “Muito alto”. Assim, quando o nível de P e

de K for “Muito alto”, as quantidades aplicadas destes nutrientes podem variar de zero (como está na tabela), uma pequena quantidade (entre 20 e 30 kg/ha) na semeadura ou início da estação de crescimento, podendo chegar até à quantidade efetivamente exportada pela pastagem no cultivo anterior, de acordo com a interpretação do técnico responsável pela recomendação.

Para o segundo cultivo, em função da não indicação de adubação no primeiro, as tabelas das culturas indicam a aplicação de quantidade menor ou igual ao valor de manutenção para o rendimento de referência da cultura. Isso porque, considerando a não aplicação do nutriente no primeiro cultivo, pode ser necessário evitar uma redução maior da disponibilidade no solo e a adubação de manutenção seria indicada. Por outro lado, a decisão depende também dos níveis do nutriente no solo e se os outros fatores que afetam a produção vegetal são adequados (semente, clima, proteção de plantas, manejo da lavoura e da fertilidade do solo). Assim, a decisão de adubar ou não o segundo cultivo deve levar em conta os outros fatores de produção e o custo da adubação, sendo que as quantidades aplicadas destes nutrientes nesta classe podem variar de zero à quantidade de manutenção, ficando a decisão a critério do técnico responsável pela recomendação.

Em geral, os solos dos Estados do RS e de SC suprem adequadamente as necessidades de enxofre e micronutrientes das espécies forrageiras. Portanto, há baixa probabilidade de resposta das pastagens à aplicação destes nutrientes, principalmente sob pastejo, pela reciclagem via dejetos dos animais. A reposição desses nutrientes também é plenamente atendida quando são utilizados adubos orgânicos. Entretanto, tem sido frequente a redução dos teores de S nos solos, a qual pode estar associada às sucessivas exportações do nutriente, aliada a utilização de fertilizantes mais concentrados em NPK e com baixos teores de S na composição. Nesses casos, pode ser necessária a adubação com S, desde que detectados teores insuficientes pela análise de solo, quando se recomenda a aplicação de 40 a 60 kg de S/ha a cada dois anos para atender a demanda das culturas. No caso de espécies perenes sob exploração intensiva (alfafa, por exemplo), a utilização de gesso agrícola pode, além de suprir S, favorecer o aprofundamento das raízes, o que é importante em situações de deficiência hídrica. Algumas situações específicas são reportadas para cada espécie ou grupo de forrageiras.

6.2.1 - ALFAFA

A alfafa pode ser implantada em cultivo estreme ou consorciada com outras espécies forrageiras. É muito sensível à acidez do solo e, por isto, cuidados especiais devem ser observados na calagem, principalmente quanto à quantidade e à profundidade de incorporação do calcário (Capítulo 5). Alta densidade de semeadura e bom preparo do solo são essenciais para garantir uma adequada população de plantas, capaz de competir com as plantas invasoras. A longevidade do alfafal depende, em grande parte, da manutenção de teores adequados de nutrientes no solo e do seu manejo. Além do corte, para produção de feno ou suprimento de forragem fresca, a alfafa pode também ser utilizada para pastejo, tanto em cultivo estreme quando consorciada com gramíneas, desde que observadas as exigências das espécies e os riscos potenciais de timpanismo nos animais.

Nitrogênio

Realizar a inoculação das sementes com o rizóbio específico. Fazer a adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar de 20 a 40 kg de N/ha após cada corte, dependendo do desenvolvimento da cultura.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por ano ⁽¹⁾		Potássio por ano ⁽¹⁾	
	1º	2º	1º	2º
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				
Muito Baixo	195	170	330	400
Baixo	135	150	290	380
Médio	125	120	280	360
Alto	85	120	250	360
Muito Alto	0	≤120	0	≤360

⁽¹⁾ Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas em que já foi feito a correção total de P e K e/ou para os anos subsequentes, adicionar por ano 120 kg de P₂O₅/ha e 360 kg de K₂O/ha para rendimento de matéria seca de 12 t/ha (a partir do 2º ano). Para a expectativa de rendimento maior, acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela, 10 kg de P₂O₅/ha e 30 kg de K₂O/ha por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

A dose de P e K no primeiro ano é inferior, aproximadamente 70% da manutenção/reposição, pois nesse período a cultura está na fase de estabelecimento, não havendo ainda a expressão de todo o potencial produtivo. A adubação de reposição de P deve ser feita no início da primavera, com utilização de fosfatos solúveis. A adubação potássica deve

ser parcelada em duas épocas: 1/3 no outono e 2/3 na primavera, juntamente com a aplicação de P. Em solos com CTC “Baixa”, parcelar a dose de K em três vezes (1/3 no início do outono; 1/3 no início da primavera e 1/3 no início do verão).

Enxofre

A cada dois anos, priorizar a aplicação de fertilizantes fosfatados que contenham S (como o superfosfato simples) ou outra fonte deste nutriente. A aplicação periódica, a cada dois anos, de 60 a 80 kg de S/ha é suficiente para atender a demanda da cultura. A reposição deste nutriente é também plenamente atendida quando são utilizados adubos orgânicos. No caso da alfafa sob exploração intensiva, a utilização de gesso agrícola pode, além de suprir S, favorecer o aprofundamento das raízes, o que é importante em situações de deficiência hídrica.

Boro

Aplicar via solo, 2,5 kg de B por hectare antes da semeadura, preferencialmente incorporado, repetindo esta dose anualmente, no início da primavera, a lanço em superfície. Por ser uma cultura perene, fontes de B de menor solubilidade podem ser utilizadas.

6.2.2 - GRAMÍNEAS DE ESTAÇÃO FRIA

Entre as espécies anuais, incluem-se as aveias branca e preta, o azevém (diploide e tretaplóide), o centeio, o capim lanudo, o triticale, a cevada forrageira e o trigo forrageiro. Entre as espécies perenes incluem-se a festuca, a faláris, o dáctilo, a aveia perene e a cevadilha.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio⁽¹⁾
%	kg de N/ha
< 1,6	160 - 180
1,6 - 2,5	140 - 160
2,6 - 3,5	120 - 140
3,6 - 4,5	100 - 120
> 4,5	80 - 100

⁽¹⁾ Para expectativa de rendimento de matéria seca maior que 6 t/ha (anuais) e 8 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar 30 kg de N/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Em cada faixa de teor de matéria orgânica, aumentar a dose de N à

medida que diminui o teor de matéria orgânica. No caso de gramíneas forrageiras anuais de inverno implantadas numa sequencia após leguminosa, utilizar os valores mínimos de cada faixa na tabela. Considerando a cultura antecedente, aplicar entre 15 e 30 kg de N/ha na semeadura e parcelar o restante de duas a quatro aplicações, dependendo da dose e do manejo da espécie forrageira, no perfilhamento e após cada um ou dois períodos de utilização da pastagem. Esse mesmo procedimento é adotado para as espécies perenes a partir do segundo ano, parcelando a dose total em partes iguais, aplicando-se a partir do início do outono e após cada um ou dois períodos de utilização da pastagem.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano ⁽¹⁾		Potássio por cultivo ou ano ⁽¹⁾	
	1º	2º	1º	2º
	..kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha....	
Muito Baixo	170	110	140	100
Baixo	110	90	100	80
Médio	100	60	90	60
Alto	60	60	60	60
Muito Alto	0	≤60	0	≤60

⁽¹⁾ Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas em que já foi feito a correção total de P e K, aplicar, por cultivo (espécies anuais) ou ano (espécies perenes), 60 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha. Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior que 6 t/ha (anuais) e 8 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela, 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Para as espécies anuais, fazer a adubação com P e K na época da semeadura; para as perenes, no início do outono. Na utilização para pastejo, aplicar as doses de P e K da tabela e, caso a pastagem for destinada ao corte ou para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), acrescentar aos valores da tabela 20 kg de K₂O/ha, por tonelada de matéria seca removida.

6.2.3 - GRAMÍNEAS DE ESTAÇÃO QUENTE

Nesse grupo incluem-se, como espécies anuais, o milheto, o sorgo forrageiro, o capim sudão, o teosinto e o capim papuã; este último pode infestar lavouras, no caso de ser introduzido em rotação com culturas.

As gramíneas perenes são incluídas em sistemas pastoris utilizados continuamente por vários anos (longo prazo). Entre as espécies perenes, incluem-se o capim colonião (tanzânia, mombaça, aruana, massai), o capim pangola, o capim quicuio, a grama bermuda (tifton, coastcross, jiggs), a

setária, as braquiárias, a hemártria, a grama missioneira, a pensacola, o capim-de-rhodes e o capim elefante.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio ⁽¹⁾
%	kg de N/ha
< 1,6	200 - 220
1,6 - 2,5	180 - 200
2,6 - 3,5	160 - 180
3,6 - 4,5	140 - 160
> 4,5	120 - 140

⁽¹⁾ Para a expectativa de rendimento maior que 10 t/ha (anuais) e 12 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar 30 kg de N/ha, por tonelada adicional de massa seca a ser produzida.

Em cada faixa de teor de matéria orgânica, aumentar a dose de N à medida que diminui o teor de matéria orgânica. No caso de gramíneas forrageiras anuais de estação quente implantada numa sequência após leguminosa, utilizar os valores mínimos de cada faixa na tabela. Considerando a cultura antecedente, aplicar entre 20 e 30 kg de N/ha na semeadura e parcelar o restante de duas a quatro aplicações, dependendo da dose e do manejo da espécie forrageira, no perfilhamento e após cada um ou dois períodos de utilização da pastagem. Esse mesmo procedimento é adotado para as espécies perenes a partir do segundo ano, parcelando a dose total em partes iguais, aplicando-se ao final do inverno ou início da primavera após cada um ou dois períodos de utilização da pastagem.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano ⁽¹⁾		Potássio por cultivo ou ano ⁽¹⁾		
	1º	2º	1º	2º	
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				...kg de K ₂ O/ha...	
Muito Baixo	190	130	180	140	
Baixo	130	110	140	120	
Médio	120	80	130	100	
Alto	80	80	100	100	
Muito Alto	0	≤80	0	≤100	

⁽¹⁾ Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas em que já foi feito a correção total de P e K, aplicar, por cultivo (espécies anuais) ou ano (espécies perenes), 80 kg de P₂O₅/ha e 100 kg de K₂O/ha. Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior que 10 t/ha (anuais) e 12 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela, 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início da primavera. Na utilização para pastejo, aplicar as doses de P e K da tabela e, caso a pastagem for destinada ao corte ou para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), acrescentar aos valores da tabela 20 kg de K₂O/ha por tonelada de matéria seca removida.

6.2.4 - LEGUMINOSAS DE ESTAÇÃO FRIA

As leguminosas de estação fria são geralmente cultivadas em consorciações; culturas estremes geralmente destinam-se ao pastejo e à produção de sementes ou de feno. Incluem-se como espécies anuais a ervilhaca, o trevo vesiculoso, o trevo subterrâneo e o trevo alexandrino. Como espécies perenes incluem-se o trevo branco, o cornichão, o trevo vermelho e o cornichão maku.

Nitrogênio

Inocular as sementes com rizóbio específico. Optar pela adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar nitrogênio na dose de 20 kg de N/ha, após cada duas utilizações da pastagem.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano ⁽¹⁾		Potássio por cultivo ou ano ⁽¹⁾	
	1º	2º	1º	2º
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				
Muito Baixo	170	110	140	100
Baixo	110	90	100	80
Médio	100	60	90	60
Alto	60	60	60	60
Muito Alto	0	≤60	0	≤60

⁽¹⁾ Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas em que já foi feito a correção total de P e K, aplicar, por cultivo (espécies anuais) ou ano (espécies perenes), 60 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha. Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior do que 4 t/ha (anuais) e 6 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela, 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início do outono. Na utilização para pastejo, aplicar as doses de P e K da tabela e, caso a pastagem for destinada ao corte ou para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), acrescentar aos valores da tabela 20 kg de K₂O/ha por tonelada de matéria seca removida.

6.2.5 - LEGUMINOSAS DE ESTAÇÃO QUENTE

As leguminosas de estação quente destinam-se, geralmente, à reserva de proteína ou para produção de sementes. O amendoim forrageiro tem sido utilizado com bons resultados em pastejo direto em algumas regiões dos Estados do RS e de SC. Cultivos estremos de leguminosas de estação quente também têm sido utilizados para a recuperação de áreas degradadas, com manejo sob pastejos seletivos.

Incluem-se, entre as espécies anuais, o feijão miúdo e o labe-labe. Como espécies perenes incluem-se o guandu, o desmódio, o siratro, a soja perene, o lotononis, a leucena, o amendoim forrageiro e o estilozantes.

Nitrogênio

Deve-se inocular as sementes com o rizóbio específico, se disponível. Para as espécies de estação quente (tropicais) nem sempre há disponibilidade de rizóbio específico, mas por vezes são naturalmente inoculadas por raças nativas. Deve-se utilizar a adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar 20 kg de N/ha, após cada duas utilizações da pastagem.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano ⁽¹⁾		Potássio por cultivo ou ano ⁽¹⁾	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito Baixo	170	110	140	100
Baixo	110	90	100	80
Médio	100	60	90	60
Alto	60	60	60	60
Muito Alto	0	≤60	0	≤60

⁽¹⁾ Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas em que já foi feito a correção total de P e K, aplicar, por cultivo (espécies anuais) ou ano (espécies perenes), 60 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha. Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior do que 5 t/ha (anuais) e 7 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela, 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início da primavera. Na utilização para pastejo, aplicar as doses de P e K da tabela e, caso a pastagem for destinada ao corte ou para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), acrescentar aos valores da tabela 20 kg de K₂O/ha por tonelada de massa seca removida.

6.2.6 - CONSORCIAÇÕES DE GRAMÍNEAS E DE LEGUMINOSAS DE ESTAÇÃO FRIA

As consorciações de gramíneas e de leguminosas de estação fria podem ser implantadas em preparo convencional ou em sistemas de cultivo com preparo reduzido ou plantio direto, em sobre-semeadura e em pastagem natural. A combinação das espécies a serem implantadas depende do sistema produtivo. As consorciações podem ser formadas por espécies anuais, bienais ou perenes. O manejo afeta diretamente a produtividade e a longevidade da pastagem. São importantes no manejo o período e a época de dferimento, a ressemeadura, a lotação (carga animal), a umidade do solo e a altura de pastejo.

Dentre outras, podem ser utilizadas a aveia, o azevém, o centeio, o capim lanudo e o triticale como gramíneas anuais e a festuca, o dáctilo, a aveia perene e a cevadilha perene como gramíneas perenes. Como leguminosas anuais, incluem-se a ervilhaca, o cornichão El Rincon, o trevo vesiculoso e o trevo subterrâneo; como leguminosas perenes, incluem-se o trevo branco, o cornichão São Gabriel e o trevo vermelho.

Nitrogênio

Inocular as sementes das leguminosas com rizóbio específico. Fazer adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar 20 kg de N/ha por ocasião do perfilhamento da gramínea e 20 kg de N/ha após cada duas utilizações da pastagem.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano ⁽¹⁾		Potássio por cultivo ou ano ⁽¹⁾	
	1º	2º	1º	2º
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				
Muito Baixo	170	110	140	100
Baixo	110	90	100	80
Médio	100	60	90	60
Alto	60	60	60	60
Muito Alto	0	≤60	0	≤60

⁽¹⁾ Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas em que já foi feito a correção total de P e K, aplicar, por cultivo (espécies anuais) ou ano (espécies perenes), 60 kg de P₂O₅/ha e 60 kg de K₂O/ha. Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior do que 6 t/ha (anuais) e 8 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início do outono. Na utilização para pastejo, aplicar as doses de P e K da tabela e, caso a pastagem for destinada ao corte ou para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), acrescentar aos valores da tabela 20 kg de K₂O/ha por tonelada de matéria seca removida.

6.2.7 - CONSORCIAÇÕES DE GRAMÍNEAS E DE LEGUMINOSAS DE ESTAÇÃO QUENTE

As consociações de gramíneas e de leguminosas de estação quente podem ser implantadas em preparo convencional ou em sistemas de cultivo com preparo reduzido. A combinação das espécies a serem utilizadas depende do sistema produtivo. As consociações podem ser formadas por espécies anuais, bienais ou perenes. O manejo da pastagem afeta diretamente sua produtividade e longevidade. São importantes para o manejo o período e a época de descanso, a ressemeadura, a lotação (carga animal), a umidade do solo e a altura de pastejo.

Incluem-se, neste grupo, o milheto, o sorgo forrageiro e o teosinto, como gramíneas anuais e a pensacola, o capim-de-rhodes, o capim elefante, o capim colonião, a pangola, a grama bermuda (tifton, coastcross), a setária, as braquiárias, o capim quicuio e a hemártria, como gramíneas perenes. Como leguminosas anuais, incluem-se o feijão miúdo e o labellabe, e como leguminosas perenes o guandu, o desmódio, a leucena, o amendoim forrageiro e a soja perene.

Nitrogênio

Deve-se inocular as sementes com o rizóbio específico, se disponível. Para as espécies de estação quente (tropicais) nem sempre há disponibilidade de rizóbio específico, mas por vezes são naturalmente inoculadas por raças nativas. Deve-se utilizar a adubação nitrogenada somente se for constatada a ineficiência da inoculação. Nesse caso, aplicar 20 kg de N/ha por ocasião do perfilhamento da gramínea e 20 kg/ha após cada duas utilizações da pastagem.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano ⁽¹⁾		Potássio por cultivo ou ano ⁽¹⁾		
	1º	2º	1º	2º	
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				...kg de K ₂ O/ha...	
Muito Baixo	190	130	180	140	
Baixo	130	110	140	120	
Médio	120	80	130	100	
Alto	80	80	100	100	
Muito Alto	0	≤ 80	0	≤ 100	

⁽¹⁾ Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas em que já foi feito a correção total de P e K, aplicar, por cultivo (espécies anuais) ou ano (espécies perenes), 80 kg de P₂O₅/ha e 80 kg de K₂O/ha. Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior do que 10 t/ha (anuais) e 12 t/ha (perenes, a partir do 2º ano), acrescentar a estes valores ou aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Para as espécies anuais, fazer a adubação na época da semeadura; para as perenes, no início da primavera. Na utilização para pastejo, aplicar as doses de P e K da tabela e, caso a pastagem for destinada ao corte ou para outro tipo de utilização (feno, silagem, etc.), acrescentar aos valores da tabela 20 kg de K₂O/ha por tonelada de matéria seca removida.

6.2.8 MILHO E SORGO PARA SILAGEM

O milho e o sorgo forrageiro têm sido utilizados para a produção de forragem conservada na forma de silagem, podendo constituir a base alimentar de sistemas produtivos ou utilizada de forma estratégica em sistemas pastoris. De forma geral, o milho apresenta maior produtividade (em regiões com adaptação) e qualidade superior. Por outro lado, pela capacidade de rebrote, algumas variedades de sorgo podem permitir um segundo corte. Em geral, recomenda-se a utilização de práticas de manejo para estas culturas semelhantes às utilizadas em lavouras para grãos, garantindo assim alta produtividade, alta qualidade de forragem e maior rentabilidade.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio ⁽¹⁾
%	kg de N/ha
< 1,6	160 - 170
1,6 - 2,5	150 - 160
2,6 - 3,5	140 - 150
3,6 - 4,5	130 - 140
> 4,5	120 - 130

⁽¹⁾ Para a expectativa de rendimento maior do que 12 t/ha de matéria seca de silagem, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de N/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Em cada faixa de teor de matéria orgânica, aumentar a dose de N à medida que diminui o teor de matéria orgânica. No caso de milho ou sorgo implantadas numa sequência após leguminosa ou nabo forrageiro com produção de massa seca superior a 3,0 e 4,0 t/ha, respectivamente, diminuir os valores da tabela entre 20 e 30 kg de N/ha.

No sistema de cultivo convencional, recomenda-se aplicar entre 10 e 30 kg de N/ha na semeadura, dependendo da expectativa de rendimento, e o restante em cobertura a lanço ou no sulco, quando as plantas estão com 4 a 8 folhas ou com 40 a 60 cm de altura. Em condições de chuvas intensas ou se a dose de N for elevada pode-se fracionar a aplicação em duas partes com intervalos de 15 a 30 dias.

No sistema plantio direto, recomenda-se aplicar entre 20 e 30 kg de N/ha na semeadura, quando o cultivo for feito sobre resíduos de gramíneas e entre 10 e 15 kg de N/ha quando o cultivo for sobre resíduos de leguminosas. Bons resultados têm sido obtidos com a antecipação da adubação nitrogenada em cobertura (4 a 6 folhas) em lavouras de milho no sistema plantio direto, especialmente nos primeiros anos de implantação do sistema e em solos com baixa disponibilidade de N. O fracionamento da aplicação de N em cobertura é indicado quando a dose é elevada. A incorporação de N em cobertura em relação à aplicação a lanço, aumenta o rendimento em 5%.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por cultivo ou ano ⁽¹⁾		Potássio por cultivo ou ano ⁽¹⁾		
	1º	2º	1º	2º	
...kg de P ₂ O ₅ /ha...				...kg de K ₂ O/ha...	
Muito Baixo	220	160	300	260	
Baixo	160	140	260	240	
Médio	150	110	250	220	
Alto	110	110	220	220	
Muito Alto	≤110	≤110	≤220	≤220	

⁽¹⁾ Se a pastagem for o segundo cultivo em um sistema de culturas em que já foi feito a correção total de P e K, aplicar, 110 kg de P₂O₅/ha e 220 kg de K₂O/ha. Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior do que 12 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 10 kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

6.2.9 - PASTAGENS NATURAIS (NATIVAS OU NATURALIZADAS)

As pastagens naturais incluem os “campos nativos” e as pastagens naturalizadas, resultantes da revegetação de áreas previamente utilizadas para outras finalidades (culturas ou mesmo pastagens anuais). A expressão de seu potencial produtivo depende de práticas adequadas de manejo, incluindo a melhoria da fertilidade do solo. Para tanto, é essencial o conhecimento do tipo de pastagem disponível e o potencial de resposta. A caracterização geral dessas formações é difícil devido à ocorrência de um grande número de espécies, muitas vezes representadas por diferentes ecotipos. Do ponto de vista funcional, há uma grande variabilidade na produtividade, tanto no tempo quanto no espaço (Nabinger et al., 2000). No tempo, as variações são determinadas pelas condições meteorológicas. No espaço, a produtividade forrageira está diretamente relacionada às características físicas e químicas e ao relevo dos solos. Os fatores edáficos determinam grandes variações na composição botânica e na produtividade, em função da dominância de algumas espécies, adaptadas às condições predominantes de solo.

Para a decisão de utilização de áreas sob pastagem natural, em Nabinger et al. (2000) é apresentada uma descrição resumida dos campos e agroecossistemas com a utilização de forrageiras das principais regiões fisiográficas dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e dos sistemas produtivos utilizados com forrageiras. Os campos com predominância de espécies de melhor qualidade, como as do gênero *Paspalum*, apresentam boa resposta à melhoria da fertilidade e propiciam

produção animal comparável às melhores pastagens cultivadas de verão, com a vantagem de não apresentarem os riscos inerentes à fase de estabelecimento das pastagens. Neste tipo de campo, as respostas à correção do solo e à adubação têm sido economicamente viáveis, desde que as demais práticas de manejo sejam corretamente adotadas.

Nitrogênio

O nitrogênio é o principal fator que restringe o potencial produtivo das pastagens naturais. Para essas pastagens, aplicações em cobertura têm apresentado altas respostas produtivas e econômicas, comparáveis às obtidas com pastagens cultivadas de verão. A eficiência de uso de nitrogênio depende da correção das demais deficiências do solo, principalmente dos baixos teores de cálcio, magnésio e fósforo disponível, bem como das condições climáticas e do manejo da pastagem.

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio ⁽¹⁾
%	kg de N/ha
< 1,6	120 - 130
1,6 - 2,5	110 - 120
2,6 - 3,5	100 - 110
3,6 - 4,5	90 - 100
> 4,5	80 - 90

⁽¹⁾ Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior que 5 t/ha, acrescentar 20 kg de N/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Em cada faixa de teor de matéria orgânica, aumentar a dose de N à medida que diminui o teor de matéria orgânica. Aplicar a dose total de forma parcelada em duas a três aplicações, em partes iguais, aplicando-se ao final do inverno ou início da primavera e após intervalos de 60 a 90 dias, durante o período de utilização da pastagem na estação de crescimento (verão), dependendo da dose e do manejo da pastagem.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por ano ⁽¹⁾		Potássio por ano ⁽¹⁾	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...			
Muito Baixo	100	80	100	80
Baixo	75	65	75	65
Médio	70	50	70	50
Alto	50	50	50	50
Muito Alto	0	≤50	0	≤50

⁽¹⁾ Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior do que 5 t/ha, acrescentar 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Aplicar a dose total de P e K ao final do inverno ou início da primavera, em cobertura, juntamente com a primeira aplicação do N. Em solos com CTC “Baixa”, dividir a quantidade total de K em duas doses, a serem aplicados juntamente com a aplicação do adubo nitrogenado.

Quando for aplicado calcário ou em solos com pH maior que 5,2, é recomendada a utilização de fosfatos solúveis.

6.2.10 - PASTAGENS NATURAIS COM INTRODUÇÃO DE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS

O aumento da capacidade de produção de pastagens naturais pode ser obtido com a introdução em sobre-semeadura, cultivo mínimo ou plantio direto, de espécies de inverno acompanhada da melhoria da fertilidade do solo pela calagem e pela adubação. Sempre que possível, deve-se incluir espécie(s) leguminosa(s), visando a melhor qualidade da forragem e à economia de nitrogênio.

Em relação às espécies de estação fria, podem ser introduzidas gramíneas, leguminosas ou consórcios. As principais consociações em sobre-semeadura incluem o azevém+trevo branco+comichão, o azevém+trevo vesiculoso, a aveia+azevém+trevo vesiculoso e o azevém+trevos (branco, vermelho, subterrâneo).

A adubação sugerida a seguir visa o fornecimento de nutrientes para a(s) espécie(s) de inverno introduzidas e, no verão, têm-se a produção da pastagem natural. Assim, a adubação de verão, para suprir as necessidades da pastagem natural, deve seguir as recomendações apresentadas no Item 6.2.9.

Nitrogênio

No caso de introdução de apenas leguminosas, fazer a inoculação das sementes com rizóbio específico. Aplicar nitrogênio somente se for constatada a ineficiência da inoculação.

No caso de introdução de gramíneas e leguminosas consorciadas, aplicar nitrogênio na dose de 20 kg de N/ha por ocasião do perfilhamento da gramínea e 20 kg/ha após cada duas utilizações da pastagem.

Se forem introduzidas apenas gramíneas, adotar as recomendações de nitrogênio conforme a tabela abaixo.

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio ⁽¹⁾
%	kg de N/ha
< 1,6	140 - 155
1,6 - 2,5	125 - 140
2,6 - 3,5	110 - 125
3,6 - 4,5	95 - 110
> 4,5	80 - 95

⁽¹⁾Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior que 5 t/ha, acrescentar 30 kg de N/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

Em cada faixa de teor de matéria orgânica, aumentar a dose de N à medida que diminui o teor de matéria orgânica. Aplicar 20 kg de N/ha na semeadura e parcelar o restante da dose de duas a quatro aplicações iguais, dependendo da dose e do manejo da espécie forrageira, no perfilhamento da(s) gramínea(s) introduzida(s) e após cada um ou dois períodos de utilização da pastagem.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo por ano ⁽¹⁾		Potássio por ano ⁽¹⁾	
	1º	2º	1º	2º
	...kg de P ₂ O ₅ /ha...		...kg de K ₂ O/ha...	
Muito Baixo	160	100	130	90
Baixo	100	80	90	70
Médio	90	50	80	50
Alto	50	50	50	50
Muito Alto	0	≤50	0	≤50

⁽¹⁾ Para a expectativa de rendimento de matéria seca maior do que 5 t/ha, acrescentar 10 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de matéria seca a ser produzida.

No caso de introdução de espécies anuais e/ou perenes, aplicar a dose total de P e K por ocasião da semeadura/implantação. No caso das espécies perenes, a partir do segundo ano, a reposição de P e de K deve ser feita no início do outono.

6.3 HORTALIÇAS

Atualizado por:

Jucinei José Comin
Cledimar Rogério Lourenzi
Jamil Abdalla Fayad
Claudinei Kurtz
Marcelo Zanella
Paulo Emilio Lovato

As hortaliças absorvem grandes quantidades de nutrientes em curto período de tempo e, por isso, são consideradas plantas exigentes em nutrientes prontamente disponíveis. Além disso, pelo fato de normalmente ser colhida a planta inteira, são também consideradas plantas esgotantes do solo. A calagem e a adubação são muito importantes para essas culturas.

A olericultura é a atividade agrícola que oferece as maiores respostas à adubação, tanto em aumento na produtividade como no valor comercial. A maximização do lucro líquido por hectare cultivado geralmente está muito próxima à maximização da produtividade.

No entanto, as adubações em excesso podem causar acúmulo de nutrientes no solo, a exemplo do P e do K; desequilíbrios nutricionais, que interferem na resistência das plantas a pragas e doenças; e poluição ambiental.

O sistema de recomendação para as hortaliças

As culturas deste grupo respondem à calagem, sendo a interpretação dos parâmetros da acidez e a recomendação da calagem tratadas no

Capítulo 5 deste Manual. A interpretação da disponibilidade de N, P e K é feita a partir dos resultados da análise de solo (ver Capítulo 6). Para evitar problemas ambientais e/ou desequilíbrios na nutrição das plantas, quando os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P_2O_5 e/ou K_2O no cultivo subsequente a análise, já que há baixíssima probabilidade de resposta das culturas e, por outro lado, há elevado risco de poluição ambiental. Posteriormente ao cultivo, deve-se realizar nova análise para monitorar os valores de disponibilidade de P e/ou K.

As hortaliças apresentam uma demanda maior de nutrientes curto período de tempo, quando comparado às culturas de grãos, por exemplo. Devido a isso, o cultivo de hortaliças em solos com teores de P e/ou K abaixo do teor crítico, especialmente quando classificados como “Muito baixos”, pode não permitir a máxima produtividade no primeiro ciclo da cultura. Para minimizar este efeito, recomenda-se a correção do solo incorporando o fertilizante com antecedência à introdução das hortaliças, podendo ocorrer também a aplicação de adubos orgânicos e um cultivo precedente com uma planta de cobertura. As doses de P_2O_5 e K_2O para a adubação de correção com P e/ou K quando a disponibilidade estiver abaixo do teor crítico estão inseridas nas tabelas das culturas e, para determiná-las, deve-se descontar o valor recomendado nas classes “Muito baixo”, “Baixo” e “Médio” dos valores na classe “Alto”. Caso adotado essa estratégia de correção no cultivo anterior, o cultivo da hortaliça deve receber a adubação equivalente ao nível “Alto” e, posteriormente ao cultivo, realizar nova análise para monitorar os valores de disponibilidade de P e/ou K.

As quantidades de adubos são recomendadas por unidade de superfície, isto é, em kg/ha, considerando sempre a área efetivamente ocupada pelas plantas. A expressão em g/m² é mais usada em sistemas já encanteirados, onde a adubação é feita somente na área superficial dos canteiros, sem considerar os caminhos. Para transformar a recomendação em kg/ha para g/m², basta dividir os valores das tabelas de recomendação por 10. Exemplo: 240 kg de P_2O_5 /ha/10 = 24 g de P_2O_5 /m².

Na olericultura, é comum o sistema de plantio em camalhões onde a adubação é feita em sulcos, antes da confecção dos camalhões. Nesse caso, é usual transformar a recomendação de kg/ha em g/m linear, adotando a seguinte equação:

g/m linear de sulco = $(Q \times E)/10$

em que:

Q = Quantidade de adubo, em kg/ha; e,

E = espaçamento entre camalhões, em m.

Manejo da adubação

Na olericultura, devido ao ciclo curto da maioria das espécies, usualmente são utilizados adubos simples ou formulados, solúveis em água. A utilização de fosfatos naturais não é recomendada, pois, normalmente, as áreas destinadas à olericultura já possuem pH corrigido e alta concentração de Ca e de P, nessas condições, a solubilização desses fosfatos é muito lenta, comprometendo a sua eficiência agronômica.

Recomenda-se evitar a geração de alta salinidade no solo decorrente da adubação das hortaliças, principalmente pela utilização de adubos potássicos e nitrogenados, os quais têm elevado potencial de salinização. Para atenuar os efeitos da salinização, a aplicação em mistura com o solo pode ser feita vários dias antes do plantio e a irrigação pode remover parte dos sais prejudiciais ao ambiente radicular. Adicionalmente, para minimizar esse problema, é preferível aplicar parte do N em cobertura. Para aumentar a eficiência de utilização do N em cobertura, este pode ser dissolvido e aplicado na água de irrigação, principalmente no sistema de irrigação por gotejamento. O K também pode ser aplicado parcialmente em cobertura, juntamente com o N, principalmente em solos arenosos e/ou com baixa CTC.

A disponibilidade de Ca e de Mg deve ser adequada, mantendo-se o pH e/ou a saturação da CTC_{pH 7,0} por bases de acordo com o indicado no Capítulo 5. O S deve ser monitorado, porque a utilização de formulações NPK concentradas, geralmente com baixo teor de S, pode não haver suprimento adequado desse nutriente para as hortaliças, principalmente para as brassicáceas, que são mais exigentes. O uso de adubos que contêm S (superfosfato simples e sulfato de amônio, por exemplo) e o monitoramento do S pela análise de solo são importantes na olericultura.

Os micronutrientes são exigidos em pequenas quantidades pelas plantas. No entanto, a sua carência pode afetar a produtividade das hortaliças e, por isso deve-se fazer o monitoramento da sua disponibilidade através da

análise de solo. A couve-flor e outras brassicáceas necessitam de quantidades maiores de B e de Mo do que a maioria das hortaliças. O tomate, o alho, a beterraba e a cenoura também necessitam de maiores quantidades destes dois micronutrientes. Para alguns solos pode ser necessária a aplicação de Cu e de Zn, pois em geral, as fórmulas NPK não contêm esses nutrientes.

Adubação orgânica e uso de plantas de cobertura

A adubação orgânica no plantio, dependendo da qualidade do material utilizado, pode suprir parte da demanda de macro e micronutrientes para as culturas. Assim, quando necessário, deve-se complementar o restante dos nutrientes com fontes solúveis em água. O uso de resíduos orgânicos, principalmente de origem animal, é prática comum em olericultura, seja devido à sua função como condicionador do solo ou como fornecedor de nutrientes. Os adubos orgânicos se constituem em importante fonte de micronutrientes para as hortaliças, especialmente em cultivos com predominância de adubação mineral usando fórmulas NPK. Entretanto, quando os resíduos orgânicos são aplicados com muita frequência, devem-se monitorar os índices de salinidade do solo, devido à possibilidade de acumulação excessiva de sais.

O adubo orgânico mais recomendado é o esterco bovino (esterco de curral). A utilização continuada de esterco de poedeiras deve ser evitada para que não ocorra aumento excessivo do pH do solo. A utilização da adubação orgânica deve considerar as necessidades de nutrientes de cada cultura constantes neste Capítulo e as quantidades de N, P₂O₅ e K₂O supridas pela adubação orgânica devem ser consideradas nas quantidades totais a serem aplicadas, sendo a utilização simultânea das adubações orgânica e mineral calculada conforme Capítulo 9.

A maior eficiência dos adubos orgânicos é obtida pela aplicação a lanço e incorporação na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Dependendo do espaçamento da cultura, os adubos orgânicos podem ser também utilizados em faixas, berço ou em sulcos, antes da confecção dos camalhões.

A utilização de plantas de cobertura, principalmente de espécies leguminosas e a posterior incorporação ou manutenção dos seus resíduos na superfície do solo, é uma prática ainda pouco difundida na olericultura, mas a sua adoção em áreas de pousio ou mesmo em sistemas de rotação, deve ser estimulada devido aos seus benefícios. Por meio do uso de adubos verdes e deposição dos resíduos vegetais se obtém a proteção da superfície do solo

do impacto das gotas da chuva e dos extremos de temperatura e umidade; controla-se as plantas espontâneas em níveis não prejudiciais às plantas de interesse econômico; e no perfil do solo tem-se o efeito de melhoria da estrutura do solo, de fornecimento de carbono e da ciclagem de nutrientes, que contribuem para a melhoria da atividade biológica do solo.

A utilização dos adubos verdes e/ou plantas de coberturas no sistema de plantio direto de hortaliças, em substituição ao sistema de preparo convencional, aumenta a quantidade de matéria seca depositada na superfície do solo, reduz os processos erosivos e favorece a recuperação dos atributos químicos, físicos e biológicos. A melhoria da estrutura do solo tem relação direta com a família das plantas de cobertura utilizadas. As poáceas, antiga família das gramíneas, apresentam matéria seca de elevada relação C/N e um sistema radicular extenso e renovado constantemente, favorecendo a rizodeposição de carbono e exsudados radiculares, o que as tornam espécies mais eficientes para aumentar e manter a estabilidade dos agregados do solo em comparação à família das leguminosas. Estas, devido a fixação biológica de nitrogênio, aumentam o conteúdo deste elemento no solo, porém, devido à relação C/N mais baixa da matéria seca, ocorre a decomposição mais acelerada dos resíduos, deixando o solo descoberto mais rapidamente.

O consórcio de plantas de cobertura com gramíneas e leguminosas para a formação da matéria seca que será depositada na superfície do solo no sistema de plantio direto de hortaliças é recomendado pelo fato de se obter resíduos com relação C/N intermediária, resultando em maior persistência na superfície do solo, o que irá acarretar em melhorias nos atributos edáficos e fornecer os nutrientes às culturas de interesse de maneira mais gradativa.

Considerações para ajustar as tabelas de adubação com base nas taxas de crescimento e absorção de nutrientes

As tabelas de recomendação de adubação de cada cultura foram construídas em condições agroclimáticas médias dos experimentos de calibração realizados, o que pode não se repetir nos cultivos comerciais, afetando as taxas diárias de absorção de nutrientes. Por isso, as quantidades indicadas nas tabelas de adubação podem sofrer ajustes em resposta às condições de umidade, temperatura e luminosidade, que afetam a capacidade diária de produção e a saúde da planta. Como forma de auxiliar no ajuste da recomendação, as hortaliças são agrupadas em dois grupos de acordo com a dinâmica de absorção de nutrientes:

Grupo 1: Neste grupo estão as hortaliças que são colhidas quando completam seu ciclo cultural, como o tomate, o pimentão, a berinjela, a melancia, as abóboras, o chuchu, as morangas, a cebola e o alho. Na primeira fase de crescimento (0 a 40 dias) a planta absorve, aproximadamente, 17% do total de nutrientes que acumulará ao longo do ciclo cultural. Na segunda fase (40 a 100 dias), são acumulados, aproximadamente, 70% dos nutrientes, coincidindo com a fase reprodutiva e enchimento de frutos e tubérculos. E, por último, a terceira fase (a partir de 100 dias), é aquela de amadurecimento e colheita, correspondendo a, aproximadamente, 13% dos nutrientes acumulados.

Grupo 2: Neste grupo estão as hortaliças colhidas na fase vegetativa e na floração imatura como o repolho, a couve-flor, o brócolis, a alface, a rúcula, a chicória e os temperos verdes. Na primeira fase (0 a 25 dias) a planta absorve, aproximadamente, 4% do total de nutrientes que acumulará ao longo do ciclo cultural. Na segunda fase (25 a 50 dias), são acumulados, aproximadamente, 28% do total de nutrientes, coincidindo com a fase reprodutiva e enchimento de frutos e tubérculos. E, por último, a terceira fase (a partir de 50 dias), que é de amadurecimento e colheita, correspondendo ao acúmulo de, aproximadamente, 68% dos nutrientes.

As taxas de absorção de nutrientes irão variar em função da interferência das condicionantes climáticas. Condições climáticas que afetam negativamente ou positivamente as plantas podem persistir por vários dias e durante esses eventos persistentes se pode aumentar, diminuir e até eliminar a adubação recomendada nas tabelas para a fase, que refletirá na produção e na saúde da planta. A título de exemplo, em períodos com temperaturas ótimas para a fase da cultura, associados a muita luminosidade, haverá aumento na produção fotossintética e também da evapotranspiração, sendo possível que a planta necessite de mais nutrientes (e com certeza de mais água). Por outro lado, em caso de diminuição da fotossíntese, fato que pode ocorrer em dias nublados e, ainda mais com temperaturas abaixo do ótimo, é possível que a planta necessite de menos nutrientes (e com certeza de menos água). Outros sinais característicos (aparência) da parte aérea e radicular também podem auxiliar no ajuste da adubação, como: a) diferença no tamanho dos frutos entre os cachos; b) o tamanho e intensidade de cor da folha; c) a diferença na intensidade da cor verde entre as folhas velhas e novas; e d) os sinais de retranslocação dos nutrientes das folhas baixeiros (saia da planta) para

outras partes da planta. Nestes casos, deve-se consultar orientação técnica ou bibliografia especializada para readequação do manejo da fertilização.

6.3.1 – ABÓBORA, ABOBRINHA e MORANGA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	180
2,6 – 5,0	140
> 5,0	≤100

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas.

Para a abóbora e moranga aplicar aos 25, 32, 39, 46, 53 e 60 dias após o plantio as quantidades de 5, 10, 15, 20, 25 e 25% do restante do N recomendado. Para a abobrinha aplicar aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio as quantidades de 15, 15, 30 e 40% do restante do N recomendado.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	240	210
Baixo	160	150
Médio	120	120
Alto	80	90
Muito Alto	≤40	≤60

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para a abóbora e moranga aplicar aos 25, 32, 39, 46, 53 e 60 dias após o plantio as quantidades de 5, 10, 15, 20, 25 e 25% do K₂O recomendado. Para a abobrinha aplicar aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio as quantidades de 15, 15, 30 e 40% de K₂O recomendado. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.2 – ALCACHOFRA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	180 - 240
2,6 - 5,0	120 - 180
> 5,0	≤120

A recomendação de N no plantio é aplicar 40 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. O restante deve ser aplicado em cobertura em duas vezes, sendo a primeira no início do aparecimento das cabeças e a outra 30 dias após.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	220	240
Baixo	140	180
Médio	100	150
Alto	60	120
Muito Alto	≤40	≤90

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio e a de K₂O deve ser parcelada em duas vezes, sendo 50% da recomendação no plantio e 50% da recomendação no início do aparecimento das cabeças. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.3 – ALFACE, ALMEIRÃO, CHICÓRIA, RÚCULA e SALSA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	180
2,6 – 5,0	140
> 5,0	≤100

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas.

Para a alface, aplicar aos 10, 20 e 30 dias as quantidades de 20, 35 e 45% do restante de N recomendado. Para o almeirão, chicória e rúcula aplicar aos 14 e 21 dias após o plantio doses de 50% do restante de N recomendado. Para a salsa, aplicar 25% do N recomendado aos 10 dias após o plantio e repetir as aplicações após cada corte.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	240	240
Baixo	160	180
Médio	120	150
Alto	80	120
Muito Alto	≤40	≤90

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para a alface, aplicar aos 10, 20 e 30 dias as quantidades de 20, 35 e 45% do K₂O recomendado. Para o almeirão, chicória e rúcula aplicar aos 14 e 21 dias após o plantio doses de 50% da recomendação de K₂O. Para a salsa, aplicar 25% do K₂O recomendado aos 10 dias após o plantio e repetir as aplicações após cada corte. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.4 – ALHO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	350
2,6 – 5,0	300
> 5,0	≤ 255

Aplicar 1/3 da dose de N no plantio, preferencialmente, através de fontes orgânicas, 1/3 entre 25 e 45 dias após o plantio e 1/3 entre 10 e 15 dias após a diferenciação visual em bulbilhos. A última aplicação dependerá do vigor das plantas, doenças e pré-disposição ao superbrotamento. O uso de N em excesso pode causar bacterioses e o superbrotamento.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	570	530
Baixo	435	440
Médio	370	395
Alto	300	350
Muito Alto	≤200	≤300

As aplicações de P e K, na forma de adubo formulado ou fertilizantes simples, deverão ser realizadas em área total ou apenas na superfície dos canteiros previamente ao plantio. Após a aplicação, incorporar os fertilizantes até 20 cm de profundidade. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

Micronutrientes Zn e B para aplicação no plantio

Interpretação do teor no solo ⁽¹⁾	Zn	B
.....kg/ha.....		
Baixo	15	1,0
Médio	12	0,8
Alto	9	0,6

⁽¹⁾ Ver tabela 6.12

Quando necessário, pode-se aplicar sulfato de zinco a 0,5% e/ou bórax (borato de sódio) a 0,2% para suprir eventuais deficiências de Zn e de B, fazendo-se quatro a seis aplicações em intervalos de uma a duas semanas.

6.3.5 – ASPARGO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Instalação	Formação	Manutenção
.....kg de N/ha.....			
%			
≤ 2,5	120	120	60
2,6 – 5,0	100	100	60
> 5,0	≤80	≤80	≤60

Quando o teor de matéria orgânica do solo for >5,0%, as quantidades de N a aplicar podem ser reduzidas em 10 kg de N/ha para cada

aumento de 1% de matéria orgânica.

Fósforo e Potássio

Interpretação de P ou K	Fósforo			Potássio		
	Pré-plantio	Formação	Manutenção	Pré-plantio	Formação	Manutenção
	.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....					
Muito Baixo	300	0	120	220	150	180
Baixo	220	0	120	160	150	180
Médio	180	0	120	130	150	180
Alto	140	0	120	100	150	180
Muito Alto	≤100	0	≤120	≤70	≤150	≤180

Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

Observações referentes à adubação

Adubação de pré-plantio: as doses de P e de K podem ser parceladas, aplicando-se a metade uniformemente em toda a área e incorporando-se por aração. O restante deve ser aplicado no fundo das valetas, no plantio.

Na instalação do espargos, aplicar a metade do N no plantio, no fundo das valetas, e o restante em cobertura, ao lado das plantas, em novembro-dezembro. Quando for utilizado adubo orgânico, não adicionar N mineral no plantio, aplicando-se apenas a metade da dose em cobertura na data indicada.

A formação do espargos corresponde aos dois primeiros anos, antes da fase produtiva. Aplicar a metade das doses de N e de K em agosto-setembro e o restante em novembro-dezembro, distribuindo o fertilizante em faixas, nos dois lados das linhas de plantas.

A manutenção se refere ao terceiro e ao quarto anos. Também nesse caso, dividir a dose em duas parcelas e aplicar uma antes da confecção dos caminhões e outra no término da colheita.

Coletar, no 5º ano, outra amostra de solo para análise, reavaliando-se a necessidade de correção da fertilidade. Utilizar, nesse caso, as indicações de doses referentes à “adubação de pré-plantio”. Aplicar, do 6º ano em diante, as doses de NPK indicadas para a manutenção.

A incorporação dos nutrientes deve ser feita a uma profundidade mínima de 10 cm, no período de dormência. Deve-se evitar arações profundas para não prejudicar o sistema radicular da cultura. É indicada a aplicação de adubo orgânico, no mínimo, de dois em dois anos.

6.3.6 – BERINJELA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	300
2,6 – 5,0	250
> 5,0	≤150

Caso a aplicação for realizada via fertirrigação, aplicar 4, 2, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 9, 9, 8, 7, 6, 5 e 4% do N recomendado na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a, 6^a, 7^a, 8^a, 9^a, 10^a, 11^a, 12^a, 13^a, 14^a, 15^a, 16^a e 17^a semanas após o plantio, respectivamente. Caso não haja fertirrigação, aplicar 6, 5, 9, 13, 17, 18, 17, 13 e 15% do N recomendado na 2^a, 4^a, 6^a, 8^a, 10^a, 12^a, 14^a, 16^a e 18^a semanas após o plantio, respectivamente.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	240	220
Baixo	160	160
Médio	120	130
Alto	80	100
Muito Alto	≤40	≤60

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para o K, caso a aplicação for realizada via fertirrigação, aplicar 4, 2, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 9, 9, 8, 7, 6, 5 e 4% do K₂O recomendado na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a, 6^a, 7^a, 8^a, 9^a, 10^a, 11^a, 12^a, 13^a, 14^a, 15^a, 16^a e 17^a semanas após o plantio, respectivamente. Caso não haja fertirrigação, aplicar 6, 5, 9, 13, 17, 18, 17, 13 e 15% do K₂O recomendado na 2^a, 4^a, 6^a, 8^a, 10^a, 12^a, 14^a, 16^a e 18^a semanas após o plantio, respectivamente. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.7 – BETERRABA e CENOURA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	130
2,6 – 5,0	100
> 5,0	≤70

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. O restante do N deve ser aplicado em três parcelas aos 15, 30 e 40 dias após o plantio, nas quantidades de 20, 30 e 50% do restante de N recomendado.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	370	280
Baixo	235	190
Médio	170	145
Alto	100	100
Muito Alto	≤50	≤50

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para o K₂O, aplicar em três parcelas aos 15, 30 e 40 dias após o plantio a quantidade de 20, 30 e 50% do K₂O recomendado. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

Enxofre

Para solos com teor de S <10 mg/dm³, aplicar 30 kg/ha de S no plantio.

6.3.8 – BRÓCOLIS e COUVE-FLOR

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	260
2,6 – 5,0	180
> 5,0	≤ 100

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. Aplicar 20% do restante do N recomendado dos 10 aos 15 dias após o plantio; aplicar 40% dos 30 aos 35 dias após o plantio e 40% no início do botão floral. Em sistema de plantio direto consolidado, reduzir em 30% as doses indicadas. Caso a planta apresentar coloração verde intenso, a última aplicação de N (início do botão floral) pode ter sua dose reduzida.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	240	200
Baixo	160	140
Médio	120	110
Alto	80	80
Muito Alto	≤40	≤50

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para o K₂O, aplicar 20% do recomendado dos 10 aos 20 dias após o plantio; aplicar 40% do K₂O recomendado dos 30 aos 35 dias após o plantio e 40% do K₂O recomendado no início do botão floral. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.9 – CEBOLA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio ⁽¹⁾
%	kg de N/ha
≤ 2,5	120
2,6 – 5,0	100
> 5,0	≤ 80

⁽¹⁾ Para a expectativa de rendimento maior do que 30 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 4 kg de N/ha por tonelada adicional de bulbos a serem produzidos.

Adicionar 15% da dose no plantio e o restante da dose dividir em pelo menos três parcelas de 25, 35 e 25% da dose em cobertura aos 35, 60 e 85 dias após o transplante. Preferencialmente usar parte da adubação de fontes orgânicas.

Para o sistema de semeadura direta (semeadura em área definitiva)

acrescentar 20% para as doses indicadas na tabela acima, aplicando-se 20 kg/ha na semeadura e o restante da dose dividir em pelo menos quatro aplicações em cobertura aos 45, 80, 110 e 140 dias após a semeadura.

No manejo do solo em sistema de plantio direto já consolidado ou no caso de armazenamento da produção por período longo, sugere-se reduzir as doses em até 25% em relação àquelas indicadas na tabela acima.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	280	210
Baixo	200	150
Médio	160	120
Alto	120	90
Muito Alto	≤80	≤60

Para a expectativa de rendimento maior do que 30 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 3 kg de P₂O₅/ha e 3 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de bulbos a serem produzidos. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

Não adicionar doses superiores a 60 kg/ha de K₂O na linha de semeadura ou transplante. Para doses médias e altas aplicar parte do K (50 %) a lanço no transplante/semeadura e o restante em cobertura juntamente com o N aos 60 e 85 dias após o transplante ou aos 110 e 140 dias após a semeadura direta em campo definitivo.

Enxofre

Em solos arenosos e pobres em matéria orgânica ou em solos frequentemente cultivados com cebola ou outras espécies exigentes em S, recomenda-se a adição de 30 a 60 kg/ha de S, sendo a maior dose em solos arenosos ou pobres em matéria orgânica.

Micronutrientes

Zinco: adicionar 3 a 4 kg/ha via solo no transplante ou semeadura. Mesmo em solos com teor >2 mg/dm³ de Zn a cultura apresenta resposta (Kurtz & Ernani, 2010), possuindo efeito residual de pelo menos dois anos.

Boro: adicionar 1,5 a 2 kg/ha via solo no transplante ou semeadura a cada cultivo.

Manganês: Em áreas deficientes realizar de 2 a 4 pulverizações foliares com sulfato de manganês a 1%.

Para suprir eventuais deficiências na fase de desenvolvimento da lavoura para Zn, B e Mn, pode-se aplicar via foliar, sulfato de zinco a 0,5% e/ou ácido bórico (ou bórax) a 0,25% e/ou sulfato de manganês a 1%, fazendo-se de duas a quatro aplicações em intervalos de uma a duas semanas.

Extração, exportação e faixa adequada de nutrientes em cebola.

Interpretação do teor de P ou K no solo	Nutriente										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	B	Mn
	.....kg/t										
Extração ⁽¹⁾	2,7	0,9	2,3	1,3	0,3	0,5	20,4	0,9	2,3	5,9	4,0
Exportação ⁽²⁾	1,6	0,6	1,2	0,5	0,2	0,3	7,7	0,6	1,7	4,2	1,7
	.....g/kg										
Faixa adequada ⁽³⁾	25-40	2-4	20-50	7-30	2-4	5-8	60-300	6-20	10-50	10-50	30-200

⁽¹⁾Quantidade de nutriente em toda a parte aérea da planta para cada tonelada produzida

⁽²⁾Quantidade de nutriente nos bulbos para cada tonelada produzida.

OBS: Geralmente é retirada da lavoura na colheita a planta toda e não somente os bulbos, neste caso, tudo que a planta extrai é exportado.

⁽³⁾Teor de nutriente na folha mais jovem totalmente desenvolvida na metade do ciclo (início da bulbificação). Coletar folhas de pelo menos 20 plantas para compor a amostra.

6.3.10 – CHUCHU

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	240
2,6 – 5,0	160
> 5,0	≤ 80

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. Aplicar 10% do restante do N recomendado a cada 15 dias após o início da frutificação.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	240	240
Baixo	160	180
Médio	120	150
Alto	80	120
Muito Alto	≤ 40	≤ 90

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para o K₂O, aplicar 10% da dose de K₂O recomendado a cada 15 dias após o início da frutificação. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.11– ERVILHA

Nitrogênio

A adubação nitrogenada não é recomendada, considerando-se a eficiência das estirpes de rizóbio disponíveis, sendo necessária, no entanto, uma inoculação adequada.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	240	210
Baixo	160	150
Médio	120	120
Alto	80	90
Muito Alto	≤ 40	≤ 60

Aplicar o P₂O₅ e o K₂O no plantio. Entretanto, não adicionar doses superiores a 60 kg/ha de K₂O na linha de semeadura. Para doses superiores a isso, aplicar parte do K (50%) a lanço na semeadura e o restante em cobertura antes do florescimento. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.12 – MANDIOQUINHA SALSA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	180
2,6 – 5,0	160
> 5,0	≤ 140

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. Aplicar 20, 20, 30, 15 e 15% do restante do N recomendado aos 90, 135, 190, 235 e 290 dias após o plantio.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	220	340
Baixo	140	250
Médio	100	205
Alto	60	160
Muito Alto	≤ 40	≤ 60

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para o K₂O, aplicar 20, 20, 30, 15 e 15% do recomendado aos 90, 135, 190, 235 e 290 dias após o plantio. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.13 – MELANCIA e MELÃO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	160
2,6 – 5,0	140
> 5,0	≤ 120

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. Aplicar 5, 10, 15, 20, 25 e 25% do restante do N recomendado aos 25, 32, 39, 46, 53 e 60 dias após o plantio.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	250	200
Baixo	170	140
Médio	130	110
Alto	90	80
Muito Alto	≤ 50	≤ 50

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para o K₂O, aplicar 5, 10, 15, 20, 25 e 25% do recomendado aos 25, 32, 39, 46, 53 e 60 dias após o plantio. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.14 – NABO e RABANETE

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	40
2,6 – 5,0	30
> 5,0	≤ 20

Aplicar todo o N no plantio. Em solos com teores de matéria orgânica maiores que 5,0%, a adubação nitrogenada pode ser diminuída em 50% da dose recomendada.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	260	210
Baixo	180	150
Médio	140	120
Alto	100	90
Muito Alto	≤ 60	≤ 60

Aplicar o P₂O₅ e o K₂O no plantio. Entretanto, não adicionar doses superiores a 60 kg/ha de K₂O na linha de semeadura. Para doses superiores a isso, aplicar parte do K (50%) a lanço na semeadura e o restante

em cobertura 15 dias após o plantio, para o rabanete, e antes do florescimento para o nabo. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P_2O_5 e/ou K_2O .

6.3.15 – PALMEIRA REAL AUSTRALIANA

Nitrogênio

a) Adubação de cobertura e formação

Teor de matéria orgânica no solo	Faixas de Densidade (plantas/ha)					
	10.000		15.000		20.000	
	Cobertura	Formação	Cobertura	Formação	Cobertura	Formação
% kg de N/ha						
≤ 2,5 50 130 60 140 70 150						
2,6 – 5,0 40 100 50 110 60 120						
> 5,0 30 80 40 90 50 100						

A adubação de cobertura é realizada de 30 a 40 dias após o transplante das mudas. Na adubação de formação, aplicar a dose recomendada (tabela) parcelada em duas vezes (no 5º e no 9º mês após o plantio). Recomenda-se que alguma das aplicações de N seja efetuada com fertilizantes que contenham enxofre (Ex. sulfato de amônio; adubos orgânicos).

b) Adubação de produção

Teor de matéria orgânica no solo	Faixas de Densidade (plantas/ha)		
	10.000	15.000	20.000
%kg de N/ha.....			
≤ 2,5 200 210 230			
2,6 – 5,0 170 190 200			
> 5,0 120 140 160			

Na adubação de produção, as doses de nitrogênio são anuais e recomendadas para o segundo ano (a partir do 13º mês após o plantio) e terceiro ano (a partir do 25º mês) após o plantio. A adubação nitrogenada deve ser parcelada em, no mínimo, três aplicações anuais (de quatro em quatro meses). Primeira aplicação deve ser realizada no décimo terceiro mês após o plantio.

Fósforo

a) Adubação de pré-plantio

Interpretação do teor de P no solo	Faixas de Densidade (plantas/ha)		
	10.000	15.000	20.000
.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....			
Muito Baixo	200	210	220
Baixo	120	130	140
Médio	80	90	100
Alto	40	50	60
Muito Alto	0	0	0

b) Adubação de produção

Interpretação do teor de P no solo	Faixas de Densidade (plantas/ha)		
	10.000	15.000	20.000
.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....			
Muito Baixo	70	80	90
Baixo	60	70	80
Médio	50	60	70
Alto	30	30	40
Muito Alto	20	20	20

A adubação de pré-plantio deve ser incorporada ao solo. Não é prevista a adubação de formação para fósforo pois as doses de pré-plantio são suficientes para o estabelecimento das plantas. Na adubação fosfatada de produção, as doses recomendadas são anuais para o segundo ano (a partir do 13º mês após o plantio) e terceiro ano (a partir do 25º mês) após o plantio.

Potássio

a) Adubação de pré-plantio e de formação

Interpretação do teor de K no solo	Faixas de Densidade (plantas/ha)					
	10.000		15.000		20.000	
	Pré-plantio	Formação	Pré-plantio	Formação	Pré-plantio	Formação
.....kg de K ₂ O/ha						
Muito Baixo	120	80	130	90	140	100
Baixo	80	60	90	70	100	80
Médio	70	40	80	50	90	60
Alto	40	40	50	50	60	60
Muito Alto	0	20	0	20	0	30

A adubação potássica de pré-plantio deve ser incorporada ao solo juntamente com a adubação fosfatada. Na adubação de formação, aplicar a dose recomendada (tabela) parcelada em duas vezes (no 5º e no 9º mês após o plantio).

b) Adubação de produção

Interpretação do teor de K no solo	Faixas de Densidade (plantas/ha)		
	10.000	15.000	20.000
..... kg de K ₂ O/ha			
Muito Baixo	110	120	130
Baixo	100	110	120
Médio	80	90	100
Alto	40	60	70
Muito Alto	20	30	40

Na adubação de produção, as doses são anuais e são recomendadas para aplicação no segundo ano (a partir do 13º mês após o plantio) e terceiro ano (a partir do 25º mês) após o plantio. A adubação potássica deve ser parcelada em, no mínimo, três aplicações anuais (de quatro em quatro meses). Primeira aplicação deve ser realizada no décimo terceiro mês após o plantio.

Obs. Se o teor de MO do solo for baixo, aplicar de 1 a 2 kg de B/ha/ano. Recomenda-se que alguma das aplicações anuais de N seja efetuada com fertilizantes que contenham enxofre (Ex. sulfato de amônio; adubos orgânicos) visando a aplicação de 20 a 50 kg de S/ha/ano.

6.3.16 – PEPINO SALADA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	140
2,6 – 5,0	110
> 5,0	≤ 80

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. Aplicar 10, 15, 15, 20, 20 e 20% do restante do N recomendado aos 15, 30, 45, 55, 65 e 75 dias após o plantio.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	240	200
Baixo	160	140
Médio	120	110
Alto	80	80
Muito Alto	≤ 40	≤ 50

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para o K₂O, aplicar 10, 15, 15, 20, 20 e 20% do K₂O recomendado aos 15, 30, 45, 55, 65 e 75 dias após o plantio. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.17 – PIMENTÃO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no sol	Nitrogênio kg de N/ha
%	
≤ 2,5	160
2,6 – 5,0	120
> 5,0	≤ 80

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. Aplicar 4, 2, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 9, 9, 8, 7, 6, 5, 4% do N recomendado na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a, 6^a, 7^a, 8^a, 9^a, 10^a, 11^a, 12^a, 13^a, 14^a, 15^a, 16^a e 17^a semana após o plantio, respectivamente.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	280	220
Baixo	200	160
Médio	160	130
Alto	120	100
Muito Alto	≤ 80	≤ 70

A aplicação de P_2O_5 deve ser feita no plantio. Para o K_2O , aplicar 4, 2, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 9, 8, 7, 6, 5, 4% do K_2O recomendado na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a, 6^a, 7^a, 8^a, 9^a, 10^a, 11^a, 12^a, 13^a, 14^a, 15^a, 16^a e 17^a semana após o plantio, respectivamente. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P_2O_5 e/ou K_2O .

6.3.18 – PUPUNHEIRA

As recomendações para a pupunheira consideram uma densidade de 5.000 plantas/ha.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Formação	Produção
%	.....kg de N/ha.....	
≤ 2,5	200	300
2,6 – 5,0	175	225
> 5,0	≤ 75	≤ 150

Na adubação de formação, a dose recomendada é para os primeiros doze meses, com primeira aplicação 30 dias após o plantio. Recomenda-se parcelar a dose total do primeiro ano em, no mínimo, 2 aplicações.

Na adubação de produção, a dose é anual a ser aplicada a partir dos 12 meses após o plantio. Deve-se parcelar a recomendação anual de em três aplicações por ano.

Fósforo

Interpretação do teor de P no solo	Pré-plantio	Produção
	.....kg de P_2O_5 /ha.....	
Muito Baixo	185	125
Baixo	105	100
Médio	65	75
Alto	25	50
Muito Alto	0	≤ 25

A adubação de pré-plantio deve ser incorporada ao solo. Quanto à fonte, dar preferência às formas orgânicas, pois além da solubilização lenta de P também é fonte de micronutrientes. Se optar pela fonte mineral, pre-

ferir os adubos simples que contenham outros nutrientes, além de P (ex. preferir o superfosfato simples ao superfosfato triplo, pois o primeiro contém enxofre).

Na adubação de produção, a dose é anual e deve ser aplicada a partir de 12 meses após o plantio. Deve-se parcelar a recomendação anual em três aplicações por ano.

Potássio

Interpretação do teor de K no solo	Formação	Produção
	.....kg de K ₂ O/ha.....	
Muito Baixo	160	175
Baixo	100	150
Médio	70	100
Alto	40	75
Muito Alto	0	≤50

Não se deve aplicar potássio em pré-plantio. Na adubação de formação, a dose recomendada é para os primeiros doze meses, com primeira aplicação 30 dias após o plantio. Recomenda-se parcelar a dose total do primeiro ano em, no mínimo, duas aplicações.

Na adubação de produção, a dose é anual e deve ser aplicada a partir dos 12 meses após o plantio. Deve-se parcelar a recomendação anual em três aplicações por ano.

Obs. Se o teor de MO do solo for baixo, aplicar de 1 a 2 kg de B/ha/ano. Recomenda-se que alguma das aplicações anuais de N seja efetuada com fertilizantes que contenham enxofre (Ex. sulfato de amônio; adubos orgânicos) visando a aplicação de 20 a 50 kg de S/ha/ano.

6.3.19 – REPOLHO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	260
2,6 – 5,0	180
> 5,0	≤ 100

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. Aplicar 20% do restante do N recomendado dos 10 aos 15 dias após o plantio; aplicar 40% dos 30 aos 35 dias após o plantio e 40% no início da formação da cabeça. Em sistema de plantio direto consolidado, reduzir em 30% as doses indicadas. Caso a planta apresentar coloração verde intenso, a última aplicação de N (início da formação da cabeça) pode ter sua dose reduzida em 50% da dose recomendada.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	260	240
Baixo	180	180
Médio	140	150
Alto	100	120
Muito Alto	≤ 60	≤ 90

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para o K₂O, aplicar 20% do K₂O recomendado dos 10 aos 15 dias após o plantio; aplicar 30% do K₂O recomendado dos 30 aos 35 dias após o plantio; aplicar 30% do K₂O recomendado dos 45 aos 50 dias após o plantio e 20% do K₂O recomendado do 60 aos 65 dias após o plantio. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.3.20 – TOMATEIRO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	190
2,6-5,0	140
> 5,0	90

Para a expectativa de rendimento maior do que 80 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 3 kg de N/ha por tonelada adicional de tomate a serem produzidos.

A recomendação de N no plantio é aplicar 20 kg de N/ha, devendo ser realizada, preferencialmente, através de fontes orgânicas. Aplicar 4, 2,

2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 9, 8, 7, 6, 5 e 4% do restante do N recomendado na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a, 6^a, 7^a, 8^a, 9^a, 10^a, 11^a, 12^a, 13^a, 14^a, 15^a, 16^a e 17^a semanas após o plantio, respectivamente.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	230	270
Baixo	150	180
Médio	110	135
Alto	70	90
Muito Alto	≤ 40	≤ 60

Para a expectativa de rendimento maior do que 80 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 3 kg de P₂O₅/ha e 3 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de tomate a serem produzidos.

A aplicação de P₂O₅ deve ser feita no plantio. Para o K₂O, aplicar 4, 2, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 9, 8, 7, 6, 5 e 4% do K₂O recomendado na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 5^a, 6^a, 7^a, 8^a, 9^a, 10^a, 11^a, 12^a, 13^a, 14^a, 15^a, 16^a e 17^a semanas após o plantio, respectivamente. Caso os teores de P e/ou K no solo forem três vezes maiores do que o teor crítico, não se recomenda aplicar P₂O₅ e/ou K₂O.

6.4 TUBÉRCULOS E RAÍZES

Atualizado por:

Jucinei José Comin
Cledimar Rogério Lourenzi
Jamil Abdalla Fayad
Claudinei Kurtz
Marcelo Zanella
Paulo Emilio Lovato

Neste Capítulo são apresentadas as indicações de adubação para as espécies cujos produtos comerciais são tubérculos ou raízes. Incluem-se neste grupo a batata, a batata-doce e a mandioca. As tuberosas, especialmente a batata, são culturas de produção elevada por unidade de área, com alta taxa de crescimento e com ciclo relativamente curto. Por esta razão, necessitam de grande disponibilidade de nutrientes no início do desenvolvimento.

Devido à necessidade de mobilização do solo para os cultivos, requerem práticas especiais de conservação do solo.

O sistema de recomendação para tubérculos e raízes

A interpretação dos parâmetros da acidez e a recomendação da calagem são tratadas no Capítulo 5 deste Manual.

A interpretação da disponibilidade de nutrientes é feita a partir dos resultados da análise de solo (Capítulo 6) e é empregada para a adubação com N, P e K no plantio das espécies e para a adubação nitrogenada em cobertura.

Nas condições do Sul do Brasil, raramente é observada resposta à aplicação de micronutrientes em cultivos de tubérculos e raízes. Entretanto, eventuais carências de micronutrientes poderão favorecer a incidência de pragas e doenças. Preventivamente, como fonte de micronutrientes, recomenda-se suprir parte do N ou P (o que atingir 20 kg/ha de N ou P₂O₅ primeiro) com um adubo orgânico (ver Capítulo 9).

6.4.1 - BATATA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio ⁽¹⁾
%	kg de N/ha
≤ 2,5	120
2,6 - 5,0	100
> 5,0	≤ 80

⁽¹⁾ Para a expectativa de rendimento maior do que 30 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 5 kg de N/ha por tonelada adicional de batata a ser produzida. Aplicar a metade da quantidade de N no plantio e o restante, aproximadamente, 30 dias após a emergência.

Na produção de batata semente reduzir a dose de N em 20%.

Na safrinha (fevereiro-março), em variedades precoces ou quando se pretende antecipar a colheita, diminuir a dose de N em 10 a 20% e aplicar o N em cobertura após o início da tuberização (3 a 4 semanas após a emergência das plantas).

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou K no solo	Fósforo ⁽¹⁾ kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio ⁽¹⁾ kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	395	280
Baixo	260	190
Médio	195	145
Alto	125	100
Muito Alto	≤ 75	≤ 50

⁽¹⁾ Para a expectativa de rendimento maior do que 30 t/ha, acrescentar aos valores da tabela 15 kg de P₂O₅/ha e 10 kg de K₂O/ha, por tonelada adicional de batata a ser produzida.

A aplicação de P₂O₅ e K₂O deve ser feita no plantio. Caso os teores de P e/ou K no solo forem classificados como “Muito alto” e com valores três vezes acima do teor crítico (ver Capítulo 6), não se recomenda aplicar P e/ou K.

Nos cultivos subsequentes, recomenda-se realizar nova amostragem de solo e nova recomendação.

Preventivamente, como fonte de micronutrientes, recomenda-se suprir parte do N ou P (o que atingir 20 kg/ha de N ou P_2O_5 primeiro) com um adubo orgânico (ver Capítulo 9).

6.4.2 – BATATA DOCE

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	70
2,6 – 5,0	40
>5,0	≤ 30

Aplicar 10 kg/ha de N no plantio e o restante em cobertura, aproximadamente aos 30 dias após a brotação, quando utilizada a batata-semente, ou 30 dias após o transplante, quando utilizadas mudas.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P_2O_5 /ha	kg de K_2O /ha
Muito Baixo	140	260
Baixo	100	170
Médio	80	125
Alto	60	80
Muito Alto	≤ 40	≤ 40

A aplicação de P_2O_5 e K_2O deve ser feita no plantio. Caso os teores de P e/ou K no solo forem classificados como “Muito alto” e com valores três vezes acima do teor crítico (ver Capítulo 6), não se recomenda aplicar P e/ou K.

Nos cultivos subsequentes, recomenda-se realizar nova amostragem de solo e nova recomendação.

Preventivamente, como fonte de micronutrientes, recomenda-se suprir parte do N ou P (o que atingir 20 kg/ha de N ou P_2O_5 primeiro) com um adubo orgânico (ver Capítulo 9).

6.4.3 – MANDIOCA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	70
2,6 – 5,0	50
>5,0	≤ 30

Para solos com teores de matéria orgânica >5% observar as informações locais referentes ao comportamento da cultura em anos anteriores (produtividade, desenvolvimento vegetativo, cultivar, etc.) para indicar a adubação nitrogenada de cobertura. A cobertura deve ser aplicada, quando necessária, aos 45 dias após o plantio, coincidindo com uma capina. O parcelamento da adubação nitrogenada poderá ser importante em solos arenosos e com teores de matéria orgânica <2,5%.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	105	110
Baixo	65	70
Médio	45	50
Alto	25	30
Muito Alto	≤ 25	≤ 15

Caso os teores de P e/ou K no solo forem classificados como “Muito alto” e com valores três vezes acima do teor crítico (ver Capítulo 6), não se recomenda aplicar P e/ou K.

Nos cultivos subsequentes, recomenda-se realizar nova amostragem de solo e nova recomendação.

Preventivamente, como fonte de micronutrientes, recomenda-se suprir parte do N ou P (o que atingir 20 kg/ha de N ou P₂O₅ primeiro) com um adubo orgânico (ver Capítulo 9).

Manejo da adubação

A adubação de plantio deve ser feita no sulco e incorporada ao solo, com antecedência, para evitar a queima das manivas. Devido às baixas quantidades de P e de K recomendadas para a cultura, o efeito residual esperado será mínimo. Nos cultivos subsequentes, reamostrar o solo e reinterpretar caso seja realizado novo cultivo ou, se for o caso de se alterar para cultivo de grãos, utilizar a coluna “1º cultivo” para a cultura seguinte à mandioca (ver Capítulo 6.1).

6.5 FRUTÍFERAS

Atualizado por:

Gustavo Brunetto
Paulo Roberto Ernani
George W. B. de Melo
Gilberto Nava

A fruticultura é uma atividade agrícola com alto custo por unidade de área, principalmente com relação ao uso de pesticidas e mão-de-obra. O sucesso de um pomar depende, dentre outras coisas, de decisões que devem ser tomadas corretamente antes da implantação do mesmo, principalmente relacionadas com a qualidade das mudas, preparo do solo, sistema de drenagem e com a calagem e adubação. Medidas mitigadoras posteriores geralmente possuem baixa eficiência e custo elevado.

O sistema de recomendação para as espécies frutíferas

A maioria das culturas deste grupo responde à calagem, sendo a interpretação dos parâmetros da acidez e a recomendação da calagem tratadas no Capítulo 5 deste Manual.

A adubação para as espécies frutíferas é dividida em “implantação” ou “pré-plantio”, “crescimento” e “manutenção”. As doses de N, P₂O₅ e K₂O da adubação de implantação serão abordadas a seguir, enquanto que as quantidades de nutrientes que devem ser aplicadas no crescimento e manutenção e/ou as particularidades nutricionais de cada espécie serão fornecidas dentro do tópico referente a cada cultura.

a) Adubação de implantação (pré-plantio)

A adubação de implantação, à semelhança da calagem, deve ser feita por ocasião das operações de preparo do solo, antes do plantio das mudas. Normalmente se aplica P e K e, para algumas espécies, também Zn e B. Eles devem ser incorporados ao solo preferencialmente com uso de arado e grade pesada. Os fertilizantes devem ser espalhados a lanço, preferencialmente sobre toda a superfície do solo. Em locais destinados ao replantio de pomares ou em espécies cujo espaçamento entre as filas de plantas é muito grande, à semelhança da cultura do abacateiro, a adubação de pré-plantio pode ser aplicada de forma localizada, numa faixa lateral de aproximadamente 2,0 metros ao longo da fila de plantio.

As quantidades de fertilizantes fosfatados e potássicos a serem aplicadas em pré-plantio dependem da disponibilidade de cada nutriente no solo, indicada no laudo de análise do solo, e interpretado conforme Capítulo 6. Cada um desses dois nutrientes deve ser aplicado ao solo sempre que estiver nas seguintes classes de fertilidade: “Muito baixo”, “Baixo”, “Médio” ou “Alto”, de acordo com os valores apresentados na Tabela 6.5.1. Quando os valores estiverem na classe “Muito alto”, não há necessidade de aplicá-los em pré-plantio. Quando forem utilizados fosfatos naturais, esses devem ser aplicados preferencialmente dois meses antes da calagem, uma vez que reagem melhor no solo quando em valores de pH mais baixos.

Tabela 6.5.1. Quantidades de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas em função dos teores de P e K disponíveis no solo.

Interpretação do teor de P e K no solo	Nutriente ⁽¹⁾	
	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O /ha
Muito baixo	250	150
Baixo	170	90
Médio	130	60
Alto	90	30
Muito alto	0	0

⁽¹⁾ Dependendo do tipo de solo, da espécie frutífera e do sistema de produção, essas doses podem ser aumentadas ou diminuídas a critério do técnico responsável pelo pomar.

b) Adubação de crescimento

A adubação de crescimento tem por objetivo promover o desenvolvimento das mudas até que elas atinjam o porte vegetativo desejado. Ela é feita desde os primeiros meses subsequentes ao plantio das mudas e se estende até o início do período em que as plantas começam a produzir quantidades significativas de frutos. Durante este período, recomenda-se aplicar apenas adubos nitrogenados, pois as quantidades de P e K adicionadas antes do plantio das mudas são suficientes para promover o crescimento adequado das plantas. As doses de N sugeridas variam com o teor de matéria orgânica do solo, idade do pomar e com a espécie frutífera, e estão listadas para cada espécie. As doses podem ser aumentadas ou diminuídas, a critério do técnico responsável pelo pomar.

Os adubos nitrogenados devem ser aplicados sobre a superfície do solo, somente ao longo da fila de plantio, na área abrangida pela projeção da copa das mudas. Os fertilizantes podem ser aplicados da maneira que for mais conveniente ao produtor, em linhas ou a lanço, com máquinas ou manualmente. A quantidade total de N a ser aplicada em cada ano, especialmente em doses altas, deve ser parcelada em 2 a 4 vezes, a fim de evitar perdas excessivas de N por lixiviação. As aplicações devem ser realizadas preferencialmente nos períodos de maior desenvolvimento de cada espécie frutífera.

Na adubação de crescimento, resíduos orgânicos, como o composto orgânico, podem ser aplicados como fonte de N, que também poderão disponibilizar P, K e micronutrientes às frutíferas. Maiores detalhes são apresentados no Capítulo 9.

Uma vez que as plantas possuem um sistema radicular limitado na fase de crescimento, deficiências nutricionais podem ocorrer, principalmente quando as plantas não são irrigadas. Neste caso, consulte o técnico responsável pelo pomar para um correto diagnóstico e eventuais providências.

c) Adubação de manutenção

A adubação de manutenção tem por objetivo repor ao solo as quantidades de nutrientes exportadas do solo pelas culturas, acrescidas das perdas que naturalmente ocorrem, principalmente por lixiviação. Ela é feita todos os anos, normalmente só com N e K, uma vez que a maioria

das espécies frutíferas é pouco exigente em P. As quantidades de cada nutriente a serem aplicadas variam com a exigência de cada espécie frutífera e com a produtividade estimada para cada talhão. Análises de solo devem ser realizadas a cada três anos a fim de ajustar as doses, com o objetivo de manter os teores de K no solo na classe de fertilidade “Alto” (ver Capítulo 6).

A quantidade total de N, em algumas frutíferas, é fracionada em 2 a 4 vezes, dependendo da dose, da espécie e do tipo de solo. As especificações sobre o número de parcelas que o N deve ser aplicado são detalhadas posteriormente para cada frutífera. As aplicações devem ser feitas preferencialmente durante o período de maior desenvolvimento e necessidade das plantas. Para algumas frutíferas, aplicações também podem ser realizadas após a colheita.

Os fertilizantes potássicos e, quando necessário, fosfatados, podem ser aplicados em uma única vez em solos argilosos ou de textura média. Em solos arenosos, os adubos potássicos devem ser fracionados e podem ser aplicados juntamente com o adubo nitrogenado, nas mesmas épocas. As doses sugeridas para cada espécie estão fornecidas para cada frutífera. Elas podem ser aumentadas ou diminuídas, a critério do técnico responsável pelo pomar.

Os fertilizantes devem ser aplicados ao longo das filas de plantio, na faixa de projeção da copa das plantas. Não é recomendável incorporar os adubos ao solo após a implantação, para evitar danos mecânicos às raízes, o que potencializa a incidência de doenças radiculares. Com o uso crescente de plantas de cobertura do solo nas entrelinhas, torna-se necessária a aplicação dos fertilizantes também nessa área, sendo que as quantidades devem levar em conta as exigências nutricionais da cultura intercalar.

Adubação foliar

A adubação foliar é uma técnica que pode ser utilizada para suprir nutrientes às plantas. Entretanto, à exceção da aplicação de Zn e B para algumas espécies, assim como de Ca nas culturas da macieira e da pereira para o controle de distúrbios fisiológicos nos frutos, pulverizações foliares só devem ser utilizadas caso seja realmente constatada deficiência de algum nutriente no decorrer do ciclo vegetativo, principalmente de micronutrientes.

Nesse caso, além da adubação foliar, aplicar também o nutriente ao solo, tão logo seja possível, para evitar que o fenômeno venha a se repetir no futuro.

Os micronutrientes que mais frequentemente têm apresentado sintomas de deficiência em pomares da região Sul do Brasil são o B e o Zn. Em pomares que receberam calcário calcítico ao invés de dolomítico, também podem aparecer sintomas de deficiência de Mg. Nesses casos, uma prescrição genérica para cada um desses nutrientes pode ser feita utilizando, respectivamente, ácido bórico na concentração de 0,15%, sulfato de zinco na concentração de 0,2% e sulfato de magnésio na concentração de 1 a 2% dos respectivos produtos, não dos nutrientes. Normalmente são necessárias uma ou duas pulverizações durante o ciclo para corrigir a deficiência.

Composição química das folhas

A composição química das folhas de cada espécie frutífera é afetada por inúmeros fatores que incluem, além do teor de cada nutriente no solo, da quantidade de água disponível, clima, tipo de solo, tipo de poda, época de amostragem e da produtividade, entre outros. Após considerar esses fatores, caso haja deficiência ou excesso, pode haver necessidade de ajustes nas doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas. As particularidades da coleta das folhas para fins de análise química são especificadas para cada espécie frutífera ao longo deste capítulo e podem ser complementadas com informações apresentadas no Capítulo 3.

6.5.1 – ABACATEIRO

a) Adubação em pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura do abacateiro estão descritas na Tabela 6.5.1. Devido ao grande espaçamento entre as filas de plantas, colocar os fertilizantes numa faixa de aproximadamente 2,0 metros ao longo da fila. Aplicar também 2 a 3 kg/ha de B.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

As quantidades de N recomendadas para o crescimento do abacateiro variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. Cada uma dessas doses deve ser parcelada em três vezes, preferencialmente em agosto/setembro, novembro/dezembro e fevereiro. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área abrangida pela projeção da copa das mudas. Não aplicar o N após fevereiro em regiões sujeitas a geadas no outono.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio			
	1º	2º	3º	4º
%kg de N/ha.....				
≤2,5	30	40	50	60
2,6 a 5,0	15	30	40	50
> 5,0	≤15	≤20	≤30	≤40

c) Adubação de manutenção

A partir do início da produção do pomar, aplicar 3,0 a 4,0 kg/ha/ano de N, 1,0 kg/ha/ano de P₂O₅ e 4,0 a 5,0 kg/ha/ano de K₂O por tonelada estimada de fruto a ser colhida. O N pode ser parcelado em três vezes, cuja primeira aplicação deve ser feita no início da primavera. O P e o K podem ser aplicados de uma única vez, podendo ser no final do inverno ou juntamente com a primeira aplicação anual de N.

Os fertilizantes devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área abrangida pela projeção da copa das plantas.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.2 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas do abacateiro. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.2. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas do abacateiro.

Classe	Macronutrientes (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Insuficiente	< 1,5	< 0,1	< 0,8	< 1,0	< 0,3	< 0,2
Normal	1,6 – 2,0	0,1 – 0,3	0,8 – 2,0	1,0 – 3,0	0,2 – 0,8	0,2 – 0,6
Excessivo	> 3,0	> 0,4	> 3,0	> 5,0	> 1,0	> 0,8
Classe	Micronutrientes (mg/kg)					
	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Mo
Insuficiente	< 35	< 4	< 40	< 30	< 25	< 0,1
Normal	50 – 200	4 – 20	30 – 100	30 – 250	40 – 80	0,05 – 0,1
Excessivo	> 300	> 30	> 200	> 300	> 100	> 0,2

Coletar amostras de folhas a cada três anos. Coletar folhas completas, com idade entre 5 e 7 meses, oriundas de brotações primaveris, no período de janeiro a março. Escolher aproximadamente 4 a 6 folhas por árvore, de 10 a 15 árvores, a uma altura de 1,5 a 2,0 m do solo, nos quatro quadrantes.

6.5.2 - AMEIXEIRA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para as culturas do pêssego e da nectarina estão descritas na Tabela 6.5.1. Adicionar também 2 a 3 kg/ha de B.

b) Adubação de crescimento

As quantidades de N sugeridas para o crescimento da ameixeira variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. As doses devem ser parceladas em três vezes, a partir do início da brotação, em intervalos de 45 dias. Especificamente para o primeiro ano, a primeira dose deverá ser aplicada somente após 30 dias do início da brotação das mudas. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio		
	1º	2º	3º
%	.....kg de N/ha		
0 a 2,5	50	60	80
2,6 a 5,0	40	50	60
> 5,0	20	30	40

c) Adubação de manutenção

A partir do quarto ano, as recomendações de adubação são baseadas no teor do nutriente na folha e na produtividade esperada.

Nitrogênio

Teor de N na folha	Nitrogênio ⁽¹⁾
%	kg de N/ha
< 1,90	110
1,90 - 2,57	90
2,58 - 3,25	70
3,26 - 3,90	50
3,91 - 4,53	30
> 4,53	0

⁽¹⁾Para cada tonelada de frutos produzida acima de 20 t/ha aplicar 2 kg/ha de N a mais do que as quantidades acima indicadas.

Fósforo

Teor de P na folha	Fósforo
%	kg de P ₂ O ₅ /ha
< 0,04	80 - 120
0,04 - 0,09	40 - 60
> 0,09	0

Potássio

Teor de K na folha	Potássio ⁽¹⁾
%	kg de K ₂ O/ha
< 0,54	100
0,54 - 0,92	80
0,93 - 1,30	60
1,31 - 1,68	40
1,69 - 2,07	30
2,07 - 2,82	20
> 2,8	0

⁽¹⁾Para cada tonelada de frutos produzida acima de 20 t/ha aplicar 4 kg/ha de K₂O a mais do que as quantidades acima indicadas.

A dose de N deve ser parcelada em três vezes, sendo aplicado 50% da dose no início da floração, 25% após o raleio dos frutos e 25% após a colheita. Após a adubação da fase de raleio, devem-se adotar práticas para o arejamento interno da copa, principalmente via poda verde, permitindo o controle mais eficiente de doenças como as podridões de fruto. Em anos de baixa produção e em plantas com vigor excessivo, a aplicação de N após a colheita poderá ser dispensada. A dose de fósforo pode ser aplicada em uma única vez, juntamente com a primeira aplicação anual de N, no início da floração. A dose de potássio pode ser aplicada em uma vez, no início da floração ou o técnico pode optar em aplicar em duas vezes ao longo do ciclo, especialmente em cultivares de ciclo tardio ou em pomares implantados em solos arenosos. Os adubos com N, P e K devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas.

Diagnose foliar

Na tabela 6.5.3 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas da ameixeira. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.3. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas de ameixeira.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 1,80	< 0,04	< 0,54	< 0,66	< 0,19
Normal	2,31 – 2,80	0,15 – 0,28	1,30 – 2,10	1,60 – 2,60	0,50 – 0,80
Excessivo	> 3,30	> 0,40	> 2,80	> 3,50	> 1,10
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 50	-	< 10	< 20	< 3
Normal	100 – 230	6,0 – 30	20 – 40	39 – 160	30 – 60
Excessivo	> 300	> 50	> 50	> 400	> 90

Coletar aproximadamente 100 folhas completas, incluindo limbo e pecíolo, da parte média dos ramos emitidos no ano, nos diferentes lados das plantas, entre a 13^a e a 15^a semanas após a plena floração. Se a época indicada para a coleta coincidir com o período de colheita de algum cultivar, antecipá-la para que as folhas sejam coletadas antes da colheita dos frutos.

6.5.3 - AMOREIRA-PRETA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura da amoreira-preta estão descritas na Tabela 6.5.1. Em solos com teor de matéria orgânica menor do que 2,5% devem ser aplicados 40 kg/ha de N. Para isso, podem ser usados resíduos orgânicos, tais como: cama de aves, dejetos suínos ou bovinos, etc. (usar procedimentos de cálculo expostos no Capítulo 9).

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com nitrogênio, fósforo e potássio na adubação pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas. Isso porque a amoreira-preta já inicia a produção no segundo ano após o plantio.

c) Adubação de manutenção

Nitrogênio

A dose de N deve ser parcelada em até quatro vezes. A primeira parcela deve ser aplicada no inicio da brotação, a segunda 30 dias após a primeira aplicação e a terceira 60 dias após a primeira aplicação. A quarta aplicação é recomendada após a colheita dos frutos.

Teor de matéria orgânica no solo	1º ano ⁽¹⁾	2º ano		a partir do 3º ano		Após cada colheita
		Produtividade (t/ha) ≤10	Produtividade (t/ha) >10	Produtividade (t/ha) ≤10	Produtividade (t/ha) >10	
%kg de N/ha.....						
0 a 2,5	não aplicar	80	120	113	147	100
2,6 a 5,0		64	96	91	117	67
> 5,0	N	51	77	73	94	33

⁽¹⁾ O 1º ano é o ano de plantio.

O N deve ser aplicado na forma de ureia, nitrato de amônio ou sulfato de amônio. Recomenda-se preferencialmente o sulfato de amônio, porque a amoreira-preta é exigente em enxofre. Entretanto, a utilização do sulfato de amônio durante safras consecutivas, reduz sensivelmente o pH do solo e, por isso, ao longo dos anos o pH do solo deve ser monitorado. O nitrogênio deve ser aplicado na superfície do solo ao longo da fila de plantio

aproximadamente 15 cm do caule das plantas.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo			Potássio			
	Produtividade (t/ha)			Produtividade (t/ha)			
	≤10	10 - 15	>15	≤10	10 - 15	>15	
...kg de P ₂ O ₅ /ha...						...kg de K ₂ O/ha...	
Muito baixo	82	120	159	170	247	323	
Baixo	68	100	132	142	206	269	
Médio	57	84	110	118	171	224	
Alto	47	70	92	99	143	187	
Muito alto	40	58	77	82	119	156	

A dose de P deve ser aplicada em uma única vez no inicio da brotação. A dose de K deve ser parcelada em até três vezes. A primeira aplicação deve ser feita no inicio da brotação, a segunda 30 dias após a primeira aplicação e a terceira 60 dias após a primeira aplicação.

Na adubação de manutenção o fósforo e potássio devem ser aplicados na superfície do solo ao longo da fila de plantio aproximadamente 15 cm do caule das plantas.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.4 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas da amoreira-preta. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.4. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas da amoreira preta.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 1,75	< 0,20	< 1,00	< 0,50	< 0,25
Normal	2,20 – 3,00	0,25 – 0,45	1,25 – 3,00	0,60 – 2,50	0,30 – 1,00
Excessivo	> 3,50	> 0,65	> 4,00	> 3,00	> 2,00
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 30	< 3	< 12	< 20	< 25
Normal	50 – 150	6,0 – 25	15 – 50	50 – 300	30 – 80
Excessivo	> 250	> 100	> 300	> 1000	> 100

Coletar a sexta folha totalmente expandida a partir do ápice, que tenha pedicelo, dos ramos emitidos no ano anterior. Coletar aproximadamente 80 a 100 folhas da mesma cultivar, na segunda quinzena de janeiro.

6.5.4 - BANANEIRA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura da bananeira estão descritas na Tabela 6.5.1.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

A adubação de crescimento com N deve ser feita no primeiro ciclo, ou seja, no período compreendido entre 30 dias após o plantio e a colheita do primeiro cacho, que ocorre aproximadamente 16 meses após o plantio. As doses sugeridas variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo. Elas devem ser parceladas em 4 a 5 aplicações e serem aplicadas ao redor das mudas.

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	300
2,6 a 5,0	200
> 5,0	100

c) Adubação de manutenção

Aplicar 3,0 a 5,0 kg/ha/ano de N, 1,0 kg/ha/ano de P₂O₅ e 8,0 a 13 kg/ha/ano de K₂O por tonelada estimada de fruto a ser colhida. O adubo fosfatado pode ser aplicado em uma única vez; os adubos com N e K devem ser parcelados em 4 a 5 vezes.

Os fertilizantes devem ser aplicados ao redor das mudas, a lanço, a uma distância de aproximadamente 40 cm do caule.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.5 são apresentados os intervalos de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas da bananeira. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.5. Intervalos de valores considerados adequados para macro e micronutrientes nas folhas da bananeira.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Adequado	2,7 – 3,6	0,18 – 0,27	3,5 – 5,4	0,3 – 1,2	0,3 – 0,6
Micronutrientes (mg/kg)					
Classe	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Adequado	80 – 360	6 – 30	20 – 50	200 – 2000	10 – 25

As amostras de folhas devem ser coletadas de plantas que estejam no início do estádio de florescimento, que compreende desde a emissão da inflorescência (flor apontando) até a fase de 3 pencas abertas. Coletar a terceira folha mais jovem, de aproximadamente 20 plantas. De cada folha, retirar apenas uma subamostra da parte mediana, com 10 cm de comprimento, descartando-se ¼ de cada lateral.

6.5.5 – CAQUIZEIRO

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura do caquizeiro estão descritas na Tabela 6.5.1.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para o crescimento do caquizeiro variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. Elas devem ser parceladas em 3 a 4 vezes, a partir do início da primavera. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área abrangida pela projeção da copa das mudas.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio		
	1º	2º	3º
%	.....kg de N/ha.....		
≤ 2,5	30	45	60
2,6 a 5,0	20	30	40
> 5,0	10	20	30

c) Adubação de manutenção

A partir do início da produção do pomar, aplicar 3,0 a 4,0 kg/ha/ano de N, 1,0 kg/ha/ano de P_2O_5 e 4,0 a 5,0 kg/ha/ano de K_2O por tonelada estimada de fruto a ser colhida. O N pode ser parcelado em duas vezes, cuja primeira aplicação deve ser feita no início da primavera (50%) e o restante em pós-colheita. O P e o K podem ser aplicados em uma única vez, podendo ser no inverno ou juntamente com a primeira aplicação anual de N. O excesso de N pode induzir baixa frutificação e queda de muitos frutos. Por isso, em pomares com plantas muito vigorosas deve-se reduzir ou suprimir a adubação nitrogenada.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.6 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas do caquizeiro. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.6. Classes de valores para interpretação da composição química de macronutrientes nas folhas do caquizeiro.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 1,0	< 0,08	< 1,0	< 0,5	< 0,10
Normal	2,1 – 2,8	0,12 – 0,15	2,1 – 3,7	1,1 – 1,5	0,19 – 0,30
Excessivo	> 3,0	> 0,20	> 4,0	> 1,8	> 0,5

Coletar folhas completas da parte mediana das brotações emitidas no ano, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Coletar aproximadamente 100 folhas, oriundas de aproximadamente 20 a 30 plantas.

6.5.6 - CITROS

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para as culturas cítricas estão descritas na Tabela 6.5.1.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para o período de crescimento do citros variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. As doses devem ser parceladas em três a quatro aplicações, a partir do início da primavera. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área abrangida pela projeção da copa das mudas, afastado do tronco ao menos 30 cm.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio			
	1º	2º	3º	4º
%	..... kg de N/ha.....			
≤ 2,5	45	75	110	155
2,6 a 5,0	30	50	75	110
> 5,0	≤30	≤30	≤30	≤30

c) Adubação de manutenção

A partir do início da produção do pomar, aplicar 3,0 a 4,0 kg/ha/ano de N, 1,0 kg/ha/ano de P₂O₅ e 3,0 a 4,0 kg/kg/ha/ano de K₂O por tonelada

estimada de fruto a ser colhida. O N pode ser parcelado em 3 vezes, cuja primeira aplicação deve ser feita no início do florescimento, que ocorre na primavera. O P e o K devem ser aplicados em uma única vez, podendo ser no inverno ou juntamente com a primeira aplicação anual de N. Nos pomares adubados com fósforo em pré-plantio cujas folhas apresentem mais do que 0,12% de P, não há necessidade de adubações de manutenção com fósforo.

Os fertilizantes devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área de solo abrangida pela projeção da copa das plantas.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.7 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas do citros. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.7. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas de citros.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Baixo	< 2,3	< 0,12	< 1,0	< 3,5	< 0,3
Adequado	2,3 – 2,7	0,12 – 0,16	1,0 – 1,5	3,5 – 4,5	0,3 – 0,4
Excessivo	> 3,0	> 0,20	> 2,0	> 5,0	> 0,5
Micronutrientes (mg/kg)					
Classe	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Baixo	< 49	< 4,0	< 34	< 34	< 50
Adequado	50 – 120	4,1 – 10,0	35 – 50	35 – 50	50 – 100
Excessivo	> 200	> 15	> 100	> 100	> 150

Coletar folhas com 6 meses de idade, de ramos frutíferos emitidos nas brotações primaveris, entre janeiro e março. Coletar 100 a 200 folhas, a uma altura de aproximadamente 1,5 m do solo, nos quatro quadrantes da copa.

6.5.7 - FIGUEIRA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura da figueira estão descritas na Tabela 6.5.1.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para o crescimento da figueira variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. As doses podem ser aplicadas no início da brotação e, se necessário, em mais uma vez. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área de solo abrangida pela projeção da copa das mudas.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio	
	1º	2º
%	..... kg de N/ha	
≤ 2,5	60	70
2,6 a 5,0	40	50
> 5,0	≤20	≤40

c) Adubação de manutenção

A partir do início da produção do pomar, aplicar 4,0 a 6,0 kg/ha/ano de N, 1,0 kg/ha/ano de P_2O_5 e 5,0 a 7,0 kg/ha/ano de K_2O por tonelada estimada de fruto a ser colhida. O N pode ser parcelado em três vezes, cuja primeira aplicação deve ser feita no início da primavera. O fósforo e potássio podem ser aplicados de uma única vez, no inverno ou juntamente com a primeira aplicação anual de N.

Os fertilizantes devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área de solo abrangida pela projeção da copa das plantas.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.8 são apresentados os intervalos de valores para

avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas da figueira. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.8. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas da figueira (Fonte: Raisenauer, 1983).

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Adequado	2,0 – 2,5	0,10 – 0,30	1,0 – 3,0	3,0 – 5,0	0,75 – 1,0
Micronutrientes (mg/kg)					
Classe	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Adequado	100 – 300	2 – 10	50 – 90	100 – 350	30 – 75

Coletar folhas completas, com limbo e pecíolo, recém-maduras e totalmente expandidas, localizadas na porção média dos ramos, aproximadamente 3 meses após o início da brotação. Cada amostra deve conter aproximadamente 100 folhas.

6.5.8 - MACIEIRA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para a cultura da macieira estão descritas na Tabela 6.5.1. Adicionar também 3 a 5 kg/ha de boro e 6 a 10 kg/ha de zinco.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para o crescimento da macieira variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. As doses devem ser parceladas em 3 aplicações, a cada 45 dias, a partir do início da brotação. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área de solo abrangida pela projeção da copa das mudas.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio		
	1º	2º	3º
% kg de N/ha.....			
≤ 2,5 40 50 60	40	50	60
2,6 a 5,0 30 40 50	30	40	50
> 5,0 15 25 30	15	25	30

c) Adubação de manutenção

As quantidades de N, P e K sugeridas para adubação de manutenção para a macieira consideram o teor de cada um desses nutrientes nas folhas, a disponibilidade no solo, a produção e o crescimento das brotações emitidas no último ano.

Nitrogênio

Teor de N na folha ^{(1),(2)}	Produtividade	Crescimento dos ramos (cm)		
		< 15	15 - 25	> 25
% kg de N/ha	t/ha			
<2,0	≤ 50	50	40	30
	> 50	35	20	15
2,0 - 2,5	≤ 50	30	20	0
	> 50	10	0	0

⁽¹⁾ Não aplicar nitrogênio quando o teor for maior que 2,5%. ⁽²⁾ Em regiões mais frias e com ocorrência de solos rasos, a exemplo da região de São Joaquim, as quantidades acima podem ser aumentadas em 50%.

Fósforo

Teor de P na folha	Interpretação do teor de P no solo	Fósforo	
		Produtividade (t/ha)	
		<50	>50
% kg de P ₂ O ₅ /ha.....			
< 0,15	Muito baixo, baixo e médio	30	50
	Alto ou Muito alto	20	30
≥ 0,15	Muito baixo, baixo e médio	0	20
	Alto ou Muito alto	0	0

Potássio

Teor de K na folha (%)	Interpretação do teor de K no solo (mg/dm ³)	Potássio ⁽¹⁾ kg de K ₂ O/ha
< 1,20	< 150	100 ⁽¹⁾
	150 - 200	60
	> 200	40
$\geq 1,20$	< 150	30
	150 - 200	20
	> 200	0

⁽¹⁾ Acrescentar 2,5 kg/ha de K₂O para cada tonelada de frutos produzida acima de 50 t/ha.

Em relação ao N, aplicar 60 a 80% na primavera (em uma ou duas vezes), a partir do inchamento das gemas e 20 a 40% da dose em pós-colheita. A percentagem maior de N em pós-colheita deverá ser utilizada em anos de alta produção e/ou com condições climáticas desfavoráveis à absorção de nitrogênio (anos de ocorrência de secas ou excesso de chuvas), visando aumentar as reservas do nutriente na planta. Em pomares com excesso de vigor, principalmente em anos de alternância de safra, a adubação nitrogenada em pós-colheita poderá ser dispensada.

O P e o K podem ser aplicados de uma única vez, podendo ser no inverno ou juntamente com a primeira aplicação anual de N. Em pomares adequadamente corrigidos com P na implantação, a necessidade de fertilizantes fosfatados nos 10 anos subsequentes ao plantio é baixa.

Os fertilizantes devem ser aplicados na fila de plantio, sobre a superfície do solo, na área de solo abrangida pela projeção da copa das plantas.

Pulverizações com cálcio

Mesmo havendo boa disponibilidade de cálcio no solo recomenda-se pulverizar soluções de cálcio durante o desenvolvimento dos frutos para evitar ou minimizar o aparecimento de distúrbios fisiológicos relacionados à deficiência de cálcio nos frutos. Além disso, essas pulverizações normalmente melhoram a capacidade de armazenamento dos frutos. O número de pulverizações varia com o cultivar, com o histórico de ocorrência de distúrbios na área, com a situação nutricional, com a produção e o

crescimento das plantas e com as condições climáticas predominantes na safra. De uma maneira geral, fazer de 5 a 10 pulverizações quinzenais com solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) 0,4 a 0,5%, nas plantas em produção, a partir do final de outubro. Existem também várias fontes contendo cálcio na forma líquida que podem ser utilizadas, desde que as quantidades do nutriente a serem aplicadas sejam semelhantes às sugeridas acima, e que o preço seja compatível.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.9 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas da macieira. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.9. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas da macieira (Adaptada de Suzuki & Basso et al., 2002).

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 1,70	< 0,10	< 0,80	< 0,80	< 0,20
Normal	2,0 – 2,5	0,15 – 0,30	1,2 – 1,5	1,1 – 1,7	0,25 – 0,45
Excessivo	> 3,0	-	> 2,0	-	-
Micronutrientes (mg/kg)					
Classe	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 20	< 3	< 15	< 20	< 20
Normal	50 – 250	5 – 30	20 – 100	30 – 130	30 – 50
Excessivo	-	> 50	-	> 300	> 140

Coletar folhas completas da parte mediana das brotações emitidas na estação de crescimento, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Cada amostra deve conter aproximadamente 100 folhas, coletadas de 20 a 30 plantas representativas.

6.5.9 - MARACUJAZEIRO

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura do maracujazeiro estão descritas na Tabela 6.5.1.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para a adubação de crescimento (primeiro e segundo ano) do maracujazeiro variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo. As doses devem ser parceladas em três aplicações, respectivamente aos 60 dias após o plantio, na floração e 90 dias após esta.

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	90
2,6 a 5,0	60
> 5,0	≤40

Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, numa faixa de aproximadamente 1,0 m de largura. Aplicar o fertilizante distante 30 cm do caule da planta.

c) Adubação de manutenção

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para a adubação de manutenção do maracujazeiro (a partir do segundo ano) variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo. As doses devem ser parceladas em três vezes: na floração, 90 e 180 dias após.

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	120
2,6 a 5,0	80
> 5,0	≤60

Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, numa faixa de aproximadamente 1,0 m de largura. Aplicar o fertilizante distante 30 cm do caule da planta.

Fósforo e Potássio

A partir do segundo ano, aplicar 1,0 a 2,0 kg/ha/ano de P₂O₅ e 3,0 a 5,0 kg/ha/ano de K₂O por tonelada estimada de fruto a ser colhida. O P e o K podem ser aplicados de uma única vez, podendo ser no inverno ou juntamente com a primeira aplicação anual de N.

Os fertilizantes devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, numa faixa de aproximadamente 1,0 m de cada lado. Aplicar o fertilizante distante 30 cm do caule da planta.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.10 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas do maracujazeiro. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.10. Intervalos de valores considerados adequados para macro e micronutrientes nas folhas do maracujazeiro.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Adequado	4,2 – 5,2	0,15 – 0,25	2,0 – 3,0	1,7 – 2,7	0,3 – 0,4
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Adequado	100 – 200	5 – 20	50 – 80	100 – 250	40 – 60

Coletar a quarta folha a partir do ápice dos ramos produtivos, no outono. Cada amostra deve conter de 80 a 100 folhas, oriundas de 20 a 30 plantas.

6.5.10 - MIRTILEIRO

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura do mirtileiro estão descritas na Tabela 6.5.1. Como o mirtileiro é muito sensível ao KCl, deve-se utilizar sulfato de potássio como fonte de K, tanto na adubação de pré-plantio como na de manutenção.

b) Adubação de crescimento e de manutenção

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para a adubação de crescimento e de manutenção para o mirtileiro variam de acordo com a expectativa de produtividade e, indiretamente, com a idade do pomar. Em cada ano, as doses devem ser parceladas em duas vezes, sendo a primeira aplicação no início da floração e a segunda aproximadamente 45 dias após a primeira aplicação.

Teor de matéria orgânica no solo	Produtividade (t/ha)		
	< 1,0	1 - 3	> 3
%	.....kg de N/ha.....		
≤ 2,5	20	55	90
2,6 a 5,0	10	30	60
> 5,0	0	20	40

Adicionar preferencialmente ureia ou sulfato de amônio como fonte de N. Os adubos devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, numa faixa de aproximadamente 1,0 m de cada lado da fila de plantio.

Fósforo e Potássio

As recomendações de adubação de manutenção com P e K variam conforme a expectativa de produtividade e, indiretamente, com a idade das plantas. Esses nutrientes podem ser aplicados em qualquer época do ano, a lanço, sem incorporação ao solo. Porém, no caso do potássio, as doses, para expectativas de produtividade acima de 3,0 t/ha devem ser parceladas em duas vezes, juntamente com o nitrogênio (no início da floração) e 45 dias após a primeira aplicação. Evitar aplicar K na forma de cloreto de K.

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo			Potássio		
	Produtividade (t/ha)			Produtividade (t/ha)		
	< 1,0	1 - 3	> 3	< 1,0	1 - 3	> 3
	... kg de P ₂ O ₅ /ha ...			... kg de K ₂ O/ha ...		
Muito baixo	10	30	50	30	80	130
Baixo	7	20	40	15	45	75
Médio	5	15	30	10	30	50
Alto	0	10	20	5	15	25
Muito alto	0	0	0	0	0	0

Os fertilizantes com P e K devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, numa faixa de aproximadamente 1,0 m de cada lado da fila de plantio.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.11 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas do mirtilo. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.11. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas do mirtilo.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 1,50	< 0,08	< 0,30	< 0,13	< 0,08
Normal	1,90 – 2,10	0,12 – 0,40	0,35 – 0,65	0,40 – 0,80	0,12 – 0,25
Excessivo	> 2,50	> 0,80	> 0,95	> 1,00	> 0,45
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 60	< 5	< 8	< 230	< 20
Normal	80 – 200	10 – 20	15 – 30	350 – 450	30 – 70
Excessivo	> 400	> 100	> 80	> 450	> 200

Coletar cinco folhas completas, plenamente desenvolvidas, de cada dez arbustos, localizadas no 5º ou 6º nó. As folhas devem ser coletadas a partir da extremidade dos ramos frutíferos jovens, na segunda quinzena de novembro. Cada amostra deve ser composta por 80 a 100 folhas.

6.5.11 - MORANGUEIRO

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura do morangueiro estão descritas na Tabela 6.5.1.

b) Adubação de crescimento e de manutenção

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para a adubação de crescimento e de manutenção do morangueiro variam segundo a produtividade esperada. Desconsiderou-se o teor de matéria orgânica do solo, pois o sistema de produção no solo normalmente utiliza grandes quantidades de resíduos orgânicos (exemplo: casca de arroz carbonizada, maravalha, serragem, etc...), de tal forma que há a formação de um substrato que pouco contribui para o fornecimento de N à cultura. As doses de N devem ser parceladas em três a quatro vezes ao longo do ciclo da cultura.

Nitrogênio Produtividade (t/ha)		
<20	20-40	>40
..... kg de N/ha.....		
90	180	270

Deve-se monitorar o crescimento das plantas, pois o excesso de N pode favorecer demasiadamente o crescimento vegetativo em detrimento da produção. O excesso de N também pode causar má formação de frutos.

Fósforo e Potássio

A dose de P é definida com base no teor do nutriente no solo. A dose de K é estabelecida com base no teor do nutriente no solo e na produtividade esperada. Deve-se evitar excesso de potássio para evitar o aparecimento de frutos com má formação.

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio Produtividade (t/ha)		
		<20	20 - 40	>40
Muito baixo	200	180	300	420
Baixo	140	140	260	380
Médio	100	100	220	340
Alto	60	60	180	300
Muito alto	60	60	180	300

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.12 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas do morangueiro. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.12. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas do morangueiro.

Nutriente	Faixa (%)	Nutriente	Faixa (mg/kg)
N	1,5 – 2,5	B	35 – 100
P	0,2 – 0,4	Cu	5 – 20
K	2,0 – 4,0	Fe	50 – 300
Ca	1,0 – 2,5	Mn	30 – 300
Mg	0,6 – 1,0	Zn	20 – 50
S	0,1 – 0,5		

Coletar a terceira e a quarta folhas maduras (sem pecíolo), no início do florescimento. Coletar 80 a 100 folhas, oriundas de 30 a 40 plantas.

6.5.12 – NOGUEIRA-PECÃ

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para a cultura da nogueira-pecã estão descritas na Tabela 6.5.1.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para o crescimento da noqueirapeçã variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. A dose de N deve ser parcelada em três vezes. A 1º aplicação deve ser feita em setembro, a 2º em novembro e a 3º em janeiro. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas. Sempre que possível utilizar resíduos orgânicos como fonte de N.

As doses de N são estabelecidas para plantas cultivadas em espaçamento de 10 m x 10 m (100 plantas/ha). Caso necessário o técnico poderá fazer o ajuste das doses de N para plantas cultivadas em outros espaçamentos e densidade de plantas por hectare.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
%	.....kg de N/ha.....					
≤ 2,5	15	20	30	40	50	60
2,6 a 5,0	10	15	25	35	45	55
> 5,0	5	10	15	20	25	30

c) Adubação de manutenção

Nitrogênio

A dose de nitrogênio é recomendada em função da produtividade esperada. A dose de N recomendada deve ser parcelada em até três vezes. As aplicações devem ser feitas nos meses de setembro, novembro e janeiro.

Produtividade esperada (t/ha)		
< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
..... kg de N/ha.....		
100	200	300

Em anos com previsão de baixa produtividade, por causa da alternância de cultivares como Barton, Cheyenne, Elliott, Jackson, Mahan, Moneymaker, Shoshoni, Shawnee e Success; as doses de N na adubação de manutenção devem ser reduzidas em 50%. Com isso, será evitado o vigor excessivo de ramos improdutivos.

Fósforo e Potássio

Na adubação de manutenção com P e K devem ser aplicados 4,6 kg/ha/ano de P_2O_5 e 4,8 kg/ha/ano de K_2O por tonelada estimada de fruto a ser colhido. As doses de fósforo e potássio devem ser aplicadas em julho.

Os adubos nitrogenados, fosfatados e potássicos devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas. Em pomares com idade igual ou superior a 8 anos, os adubos nitrogenados, fosfatados e potássicos podem ser aplicados a lanço em toda a área de cultivo. Sempre que possível utilizar resíduos orgânicos como fonte de N, fósforo e potássio.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.13 são apresentados os intervalos de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas da noqueira-pecã. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.13. Intervalos de valores considerados adequados para macro e micronutrientes nas folhas da noqueira-pecã.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Adequado	2,5 – 3,0	0,14 – 0,30	1,3 – 2,5	1,3 – 1,7	0,3 – 0,6
Micronutrientes (mg/kg)					
Classe	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Adequado	80 – 300	6 – 30	50 – 100	100 – 800	50 – 100

Coletar folíolos completos (limbo + pecíolo) e normais da parte mediana das brotações do ano, no mês de fevereiro. Os folíolos, de uma mesma cultivar, devem ser coletados em ramos com uma altura de 1,5 m a 2 m da superfície do solo, nos quatro quadrantes da copa. Os folíolos devem ser derivados de 8 a 10 plantas representativas, para uma área de até 4 hectares. A amostra deve ser composta por aproximadamente 100 folíolos.

Adubação foliar

Quando o teor foliar de Zn for abaixo de 50 mg/kg recomenda-se realizar quatro aplicações foliares com zinco. As aplicações devem iniciar após a brotação, quando os folíolos estiverem com no mínimo 5 cm de comprimento. O intervalo entre cada aplicação deve ser de 14 dias. Recomenda-se aplicar a cada 100 litros de água, 400g de sulfato de zinco ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), acrescido de 0,5 kg de uréia.

Quando o teor foliar de B estiver abaixo de 50 mg/kg recomenda-se realizar a aplicação de boro. Recomenda-se aplicar 300g de ácido bórico para cada 100 litros de água. A primeira aplicação deve ser realizada 3 semanas antes da floração e a segunda 14 dias após. Não se deve aplicado mais que 1,0 kg/ha/ano de boro.

6.5.13 - OLIVEIRA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura da oliveira estão descritas na Tabela 6.5.1. Adicionar 2 a 4 kg/ha de B.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para a oliveira variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. As doses devem ser parceladas em três vezes a cada 45 dias, a partir do final do inverno. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área abrangida pela projeção da copa das mudas. Sempre que houver disponibilidade, utilizar adubos orgânicos em substituição à adubação mineral, ajustando as quantidades a aplicar, conforme os critérios descritos no Capítulo 9.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio			
	1º	2º	3º	4º
%	..... kg de N/ha.....			
≤ 2,5	40	50	60	80
2,6 a 5,0	30	35	40	50
> 5,0	20	25	30	40

c) Adubação de manutenção

Embora a oliveira inicie alguma produção já a partir do terceiro ano, ela é mais significativa após o 4º ano, fase que inicia então a adubação de manutenção, a qual deverá ser baseada na produtividade esperada.

Para cada tonelada de frutos produzida são recomendadas, em manutenção, as seguintes quantidades de fertilizantes: 16 kg de N, 4,0/ha kg de P₂O₅/ha e 20 kg de K₂O/ha. Em anos com falta ou excesso de chuvas essas quantidades poderão ser ajustadas. As análises químicas dos nutrientes no solo e nas folhas devem ser utilizadas para subsidiar no ajuste das quantidades acima especificadas.

Sempre que for recomendada a adubação de manutenção com P e K, aplicar os nutrientes juntamente com a primeira parcela da adubação nitrogenada, em uma única vez. As doses de N devem ser parceladas em duas vezes, sendo a primeira aplicação no início da floração (quando surgirem os primeiros racimos florais) e a segunda aproximadamente 40 dias após a primeira aplicação, quando ocorre o endurecimento dos caroços das azeitonas.

As adubações deverão sempre ser realizadas na área correspondente à projeção da copa das plantas.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.14 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas da oliveira. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.14. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas da oliveira (Adaptado de Freeman et al., 2005).

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	<1,4	-	<0,4	-	-
Normal	1,5-2,0	0,10-0,30	>0,8-1,2	>1,0	>0,1-0,3
Classe					
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	-	-	-	-	<14
Normal	-	>5	-	>20	19-150

Coletar folhas completas, com limbo e pecíolo, da parte média dos ramos emitidos no ano, nos diferentes lados das plantas, durante o mês de janeiro. Cada amostra deverá ser composta de aproximadamente 100 folhas.

6.5.14 – PALMEIRA JUÇARA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura da palmeira juçara estão descritas na Tabela 6.5.1.

b) Adubação de crescimento e produção

As recomendações de adubações são baseadas na idade das plantas.

Nitrogênio, Fósforo e Potássio

Idade das plantas	Nitrogênio⁽¹⁾	Fósforo	Potássio
(ano)	kg de N/ha	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
0 a 1	20	-	20
1 a 2	30	25	35
2 a 3	50	35	55
3 a 4	60	45	70
4 a 5	80	60	85
5 a 6	115	95	125
6 a 7	115	95	125

⁽¹⁾As doses de nitrogênio, fósforo e potássio são para uma produtividade de 4t/ha, considerando a densidade de plantio de 830 plantas/ha. Para produtividades superiores, doses de nitrogênio, fósforo e potássio devem ser adicionadas a mais do que as quantidades acima indicadas.

As doses de N e K devem ser parceladas em três vezes ao longo do ano. A primeira aplicação deve ser realizada entre 45 e 60 dias após o

plantio. As duas aplicações restantes, posteriormente a este período. Os adubos com N, P e K devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas.

6.5.15 - PEREIRA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura da pereira estão descritas na Tabela 6.5.1. Em solos com teor de matéria orgânica <2,5%, aplicar 2 a 3 kg/ha de B.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para o crescimento da pereira variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. As doses devem ser parceladas em três vezes, a partir do início da brotação.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio		
	1	2°	3°
%	..... kg de N/ha.....		
≤ 2,5	40	50	60
2,6 a 5,0	30	40	50
> 5,0	20	30	40

Os adubos nitrogenados devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas.

c) Adubação de manutenção

A partir do início da produção do pomar, aplicar 2,0 kg/ha/ano de N e 2,5 kg/ha/ano de K₂O por tonelada estimada de fruto a ser colhida. Pomares com adubação fosfatada de pré-plantio, dispensam adubação de manutenção com fósforo.

A dose de N deve ser parcelada em até três vezes. As três aplicações podem ser realizadas na primavera ou o técnico poderá optar em aplicar duas vezes na primavera e uma vez após a colheita. Em anos de baixa produção e plantas com excessivo vigor poderá ser dispensada a aplicação de N após a colheita.

O potássio deve ser aplicado em uma única vez no inverno ou juntamente com a primeira aplicação anual de N.

Diagnose foliar

Nas Tabelas 6.5.15 e 6.5.16 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas de pereiras asiáticas e europeias, respectivamente. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.15. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas da pereira asiática.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 2,00	< 0,10	< 0,80	< 1,00	< 0,25
Normal	2,30 – 2,70	0,13 – 0,20	1,20 – 1,60	2,00 – 2,50	0,30 – 0,50
Excessivo	> 3,00	> 0,25	> 2,00	-	-
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 30	-	< 15	< 20	-
Normal	60 – 80	10 – 100	50 – 90	60 – 200	30 – 90
Excessivo	-	-	-	> 300	-

Coletar folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Compor a amostra com aproximadamente 100 folhas, oriundas de 20 a 30 plantas representativas.

Tabela 6.5.16. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas da pereira europeia.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 1,70	< 0,10	< 0,80	< 0,80	< 0,20
Normal	2,10 – 2,50	0,15 – 0,30	1,30 – 1,50	1,20 – 1,70	0,25 – 0,45
Excessivo	> 3,00	-	> 2,00	-	-
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	-	< 3,0	< 15	< 20	< 20
Normal	50 – 250	5 – 30	20 – 100	30 – 130	30 – 50
Excessivo	-	> 50	-	> 200	> 140

Coletar folhas completas e normais da parte mediana das brotações do ano, no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro. Compor a amostra com aproximadamente 100 folhas, oriundas de 20 a 30 plantas representativas.

Adubação foliar

Em plantas com interpretação insuficiente de cálcio podem ser realizadas de três a cinco pulverizações foliares quinzenais com a solução de CaCl_2 0,4 a 0,5%, em plantas em produção, a partir do final de outubro. Em plantas que apresentarem nas folhas valores insuficientes de N, pode ser aplicado nitrato de cálcio 0,6%, do mesmo modo como recomendado para o CaCl_2 . As aplicações de cálcio visam melhorar a conservação dos frutos e evitar o aparecimento de distúrbios fisiológicos.

6.5.16 - PESSEGUEIRO E NECTARINEIRA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para as culturas do pessegueiro e da nectarineira estão descritas na Tabela 6.5.1. Adicionar também 2 a 3 kg/ha de B.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para o crescimento do pêssego e da nectarina variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. As doses devem ser parceladas em 3 vezes, a partir do início da brotação, em intervalos de 45 dias. Especificamente para o primeiro ano, a primeira dose deverá ser aplicada somente após 30 dias do início da brotação das mudas. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio		
	1º	2º	3º
%	.....kg de N/ha.....		
≤ 2,5	50	60	80
2,6 a 5,0	40	50	60
> 5,0	20	30	40

c) Adubação de manutenção

A partir do quarto ano, as recomendações de adubação são baseadas no teor do nutriente na folha e na produtividade esperada.

Nitrogênio

Teor de N na folha	Nitrogênio ⁽¹⁾
%	kg de N/ha
< 1,90	110
1,90 – 2,57	90
2,58 – 3,25	70
3,26 – 3,90	50
3,91 – 4,53	30
> 4,53	0

⁽¹⁾Para cada tonelada de frutos produzida acima de 20 t/ha aplicar 2 kg/ha de N a mais do que as quantidades indicadas na tabela.

Fósforo

Teor de P na folha	Fósforo
%	kg de P ₂ O ₅ /ha
< 0,04	80 - 120
0,04 a 0,09	40 - 60
> 0,09	0

Potássio

Teor de K na folha	Potássio ⁽¹⁾
%	kg de K ₂ O/ha
< 0,54	100
0,54 – 0,92	80
0,93 – 1,30	60
1,31 – 1,68	40
1,69 – 2,07	30
2,07 – 2,82	20
> 2,82	0

⁽¹⁾Para cada tonelada de frutos produzida acima de 20 t/ha aplicar 4 kg/ha de K₂O a mais do que as quantidades indicadas na tabela.

A dose de N deve ser parcelada em 3 vezes, sendo aplicado 50% da dose no início da floração, 25% após o raleio dos frutos e 25% após a colheita. Após a adubação da fase de raleio, devem-se adotar práticas para o arejamento interno da copa, principalmente via poda verde, permitindo o controle mais eficiente de doenças como as podridões de fruto. Em anos de baixa produção e em plantas com vigor excessivo, a aplicação de N após a colheita poderá ser dispensada.

A dose de fósforo pode ser aplicada em uma única vez, juntamente com a primeira aplicação anual de N, no início da floração. A dose de potássio pode ser aplicada em uma vez, no início da floração ou o técnico pode optar em aplicar em duas vezes ao longo do ciclo, especialmente em cultivares de ciclo tardio ou em pomares implantados em solos arenosos.

Os adubos nitrogenados, fosfatados e potássicos devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.17 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas do pêssego e da nectarínea. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.17. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas do pêssego e da nectarínea (Adaptado de Freire & Magnani, 2014).

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 2,00	< 0,05	< 0,50	< 0,65	< 0,20
Normal	3,30 – 4,50	0,15 – 0,30	1,40 – 2,00	1,70 – 2,60	0,50 – 0,80
Excessivo	> 6,00	> 0,40	> 2,80	> 3,60	> 1,20
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 50	-	< 10	< 20	< 3
Normal	100 – 230	6 – 30	24 – 37	30 – 160	30 – 60
Excessivo	> 330	> 50	> 50	> 400	> 90

Coletar folhas completas, com limbo e pecíolo, da parte média dos ramos emitidos no ano, nos diferentes lados das plantas, entre a 13^a e a 15^a semanas após a plena floração. Cada amostra deve ser composta de aproximadamente 100 folhas.

6.5.17 - QUIVIZEIRO

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de P e K recomendadas em pré-plantio para a cultura do quivizeiro estão descritas na Tabela 6.5.1.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para o crescimento do quivizeiro variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo e com a idade do pomar. As doses devem ser parceladas em três vezes, a partir do início da brotação. Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área abrangida pela projeção da copa das mudas.

Teor de matéria orgânica no solo	Ano após o plantio		
	1º	2º	3º
%kg de N/ha.....			
≤ 2,5	40	50	60
2,6 a 5,0	30	40	50
> 5,0	10	15	20

c) Adubação de manutenção

A partir do início da produção do pomar, aplicar 3,0 a 5,0 kg/ha/ano de N e 4,0 a 5,0 kg/ha/ano de K₂O por tonelada estimada de fruto a ser colhida. Em pomares adubados com P em pré-plantio, normalmente não há necessidade da adição de P.

O N pode ser parcelado em duas a três vezes, sendo que a primeira aplicação deve ser feita no início da primavera e as demais ao longo dos demais estágios fenológicos.

O potássio pode ser aplicado de uma única vez, podendo ser no inverno ou juntamente com a primeira aplicação anual de N.

Os adubos nitrogenados, fosfatados e potássicos devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas.

Diagnose foliar

Na Tabela 6.5.17 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas do quivizeiro. A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no pomar. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

Tabela 6.5.17. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas do quivizeiro.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 1,50	< 0,12	< 1,50	< 2,00	< 0,10
Normal	1,80 – 2,80	0,18 – 0,40	1,70 – 2,50	4,00 – 5,50	0,45 – 0,80
Excessivo	> 5,50	> 1,00	-	-	-
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 60	< 3	< 12	< 30	< 20
Normal	80 – 200	7 – 15	50 – 100	100 – 200	50 – 70
Excessivo	-	-	> 1000	> 1500	> 100

Coletar a segunda folha normal com pecíolo, localizada depois dos frutos, em fevereiro. Cada amostra deve ser composta por 40 a 50 folhas, oriundas de 20 a 30 plantas

6.5.18 - VIDEIRA

a) Adubação de pré-plantio

As quantidades de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para a cultura da videira estão descritas na Tabela 6.5.1. Aplicar 3 a 5 kg/ha de B.

b) Adubação de crescimento

Nos pomares adubados com P e K em pré-plantio, não há necessidade de adicionar esses nutrientes durante a fase de crescimento das plantas.

Nitrogênio

As quantidades de N sugeridas para o crescimento da videira variam de acordo com o teor de matéria orgânica do solo, com o tipo de uva e com a idade do vinhedo. As doses acima de 30 kg/ha de N devem ser parceladas em duas vezes, a primeira a partir do início da brotação e a segunda 30 dias após a primeira aplicação.

Os adubos nitrogenados devem ser aplicados ao longo da fila de plantio, na área abrangida pela projeção da copa das mudas.

Teor de matéria orgânica no solo	Anos após o plantio		
	1º ⁽¹⁾	2º	3º
Dose de N para uva para vinho			
%	..... kg de N/ha.....		
≤ 2,5	30	40	50
2,6 a 5,0	20	20	30
> 5,0	≤10	≤10	0
Dose de N para uva de mesa			
%	.....kg de N/ha.....		
≤ 2,5	50	60	70
2,6 a 5,0	30	30	40
> 5,0	≤10	≤10	≤20

⁽¹⁾ Ano de plantio do porta-enxerto. Para muda enxertada, conta-se a partir do 2º ano.

c) Adubação de manutenção

O N, P e K devem ser aplicados sobre a superfície do solo da fila de plantio, sem incorporação, na área abrangida pela projeção da copa das plantas aproximadamente a uma distância de 40 a 50 cm do caule das plantas.

Nitrogênio

A adubação de manutenção com N para a videira é estabelecida em função do teor do nutriente na folha e na produtividade esperada. A dose de N poder ser fornecida usando fontes minerais ou orgânicas. As fontes orgânicas devem ser aplicadas especialmente quando o crescimento vegetativo das videiras estiver abaixo do desejado. A dose de N deverá ser aplicada em duas vezes, sendo a primeira o início da brotação e a segunda quando as bagas estiverem no tamanho de chumbinho.

O N não deve ser aplicado em doses acima das estabelecidas na tabela abaixo, porque pode aumentar a susceptibilidade das plantas a doenças fúngicas foliares. Em videiras onde a uva é destinada para a elaboração de vinhos, o excesso de N pode depreciar a qualidade da uva, do seu mosto e do vinho.

Interpretação do teor de N no tecido (folha completa ou pecíolo) ⁽¹⁾		Produtividade (t/ha)	Uva para vinho kg de N/ha	Uva de mesa
Insuficiente	> 25	40	100	
	15 – 25	30	70	
	10 – 15	15	40	
	< 10	≤ 10	20	
Normal	> 25	30	50	
	15 – 25	20	30	
	10 – 15	10	20	
	< 10	≤ 10	≤ 15	
Excessivo	Qualquer produtividade	0	0	

⁽¹⁾ A interpretação dos resultados da análise de folhas completas e/ou pecíolos da videira é feita seguindo as faixas de concentração contidas nas Tabelas 6.5.18 (pecíolos) ou 6.5.19 (folhas). Na ausência de análise de tecido, interpretar a disponibilidade de N com base no teor de matéria orgânica do solo, seguindo a correspondência: < 2,5% de matéria orgânica para "insuficiente", 2,6 a 5,0% de matéria orgânica para "normal" e > 5,0% de matéria orgânica para "excessivo".

Fósforo e Potássio

A aplicação das doses de fósforo e potássio deve ser feita no período hibernal (julho ou agosto). Em caso de solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica, deve-se dividir a aplicação do potássio em duas vezes, principalmente quando a dose for superior a 60 kg/ha de K₂O. A primeira aplicação deve ser feita no período hibernal e a segunda no início da brotação ou quando a baga atingir tamanho de chumbinho.

Aplicação de doses de potássio acima das estabelecidas na tabela abaixo podem favorecer a elevação do pH do vinho, principalmente em vinhos tintos.

Interpretação dos teores de P e K no tecido (folha ou pecíolo) ⁽¹⁾	Produtividade	Fósforo Uva para vinho ou de mesa	Potássio	
			Uva para vinho	Uva de mesa
Insuficiente	(t/ha)	kg de P ₂ O ₅ /ha	.....kg de K ₂ O/ha.....	
	> 25	80	120	140
	15 - 25	60	80	120
	10 – 15	40	60	80
Normal	< 10	30	40	60
	> 25	60	50	60
	15 - 25	40	30	40
	10 – 15	20	20	20
Excessivo	< 10	≤10	≤10	≤15
	Qualquer produtividade	0	0	0

⁽¹⁾A interpretação dos resultados da análise de folhas inteiras e/ou dos pecíolos da videira, é feita seguindo as faixas de concentração contidas nas tabelas 6.5.18 (pecíolos) ou 6.5.19 (folhas). Na ausência de análise de tecido, interpretar a disponibilidade de P com base no teor de P disponível do solo de amostras coletadas a partir do terceiro ano da implantação, seguindo a seguinte correspondência: teores no solo muito baixo e baixo para “insuficiente”; teores no solo médios e alto para “normal” e teor muito alto para “excessivo”.

Diagnose foliar

Recomenda-se fazer a análise de tecido periodicamente (a cada quatro anos) em caso de normalidade, e anualmente se forem observados problemas nutricionais. A análise pode ser feita nos pecíolos ou nas folhas completas (pecíolo + limbo), com a respectiva interpretação dos resultados pelas Tabelas 6.5.18 e 6.5.19.

No caso de amostragem de pecíolos, estes devem ser coletados das folhas recém-maduras, ou seja, das folhas mais novas que já completaram o crescimento. No caso de folhas completas, coletar a folha oposta ao primeiro cacho do ramo frutífero amostrado. As folhas completas (pecíolo + limbo) ou os pecíolos devem ser coletadas na mudança da cor das bagas.

Os resultados de análise de pecíolos são mais adequados para a avaliação da absorção de P e de K. Os resultados de análise de folhas completas têm maior sensibilidade para as avaliações de boro e de N.

Na Tabela 6.5.18 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nos pecíolos da videira. Na tabela 6.5.19 são apresentadas as classes de valores para avaliação da composição química dos nutrientes nas folhas da videira.

Tabela 6.5.18. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nos pecíolos da videira.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 0,40	< 0,10	< 0,80	< 0,50	< 0,15
Normal	0,66 – 0,95	0,16 – 0,25	1,50 – 2,50	1,00 – 2,00	0,25 – 0,50
Excessivo	> 1,25	> 0,40	> 3,50	> 3,0	> 0,70
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 15	-	< 15	< 20	< 15
Normal	30 – 150	-	30 – 50	30 – 300	30 – 50
Excessivo	> 300	-	> 100	> 300	> 100

Coletar aproximadamente 100 pecíolos de folhas completas recém-maduras por amostra de aproximadamente 20 a 30 plantas.

Tabela 6.5.19. Classes de valores para interpretação da composição química de macro e micronutrientes nas folhas completas da videira.

Classe	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Insuficiente	< 1,60	< 0,12	< 0,80	< 1,60	< 0,20
Normal	1,60 – 2,40	0,12 – 0,40	0,80 – 1,60	1,60 – 2,40	0,20 – 0,60
Excessivo	> 2,40	> 0,40	> 1,60	> 2,40	> 0,60
Classe	Micronutrientes (mg/kg)				
	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Insuficiente	< 60	-	< 25	< 20	< 30
Normal	60 – 150	-	25 – 60	30 – 300	30 – 65
Excessivo	> 180	-	> 60	> 300	> 65

Coletar aproximadamente 100 folhas completas por amostra de aproximadamente 20 a 30 plantas. Coletar a folha oposta ao primeiro cacho do ramo frutífero amostrado.

A interpretação conjunta da composição das folhas e dos teores de nutrientes na análise de solo fornece subsídios importantes para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no vinhedo. De posse dessa avaliação, pode-se optar por alterar ou não as doses de cada nutriente que estão sendo aplicadas.

6.6 FLORESTAIS

Atualizado por:

Luciano Colpo Gatiboni
Clovis Orlando Da Ros
James Stahl
Delmar Santin
Elias Frank de Araújo

Os cultivos florestais têm grande importância na agricultura atual, sendo matéria-prima para a indústria madeireira (madeira serrada, madeira laminada ou reconstituída e compensados), para produção de energia (lenha e carvão vegetal), biomassa para a indústria de celulose e papel, produção de extratos vegetais (taninos de acácia negra), além de ser fonte para outros produtos industriais ou alimentos (erva-mate e pinhão de araucária). Além disso, os cultivos florestais podem ser empregados como alternativa de utilização racional de áreas inadequadas para outros usos, como por exemplo, áreas de alta declividade, e também podem ser uma opção para inclusão de programas de recuperação de áreas degradadas.

Também é possível se utilizar de áreas cultivadas com espécies florestais para aproveitamento industrial para o descarte de resíduos com potencial poluente (dejetos animais, lodos de estações de tratamento de efluentes, lamas, aparas de couros, minérios, etc.), desde que observadas as normativas ambientais vigentes (ver Capítulos 9 e 10). Neste caso, recomenda-se: a) adotar medidas de controle à erosão superficial para evitar o carreamento dos resíduos até os cursos d'água; b) respeitar os limites de aplicação de metais especificados pela legislação; c) promover o crescimento do sub-bosque para controle da erosão, fixação do resíduo

no solo e melhoria das condições de composição do mesmo.

O sistema de recomendação para espécies florestais.

A maioria das culturas deste grupo responde à calagem, sendo a interpretação dos parâmetros da acidez e a recomendação da calagem tratadas no Capítulo 5 deste Manual.

A interpretação da disponibilidade de N, P e K é feita a partir dos resultados da análise de solo (Capítulo 6). As espécies florestais, exceto a erva-mate, necessitam nos estágios iniciais de crescimento de um aporte mais elevado de N, P e K para o estabelecimento. Após o ano de implantação, a necessidade de fertilização é reduzida ou até suprimida em função do desenvolvimento do sistema radicular das culturas com maior exploração do solo e também em função do fechamento da copa das árvores e queda de folhas e galhos, os quais potencializam a ciclagem dos nutrientes. Adubações, a partir do segundo ano, são recomendadas apenas em manejos onde é prevista a remoção de biomassa durante o ciclo da cultura (como na colheita de erva-mate) ou se for observada deficiência de nutrientes que justifique uma intervenção. No caso da erva-mate, as fases de plantio e formação de copa requerem menores quantidades de nutrientes do que a fase de produção, onde as exportações de nutrientes tendem a ser elevadas.

A adubação nitrogenada para as espécies florestais é prevista para o suprimento da quantidade requerida pela cultura, considerando a contribuição da matéria orgânica do solo e as perdas do sistema. É recomendado, sempre que possível, a aplicação parcelada da adubação nitrogenada, sendo uma parte aplicada no momento do plantio e outra parte durante a estação de crescimento das plantas, escolhendo-se a época de maior crescimento das plantas.

Comparativamente às culturas anuais, as necessidades de adubação fosfatada e potássica para as espécies florestais são normalmente menores em função do ciclo longo das culturas e da baixa quantidade de nutrientes exportadas pelos produtos de base florestal. Assim, há maior eficiência de aproveitamento do P e do K do solo do que as culturas anuais e, por isso, os níveis críticos são menores que os daquelas culturas (Capítulo 6).

Normalmente os solos do Sul do Brasil fornecem suprimento adequado de micronutrientes para as culturas florestais. Especificamente para a cultura do eucalipto, principalmente em povoamentos instalados sobre solos de baixa CTC ($\leq 7,5 \text{ cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$) e baixo teor de matéria orgânica ($\leq 2,5\%$), se recomenda a aplicação de B, Zn e Cu como prescrição de segurança. Assim, a aplicação desses se justifica apenas se detectada deficiência dos mesmos por meio de diagnose visual e confirmada por análise de solo ou foliar. Contudo, as faixas de suficiência dos nutrientes no tecido foliar, quando disponíveis para a cultura, ainda são baseadas em conjuntos restritos de dados, recomendando-se cautela na sua utilização.

6.6.1 - ACÁCIA-NEGRA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Crescimento
%	.....kg de N/ha.....	
$\leq 2,5$	40	30
2,6 - 5,0	20	15
$> 5,0$	≤ 10	0

A adubação nitrogenada de plantio deve ser realizada juntamente com a adubação com P e K, na cova ou sulco de plantio. A adubação de crescimento deve ser realizada entre 3 e 6 meses após o plantio, escolhendo-se a época de maior crescimento das plantas. O adubo deve ser distribuído na projeção da copa ou em faixa contínua próxima da linha de plantio.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$	kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$
Muito Baixo	130	120
Baixo	90	80
Médio	70	60
Alto	50	40
Muito Alto	≤ 50	≤ 40

A adubação fosfatada e potássica deve ser aplicada na cova ou no sulco de plantio. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com o solo para evitar danos às raízes das mudas. No segundo caso, o adubo é distribuído no fundo do sulco de plantio aberto pelo sulcador.

Opcionalmente, quando os teores de K forem classificados como “Muito baixo” ou “Baixo”, a adubação potássica pode ser fracionada em duas vezes, aplicando-se 2/3 da dose no plantio e 1/3 em cobertura, na mesma época da adubação nitrogenada de crescimento, quando o adubo deve ser distribuído na projeção da copa ou em faixa contínua próxima da linha de plantio. Caso os teores de K no solo forem classificados como “Médio”, “Alto” ou “Muito alto”, recomenda-se a aplicação da adubação potássica inteiramente no plantio, quando há possibilidade de incorporação do fertilizante no solo.

Após o corte e a retirada da madeira, deve ser feita nova análise de solo e nova recomendação de fertilizantes para a próxima rotação.

6.6.2 - ARAUCÁRIA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Crescimento
%	.....kg de N/ha.....	
≤2,5	20	20
2,6 - 5,0	15	15
> 5,0	≤10	≤10

A adubação nitrogenada de plantio deve ser realizada juntamente com a adubação com P e K, na cova ou sulco de plantio. A adubação de crescimento deve ser realizada entre 3 e 6 meses após o plantio, escolhendo-se a época de maior crescimento das plantas. O adubo deve ser distribuído na projeção da copa ou em faixa contínua próxima da linha de plantio.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	95	100
Baixo	55	60
Médio	35	40
Alto	15	20
Muito Alto	≤15	≤20

A adubação fosfatada e potássica deve ser aplicada na cova ou no sulco de plantio. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com o solo para evitar danos às raízes das mudas. No segundo caso, o adubo é distribuído no fundo do sulco de plantio aberto pelo sulcador.

Após o corte e a retirada da madeira, deve ser feita nova análise de solo e nova recomendação de fertilizantes para a próxima rotação.

6.6.3 - BRACATINGA

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio kg de N/ha
%	
≤2,5	25
2,6 - 5,0	15
> 5,0	0

A adubação nitrogenada de plantio deve ser realizada juntamente com a adubação com P e K, na cova ou sulco de plantio. A bracatinga, por ser leguminosa, não necessita de adubação nitrogenada de crescimento.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	95	120
Baixo	55	80
Médio	35	60
Alto	15	40
Muito Alto	≤15	≤40

A adubação fosfatada e potássica deve ser aplicada na cova ou no sulco de plantio. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com o solo para evitar danos às raízes das mudas. No segundo caso, o adubo é distribuído no fundo do sulco de plantio aberto pelo sulcador.

Após o corte e a retirada da madeira, deve ser feita nova análise de solo e nova recomendação de fertilizantes para a próxima rotação.

6.6.4 – CEDRO AUSTRALIANO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Crescimento
%	.....kg de N/ha.....	
≤2,5	45	45
2,6 - 5,0	30	30
> 5,0	15	15

A adubação nitrogenada de plantio deve ser realizada juntamente com a adubação com P e K, na cova ou sulco de plantio. A adubação de crescimento deve ser realizada entre 3 e 6 meses após o plantio, escolhendo-se a época de maior crescimento das plantas. O adubo deve ser distribuído na projeção da copa ou em faixa contínua próxima da linha de plantio.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	120	120
Baixo	80	80
Médio	60	60
Alto	40	40
Muito Alto	≤40	≤40

A adubação fosfatada e potássica deve ser aplicada na cova ou no sulco de plantio. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com o solo para evitar danos às raízes das mudas. No segundo caso, o adubo é distribuído no fundo do

sulco de plantio aberto pelo sulcador.

Após o corte e a retirada da madeira, deve ser feita nova análise de solo e nova recomendação de fertilizantes para a próxima rotação.

6.6.5 - ERVA-MATE

Para a adubação de erva-mate, pode haver duas situações distintas: 1) a adubação desde o plantio das mudas; ou 2) a recuperação da fertilidade do solo em ervais já estabelecidos.

No primeiro caso, trabalha-se com três fases de adubação, sendo a primeira de plantio e crescimento, que corresponde até a primeira colheita do erval (normalmente aos dois anos de idade); a segunda fase é a de formação da copa, que ocorre desde a primeira até a terceira colheita do erval (normalmente entre 5 e 6 anos de idade) e a fase de produção, ocorrente após a terceira colheita.

Já para a recuperação da fertilidade do solo de ervais já estabelecidos são previstas duas fases, a fase de recuperação propriamente dita e, posteriormente, o erval passa para a adubação de produção, idêntica ao descrito anteriormente para ervais adubados desde o plantio. As doses de fertilizantes aqui recomendadas usam como base uma densidade de plantio de erva-mate de 2.000 plantas/ha.

1) PROGRAMA DE ADUBAÇÃO DESDE O PLANTIO DAS MUDAS

a) Adubação de plantio e crescimento

A adubação de plantio e crescimento compreende o período desde o plantio até a primeira poda do erval (plantas com dois anos de idade, em média). Neste período são realizadas adubações na cova de plantio e adubações de crescimento na projeção da copa das plantas. A adubação de crescimento é realizada em três aplicações, preferencialmente duas nos meses de janeiro de cada ano e uma em setembro. Considerando o plantio no mês de julho, as adubações de crescimento seriam aos 6, 14 e 18 meses de idade.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Crescimento			
	Plantio	6 meses	14 meses	18 meses
%	.....kg de N/ha.....			
≤2,5	15	30	30	30
2,6 - 5,0	10	20	20	20
> 5,0	5	10	10	10

A adubação nitrogenada de plantio deve ser realizada juntamente com a adubação com P e K, na cova ou sulco de plantio, misturada com o solo da cova. As adubações de crescimento devem ser aplicadas preferencialmente nos meses de janeiro e setembro (considerando plantio em julho). O fertilizante deve ser distribuído na projeção da copa, a uma distância mínima de 25 cm da planta.

Fósforo

Interpretação do teor de P no solo	Crescimento			
	Plantio	6 meses	14 meses	18 meses
	.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....			
Muito Baixo	35	35	35	35
Baixo	25	25	25	25
Médio	20	20	20	20
Alto	15	15	15	15
Muito Alto	≤15	≤15	≤15	≤15

Potássio

Interpretação do teor de K no solo	Crescimento			
	Plantio	6 meses	14 meses	18 meses
	.....kg de K ₂ O/ha.....			
Muito Baixo	30	30	35	35
Baixo	20	20	25	25
Médio	15	15	20	20
Alto	10	10	15	15
Muito Alto	≤10	≤10	≤15	≤15

Na adubação de plantio, as doses dos fertilizantes fosfatados e potássicos devem ser aplicadas na cova de plantio juntamente com a adubação

nitrogenada de plantio. O adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com o solo para evitar danos às raízes das mudas.

As adubações de crescimento com P e K devem ser aplicadas preferencialmente nos meses de janeiro e setembro (considerando plantio em julho). O fertilizante deve ser distribuído na projeção da copa, a uma distância mínima de 25 cm da planta.

b) Adubação de formação da copa

A adubação de formação da copa compreende o período desde a primeira colheita até a terceira colheita (dos dois até os cinco ou seis anos de idade). Nesta fase são realizadas adubações com N, P e K, todas aplicadas à lanço, na projeção da copa das plantas. Em função da expansão anual do diâmetro da copa, parte da fertilização ocorrerá em solo ainda não fertilizado e espera-se que ao final dessa fase o sistema radicular das plantas já explore toda área do solo. Nesta fase, as doses de fertilizantes das tabelas seguintes são previstas para aplicação anual.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha/ano
≤2,5	80
2,6 - 5,0	60
> 5,0	40

A dose da adubação nitrogenada deve ser aplicada anualmente, dividindo-a em duas parcelas iguais, nos meses de janeiro e setembro, devendo ser distribuída na projeção da copa das plantas, a uma distância mínima de 40 cm da planta.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha/ano	kg de K ₂ O/ha/ano
Muito Baixo	100	90
Baixo	70	60
Médio	55	45
Alto	40	30
Muito Alto	≤40	≤30

As doses das adubações fosfatada e potássica devem ser aplicadas anualmente, dividindo-a em duas parcelas iguais, nos meses de janeiro e setembro, devendo ser distribuídas na projeção da copa das plantas, a uma distância mínima de 40 cm da planta.

c) Adubação de produção

A adubação de produção considera que os teores de P e K estejam acima do teor crítico para a cultura e, por isso, prevê a reposição dos nutrientes exportados durante a colheita de biomassa vegetal, acrescido das perdas do sistema. Na adubação de produção, todos os fertilizantes são aplicados em cobertura em área total, pois nesta fase as raízes das plantas já ocupam toda a área do erval.

No programa de adubação são consideradas as quantidades dos nutrientes exportados pela colheita de erva-mate comercial (folha+galho fino) e do galho grosso. Há dois manejos de colheita utilizados: Manejo 1 é quando o galho grosso da colheita permanece espalhado na área ou enleirado junto a linha de erva-mate e Manejo 2 é quando o galho grosso sai total ou parcialmente do local (amontoado em pontos isolados no erval).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Manejo 1 ⁽¹⁾	Manejo 2
%	.....kg de N/ha.....	
≤2,5	MV x 12 ⁽²⁾	MV x 14
2,6 - 5,0	MV x 11	MV x 13
> 5,0	MV x 10	MV x 11

⁽¹⁾ Em Manejo 1 os galhos grossos são deixados no erval e em Manejo 2 são retirados total ou parcialmente da área.

⁽²⁾ MV é a massa verde de erva-mate comercial produzida, em t/ha.

Como as colheitas são realizadas em intervalos de 18 a 24 meses, dependendo do manejo da área, a adubação nitrogenada deve ser fracionada em três aplicações (colheita a cada 18 meses) ou quatro aplicações (colheita a cada 24 meses), aplicando o fertilizante à lanço em área total, nos meses de janeiro e setembro de cada ano.

Fósforo e potássio

Tipo de Manejo ⁽¹⁾	Fósforo	Potássio
Manejo 1	kg de P ₂ O ₅ /ha MV x 1,0 ⁽²⁾	kg de K ₂ O/ha MV x 6,5
Manejo 2	MV x 1,2	MV x 8,5

⁽¹⁾ Em Manejo 1 os galhos grossos são deixados no erval e em Manejo 2 são retirados total ou parcialmente da área.

⁽²⁾ MV é a massa verde de erva-mate comercial produzida, em t/ha.

Como as colheitas são realizadas em intervalos de 18 a 24 meses, dependendo do manejo da área, a adubação fosfatada e potássica deve ser fracionada em três aplicações (colheita a cada 18 meses) ou quatro aplicações (colheita a cada 24 meses), aplicando o fertilizante à lanço em área total, nos meses de janeiro e setembro de cada ano.

Monitoramento da fertilidade do solo

Recomenda-se o monitoramento periódico da fertilidade do solo, devendo ser feita nova análise de solo após cada colheita, sendo coletadas amostras compostas do solo da projeção da copa e das entrelinhas do erval. Quando forem detectados teores inadequados de Ca e/ou Mg (ver Capítulo 5) ou P e/ou K (ver Capítulo 6), deve-se iniciar o programa de adubação para recuperação de ervais, descrito a seguir.

2) PROGRAMA DE ADUBAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DE ERVAIS

É possível fazer a recuperação da fertilidade do solo de ervais já estabelecidos, mas que receberam calagem e/ou fertilização em doses menores que as ideais para a formação do erval e, portanto, apresentam disponibilidade de nutrientes aquém dos desejados. No caso da calagem é indicada a aplicação superficial do corretivo em área total, usando a mesma dose estabelecida para a cultura no Capítulo 5.

Quando os teores de P e/ou K estiverem abaixo do teor crítico (Capítulo 6), a recomendação prevê a aplicação de doses elevadas do nutriente para elevação imediata dos teores do solo, acrescida da quantidade de nutrientes exportada na colheita anterior. Como a baixa fertilidade do solo deve estar limitando a produção de erva-mate, durante a recuperação do erval a recomendação de N é prevista baseada na exportação de nutrientes pela colheita anterior, acrescida de uma quantidade de N suficiente para garantir produtividade satisfatória durante a fase de recuperação do erval.

Quando apenas um nutriente (P ou K) estiver em valores abaixo do teor crítico, o programa de recuperação deve ser aplicado apenas para o nutriente deficitário, enquanto para o outro deve seguir o regime normal de adubação de produção.

Após a recuperação da fertilidade do solo, que deve ocorrer num prazo de uma ou duas colheitas, a recomendação dos fertilizantes passa a seguir novamente o regime normal de adubação de produção.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Manejo 1 ⁽¹⁾	Manejo 2
%	.....kg de N/ha.....	
≤2,5	70+(MV x 12) ⁽²⁾	70+(MV x 14)
2,6 - 5,0	50+(MV x 11)	50+(MV x 13)
> 5,0	30+(MV x 9)	30+(MV x 11)

⁽¹⁾ Em Manejo 1 os galhos grossos são deixados no erval e em Manejo 2 são retirados total ou parcialmente da área.

⁽²⁾ MV é a massa verde de erva-mate comercial produzida, em t/ha.

Como as colheitas são realizadas em intervalos de 18 a 24 meses, dependendo do manejo da área, a adubação nitrogenada deve ser fracionada em três aplicações (colheita a cada 18 meses) ou quatro aplicações (colheita a cada 24 meses), aplicando o fertilizante à lanço em área total, nos meses de janeiro e setembro de cada ano.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo		Potássio	
	Manejo 1 ⁽¹⁾	Manejo 2	Manejo 1	Manejo 2
	.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....		.....kg de K ₂ O/ha.....	
Muito Baixo	180+(MVx1,0) ⁽²⁾	180+(MVx1,2)	180+(MVx6,5)	180+(MVx8,5)
Baixo	90+(MVx1,0)	90+(MVx1,2)	90+(MVx6,5)	90+(MVx8,5)
Médio	45+(MVx1,0)	45+(MVx1,2)	45+(MVx6,5)	45+(MVx8,5)

⁽¹⁾ Em Manejo 1 os galhos grossos são deixados no erval e em Manejo 2 são retirados total ou parcialmente da área.

⁽²⁾ MV é a massa verde de erva-mate comercial produzida, em t/ha.

Como as colheitas são realizadas em intervalos de 18 a 24 meses, dependendo do manejo da área, a adubação fosfatada e potássica deve ser fracionada em três aplicações (colheita a cada 18 meses) ou quatro aplicações (colheita a cada 24 meses), aplicando o fertilizante à lanço em área total, nos meses de janeiro e setembro de cada ano.

6.6.6 - EUCALIPTO

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Crescimento ⁽¹⁾
%	.....kg de N/ha.....	
≤ 2,5	45	45
2,6 - 5,0	30	30
> 5,0	15	15

⁽¹⁾ Para expectativa de rendimento maior que 40 m³/ha/ano de madeira, acrescentar aos valores da adubação de crescimento 2,0 kg de N/ha por m³/ha/ano adicional de madeira a ser produzida.

A adubação nitrogenada de plantio deve ser realizada juntamente com a adubação com P e K, na cova ou sulco de plantio. A adubação de crescimento deve ser realizada entre 3 e 6 meses após o plantio, escolhendo-se a época de maior crescimento das plantas. Pode-se também parcelar a adubação de crescimento em duas épocas dentro do intervalo de seis meses. O adubo deve ser distribuído na projeção da copa ou em faixa contínua próxima da linha de plantio.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo ⁽¹⁾		Potássio ⁽¹⁾
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha	
Muito Baixo	130	130	
Baixo	90	90	
Médio	70	70	
Alto	50	50	
Muito Alto	≤ 50	≤ 50	

⁽¹⁾ Para expectativa de rendimento maior que 40 m³/ha/ano de madeira, acrescentar aos valores da tabela 1,0 kg de P₂O₅/ha e 2,0 kg de K₂O/ha por m³/ha/ano adicional de madeira a ser produzida.

A adubação fosfatada e potássica deve ser aplicada na cova ou no sulco de plantio. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com o solo para evitar danos às raízes das mudas ou ainda pode-se aplicar o adubo imediatamente após o plantio em cova aberta ao lado das plantas. Caso a opção for pela adubação no sulco, o adubo é distribuído no fundo do sulco de plantio aberto pelo sulcador.

Opcionalmente, quando os teores de K forem classificados como “Muito baixo” ou “Baixo”, a adubação potássica pode ser fracionada em duas vezes, aplicando-se 2/3 da dose no plantio e 1/3 em cobertura, na mesma época da adubação nitrogenada de crescimento, quando o adubo deve ser distribuído na projeção da copa ou em faixa contínua próxima da linha de plantio. Caso os teores de K no solo forem classificados como “Médio”, “Alto” ou “Muito alto”, recomenda-se a aplicação da adubação potássica inteiramente no plantio, quando há possibilidade de incorporação do fertilizante no solo.

Micronutrientes

Em algumas situações, como em solos de baixa CTC ($\leq 7,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e baixo teor de matéria orgânica ($\leq 2,5\%$), pode haver teores baixos de B, Zn e Cu no solo (ver Capítulo 6) e, nesses casos, pode haver resposta à aplicação desses nutrientes. Preventivamente, é recomendado o uso destes nutrientes nas doses de 1,0 kg de B/ha, 1,5 kg de Zn/ha e 1,0 kg de Cu/ha, a serem aplicados juntamente com a adubação de plantio.

Análise foliar

Adubações complementares com N, P e K podem ser realizadas durante o ciclo da cultura quando detectadas deficiências pela análise foliar, ou após o desbaste de plantas (quando o manejo florestal previr essa prática).

A coleta de amostra para análise foliar deve ser feita coletando-se, em árvores dominantes, folhas recém-maduras do terço médio copa (4^a a 6^a folha a partir das pontas dos ramos), nos meses de fevereiro a abril. A amostra deve conter folhas de pelo menos dez árvores.

A interpretação dos resultados da análise foliar deve ser realizada pela Tabela 6.6.1, porém de maneira cautelosa, pois as faixas de suficiência são baseadas em restrita quantidade de dados de pesquisa regionais. Caso os teores de N estiverem abaixo da faixa adequada deve-se reaplicar a dose de N de crescimento, conforme o teor de matéria orgânica do solo. Caso os teores de P ou K estiverem abaixo da faixa adequada recomenda-se reaplicar a dose de manutenção (50 kg de P_2O_5/ha ou 50 kg de K_2O/ha , respectivamente). Para os demais nutrientes não há recomendação de intervenção.

Tabela 6.6.1. Faixas de suficiência de macronutrientes e micronutrientes para eucalipto.

Macronutriente	Faixa de suficiência	Micronutriente	Faixa de suficiência
	%		mg/kg
Nitrogênio	1,50 – 2,00	Boro	30 – 50
Fósforo	0,10 – 0,13	Cobre	7 – 10
Potássio	0,90 – 1,30	Ferro	150 – 200
Cálcio	0,60 – 1,00	Manganês	400 – 600
Magnésio	0,50 – 0,80	Zinco	35 – 50
Enxofre	0,15 – 0,20	Molibdênio	0,5 – 1,0

Após o corte e a retirada da madeira, deve ser feita nova análise de solo e nova recomendação de fertilizantes para a próxima rotação.

6.6.7 - PINUS

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio	
	Plantio	Crescimento ⁽¹⁾
%	.....kg de N/ha.....	
≤2,5	20	20
2,6 - 5,0	15	15
> 5,0	0	0

⁽¹⁾ Para expectativa de rendimento maior que 30 m³/ha/ano de madeira, acrescentar aos valores da adubação de crescimento 1,0 kg de N/ha por m³/ha/ano adicional de madeira a ser produzida.

A adubação nitrogenada de plantio deve ser realizada juntamente com a adubação com P e K, na cova ou sulco de plantio. A adubação de crescimento deve ser realizada entre 3 e 6 meses após o plantio, escolhendo-se a época de maior crescimento das plantas. O adubo deve ser distribuído na projeção da copa ou em faixa contínua próxima da linha de plantio.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo ⁽¹⁾	Potássio ⁽¹⁾
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	100	90
Baixo	60	50
Médio	40	30
Alto	20	10
Muito Alto	≤20	≤10

⁽¹⁾ Para expectativa de rendimento maior que 30 m³/ha/ano de madeira, acrescentar aos valores da tabela 1,0 kg de P₂O₅/ha e 2,0 kg de K₂O/ha por m³/ha/ano adicional de madeira a ser produzida.

A adubação fosfatada e potássica deve ser aplicada na cova ou no sulco de plantio. No primeiro caso, o adubo deve ser colocado no fundo da cova antes do plantio, bem misturado com o solo para evitar danos às raízes das mudas ou ainda pode-se aplicar o adubo imediatamente após o plantio em cova aberta ao lado das plantas. Caso a opção for pela adubação no sulco, o adubo é distribuído no fundo do sulco de plantio aberto pelo sulcador.

Opcionalmente, quando os teores de K forem classificados como “Muito baixo” ou “Baixo”, a adubação potássica pode ser fracionada em duas vezes, aplicando-se 2/3 da dose no plantio e 1/3 em cobertura, na mesma época da adubação nitrogenada de crescimento, quando o adubo deve ser distribuído na projeção da copa ou em faixa contínua próxima da linha de plantio. Caso os teores de K no solo forem classificados como “Médio”, “Alto” ou “Muito alto”, recomenda-se a aplicação da adubação potássica inteiramente no plantio, quando há possibilidade de incorporação do fertilizante no solo.

Análise foliar

Adubações complementares com N, P e K podem ser realizadas durante o ciclo da cultura quando detectadas deficiências pela análise foliar, ou após o desbaste de plantas (quando o manejo florestal previr essa prática).

A coleta de amostra para análise foliar deve ser feita nos meses de fevereiro a abril coletando-se, em árvores dominantes, acículas do segundo verticilo, no terço superior da copa. A amostra deve conter material de, no mínimo, dez plantas.

A interpretação dos resultados da análise foliar deve ser realizada pela Tabela 6.6.2, porém de maneira cautelosa, pois as faixas de suficiência são baseadas em restrita quantidade de dados de pesquisa regionais. Caso os teores de N estiverem abaixo da faixa adequada deve-se reaplicar a dose de N de crescimento, conforme o teor de matéria orgânica do solo. Caso os teores de P ou K estiverem abaixo da faixa adequada recomenda-se reaplicar a dose de manutenção (20 kg de P_2O_5 /ha e 10 kg de K_2O /ha, respectivamente). Para os demais nutrientes não há recomendação de intervenção.

Tabela 6.6.2. Faixas de suficiência de macronutrientes e micronutrientes para o pinus.

Macronutriente	Faixa de Suficiência	Micronutriente	Faixa de suficiência
	%		mg/kg
Nitrogênio	1,10 – 1,30	Boro	12 – 25
Fósforo	0,10 – 0,12	Cobre	4 – 7
Potássio	0,60 – 1,00	Ferro	100 – 200
Cálcio	0,20 – 0,50	Manganês	250 – 600
Magnésio	0,10 – 0,20	Zinco	30 – 45
Enxofre	0,13 – 0,16	Molibdênio	si ⁽¹⁾

⁽¹⁾ si = sem informação.

Após o corte e a retirada da madeira, deve ser feita nova análise de solo e nova recomendação de fertilizantes para a próxima rotação.

6.7 PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES

Atualizado por:

Rafael Ricardo Cantú
Alexandre Visconti
Rafael G. F. Morales
Fabiana Schmidt
Euclides Schallenberger

As plantas medicinais, aromáticas e condimentares, denominadas também de plantas bioativas, são caracterizadas por apresentarem princípios ativos úteis para a sociedade, sejam como medicamentos, cosméticos, nutricionais, industriais, detergentes e defensivos agrícolas (Castro et al., 2005). Considerando que os produtos de interesse dessas espécies agrícolas são os princípios ativos produzidos e acumulados pelo vegetal, não é somente o ganho em biomassa por área de cultivo que caracteriza uma produção bem sucedida, já que o conteúdo qualitativo e quantitativo dos princípios ativos representa o maior interesse econômico dessas culturas. Mesmo nas culturas em que a biomassa verde é utilizada comercialmente para ser consumida *in natura* (temperos e condimentos) ou seca (chás, condimentos, ervas aromáticas, etc.), a qualidade final dos produtos dependerá do tipo e do teor dos princípios ativos.

É comum as plantas bioativas nativas de regiões tropicais e subtropicais apresentarem certa tolerância a solos ácidos e pobres. Contudo, no caso das espécies mais difundidas no Sul do Brasil e abordadas neste Capítulo, a sua maioria apresenta respostas positivas na produção e no acúmulo dos princípios ativos quando da correção da acidez do solo e adubação. Contudo, ainda são escassas as informações de pesquisa sobre

a nutrição dessas culturas. Devido ao caráter medicinal, cosmético e nutricional de muitas espécies bioativas, é importante que o cultivo ocorra em áreas sem excessos de nutrientes e, principalmente, de agrotóxicos.

Para este grupo de culturas há ocorrência de algumas com o mesmo nome comum, mas que são espécies diferentes. Assim, para evitar confusão, neste Capítulo são apresentados conjuntamente os nomes comuns e científicos das culturas.

O sistema de recomendação para plantas medicinais, aromáticas e condimentares

A maioria das culturas deste grupo responde à calagem, sendo a interpretação dos parâmetros da acidez e a recomendação da calagem tratadas no Capítulo 5 deste Manual.

Na implantação comercial destas culturas, geralmente se utilizam mudas e, por isso, considera-se adubação desta fase como de plantio. A interpretação da disponibilidade de N, P e K é feita a partir dos resultados da análise de solo (Capítulo 6) e é empregada para a adubação no plantio e, eventualmente, para a adubação nitrogenada em cobertura das espécies, exceto para o chá-verde e o urucum, os quais têm adubação de plantio, formação e produção.

No plantio se recomenda a utilização de adubo orgânico sempre que possível. Esta aplicação visa melhorar a estrutura do solo e também fornecer macro e micronutrientes para a cultura. A utilização da adubação orgânica deve considerar as quantidades de nutrientes recomendadas para cada cultura e as quantidades de N, P₂O₅ e K₂O supridas, cujos procedimentos de cálculo são apresentados no Capítulo 9. Com o uso de calcário quando necessário e da adubação orgânica para fornecimento de N, P e K no plantio, normalmente são também supridas as necessidades de Ca, Mg, S e micronutrientes, não sendo necessária sua complementação com fontes minerais. Por outro lado, quando a adubação orgânica não suprir todas as necessidades de N, P₂O₅ e K₂O das culturas, há necessidade de complementação desses nutrientes com fontes minerais (ver detalhes no Capítulo 9).

Sistemas de cultivo e a adubação

No cultivo dessas culturas podem ser utilizados os sistemas convencional,

cultivo mínimo ou plantio direto, dependendo também das características da cultura. A maioria dos cultivos das plantas bioativas concentra-se em áreas de elevada declividade e, portanto, os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo se constituem em práticas de manejo importantes para controle da erosão.

No cultivo convencional, os fertilizantes são incorporados ao solo na camada de 0 a 20 cm pelas operações de preparo. No plantio direto, a adubação pode ser aplicada em pequenos sulcos próximos às plantas. No cultivo mínimo é preconizado um revolvimento mínimo do solo necessário para a incorporação dos fertilizantes. No caso do plantio em covas, adotado em pequenas áreas ou em terrenos declivosos, com afloramento de rochas ou outros impedimentos físicos, a dose de adubação deve ser aplicada e incorporada na cova. O urucum é uma espécie que tem sua adubação de plantio feita na cova e as doses estão ajustadas para essa situação. As adubações para as fases de formação e produção também são ajustadas para a cova, embora aplicadas em cobertura considerando a copa das plantas. Similarmente, a cultura do chá-verde prevê uma adubação de plantio, na cova, e demais adubações (formação e produção) em cobertura, mas as doses estão ajustadas para kg/ha.

Os adubos orgânicos devem preferencialmente ser incorporados ao solo, na cova de plantio ou em faixas. Já para adubação orgânica em cobertura sem incorporação no solo, é importante fazer a aplicação antes da ocorrência da fase de maior demanda de nutrientes pela cultura, considerando a lenta mineralização e a disponibilização dos nutrientes dos adubos. É importante destacar que não se recomenda a utilização de estercos que não receberam nenhum tipo de tratamento, porque algumas das culturas podem ser consumidas *in natura* e a utilização dos estercos sem tratamento prévio pode provocar contaminações microbiológicas, representando riscos à saúde humana.

Além disso, caso a planta seja comercializada como proveniente de “cultivo orgânico”, são exigidos pelas certificadoras diversos requisitos e, entre eles, não é permitido o uso de esterco animal sem compostagem. Quando há interesse em comercialização dessas culturas como “produtos orgânicos”, é recomendável que a adubação dos cultivos das plantas bioativas sigam as normas para produção orgânica, segundo a Lei nº 10.831/2003, regulamentada pelo Decreto nº 6.323 em 27/12/2003 e atualizada em 27/12/2007.

6.7.1 - ALFAVACA [*Ocimum basilicum* (L.)]

Espaçamento de 0,50 m por 0,50 a 0,70 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100
2,6 - 5,0	70
> 5,0	≤ 30

Aplicar 1/3 no plantio e o restante após 25 dias, em cobertura.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	120	120
Baixo	80	80
Médio	60	60
Alto	40	40
Muito Alto	≤40	≤40

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.2 - CALÊNDULA [*Calendula officinalis* (L.)]

Espaçamento de 0,20 a 0,30 m por 0,50 a 0,70 m (ou de 0,5 por 0,5 m).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	100
2,6 - 5,0	60
> 5,0	≤ 30

Aplicar 1/3 no plantio e o restante após 25 dias, em cobertura.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	110	120
Baixo	70	80
Médio	50	60
Alto	30	40
Muito Alto	≤30	≤40

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.3 - CAMOMILA [*Matricaria chamomilla* (L.)]

Espaçamento de 0,20 x 0,30 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
2,5	100
2,6 - 5,0	60
> 5,0	≤40

Aplicar 1/3 no plantio e o restante após 25 dias, em cobertura.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	110	110
Baixo	70	70
Médio	50	50
Alto	30	30
Muito Alto	≤30	≤30

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.4 - CAPIM-LIMÃO [*Cymbopogon citratus*], CITRONELA-DE-JAVA [*Cymbopogon winterianus*] e PALMA-ROSA [*Cymbopogon martinii*]

Capim-limão e palma rosa: espaçamento de 0,5 m por 1,0 m (20.000 mudas/ha);
Citronela de Java: espaçamento de 1,0 m por 1,0 m (10.000 mudas/ha).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤2,5	120
2,6 - 5,0	80
> 5,0	≤40

Aplicar o N aos 30 dias após o plantio das mudas.

Após cada corte, aplicar 60 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo		Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha	
Muito Baixo	110	110	
Baixo	70	70	
Médio	50	50	
Alto	30	30	
Muito Alto	≤30	≤30	

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor “Alto” ou realizar nova análise de solo.

6.7.5 - CARDAMOMO [*Elettaria cardamomum (L.)*]

Espaçamento de 2,5 x 2,0 m (2.000 mudas/ha) a 2,0 x 1,0 m (5.000 mudas/ha)

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤2,5	125
2,6 - 5,0	80
> 5,0	≤40

Aplicar 1/3 do nitrogênio no plantio e o restante após 30 dias, em cobertura.

Após cada corte, aplicar 50 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo		Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha	
Muito Baixo	120	150	
Baixo	80	110	
Médio	60	90	
Alto	40	70	
Muito Alto	≤40	≤70	

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor “Alto” ou realizar nova análise de solo.

6.7.6 - CARQUEJA [*Baccharis trimera* (Lees.)]

Espaçamento de 0,3 a 0,5 m por 0,5 a 0,7 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	80
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 20

Aplicar 1/3 do nitrogênio no plantio e o restante após 30 dias, em cobertura.

Após cada corte, aplicar 70 kg de N/ha

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	110	110
Baixo	70	70
Médio	50	50
Alto	30	30
Muito Alto	≤ 30	≤ 30

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.7 - CHÁ-VERDE ou CHÁ-DA-ÍNDIA [*Camellia sinensis* (L.)]

Espaçamento de 0,5 a 0,8 m por 1,5 a 1,8 m (6.700 a 11.000 mudas/ha).

Adubação de plantio

A cultura do chá apresenta boa resposta à utilização de adubos orgânicos para condicionamento do solo antecedendo ao plantio. Caso seja utilizada, a adubação orgânica deve considerar as quantidades de nutrientes recomendadas para a etapa da formação e as quantidades de N, P₂O₅ e K₂O supridas pelo adubo orgânico, cujos procedimentos de cálculo são apresentados no Capítulo 9. Neste caso, a adubação de formação será realizada apenas quando não são supridas as quantidades pela adubação orgânica, aplicando o que estiver faltando para completar as doses indicadas.

Adubação de formação (1º ano)

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	160
2,6 - 5,0	100
> 5,0	≤ 60

Aplicar 1/3 do nitrogênio no plantio e o restante em cobertura, após 30 dias.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	60	60
Baixo	40	40
Médio	30	30
Alto	20	20
Muito Alto	≤ 20	≤ 20

A adubação deve ser parcelada em três vezes, iniciando entre 30 e 40 dias após a brotação das mudas.

Adubação de produção

Após cada corte, aplicar 70 kg de N/ha. Anualmente aplicar 40 kg de P₂O₅/ha e 40 kg de K₂O/ha, parcelados em três vezes (agosto, dezembro e março). Anualmente aplicar 40 kg de S/ha.

6.7.8 - COENTRO [*Coriandrum sativum* (L.)]

Espaçamento de 0,10 a 0,15 m por 0,30 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	120
2,6 - 5,0	80
> 5,0	≤ 50

Aplicar 1/3 do nitrogênio no plantio e o restante após 30 dias, em cobertura.

Após cada corte, aplicar 50 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	110	110
Baixo	70	70
Médio	50	50
Alto	30	30
Muito Alto	≤30	≤30

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.9 - CURCUMA [*Curcuma longa* (L.)]

Espaçamento de 0,3 x 1,0 m ou 0,4 x 0,8 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤2,5	100
2,6 - 5,0	70
> 5,0	≤40

Aplicar 1/3 do nitrogênio no plantio e o restante após 30 dias, em cobertura.

Após cada corte, aplicar 70 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	110	110
Baixo	70	70
Médio	50	50
Alto	30	30
Muito Alto	≤30	≤30

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.10 - ERVA-DOCE [*Pimpinella anisum* (L.)] e FUNCHO [*Foeniculum vulgare* (var. Dulce)]

Espaçamento de 0,2 a 0,3 m por 0,5 a 0,7 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤2,5	90
2,6 - 5,0	60
> 5,0	≤30

Aplicar 1/3 do N no plantio e o restante em duas vezes, 20 e 60 dias após o plantio.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	80	80
Baixo	60	60
Médio	50	50
Alto	40	40
Muito Alto	≤40	≤40

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.11 - ESTÉVIA [*Stevia rebaudiana* (Bert.)]

Espaçamento de 0,25 m por 0,4 a 0,5 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤2,5	90
2,6 - 5,0	60
> 5,0	≤30

Aplicar 1/3 do N no plantio e o restante de 20 a 30 dias após o transplante, em cobertura.

A cada corte aplicar 70 kg de N/ha por tonelada de folhas secas colhidas. Aplicar 1/3 após o corte e 2/3 20 dias após a 1ª aplicação.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	130	110
Baixo	90	70
Médio	70	50
Alto	50	30
Muito Alto	≤50	≤30

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.12 - HORTELÃS [*Mentha sp.*]

Espaçamento de 0,2 a 0,3 m por 0,6 a 0,7 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤2,5	90
2,6 - 5,0	60
> 5,0	≤30

Aplicar 1/2 do N no plantio e o restante 30 dias após, em cobertura.

Após cada corte, aplicar 30 kg de N/ha.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	110	110
Baixo	70	70
Médio	50	50
Alto	30	30
Muito Alto	≤30	≤30

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.13 - GENGIBRE [*Zingiber officinale* (Roscoe.)]

Espaçamento de 0,2 a 0,3 m por 0,4 a 0,5 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤2,5	120
2,6 - 5,0	80
> 5,0	≤40

Aplicar 1/4 no plantio e 1/4 em cada uma das três amontoas.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio ⁽¹⁾
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	220	120
Baixo	140	80
Médio	100	60
Alto	60	40
Muito Alto	≤60	≤40

⁽¹⁾ Além das doses indicadas no plantio, aplicar mais 70 kg de K₂O/ha em cada amontoa.

6.7.14 - GUACO [*Mikania glomerata* (Spreng.)]

Espaçamento de 1,5 m por 1,5 a 2,0 m (conduzido na vertical em espaldeira).

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	70
2,6 - 5,0	40
> 5,0	≤ 20

Aplicar 1/3 no plantio e o restante em duas vezes, aos 30 e 60 dias, em cobertura.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	110	100
Baixo	70	60
Médio	50	40
Alto	30	20
Muito Alto	≤30	≤20

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.15 - PIRETRO [*Chrysanthemum cinerariaefolium* (Vis.)]

Espaçamento de 0,4 m por 0,6 a 0,8 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤ 2,5	80
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤ 20

Aplicar 1/4 no plantio e o restante em três vezes, aos 30, 60 e 90 dias, em cobertura.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	120	110
Baixo	80	70
Médio	60	50
Alto	40	30
Muito Alto	≤40	≤30

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.7.16 - URUCUM [*Bixa orellana* (L.)]

Espaçamento de 4,0 m por 3,0 a 5,0 m.

A adubação da cultura prevê três fases de adubação: plantio, formação e produção. Em função do elevado espaçamento, a adubação da cultura deve ser realizada na cova (adubação de plantio) e, nos anos seguintes (adubação de formação e produção), considerando a copa das plantas. As tabelas a seguir apresentam as quantidades de fertilizantes em g/cova.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Plantio ⁽¹⁾	Formação ⁽²⁾	Produção ⁽³⁾
%	.....g de N/cova.....		
≤2,5	30	90	100
2,6 - 5,0	20	60	60
> 5,0	≤10	≤30	≤20

Fósforo

Interpretação do teor de P no solo	Plantio ⁽¹⁾	Formação ⁽²⁾	Produção ⁽³⁾
.....g de P ₂ O ₅ /cova.....			
Muito Baixo	50	90	90
Baixo	30	70	70
Médio	20	50	50
Alto	10	30	30
Muito Alto	≤10	≤30	≤30

Potássio

Interpretação do teor de K no solo	Plantio ⁽¹⁾	Formação ⁽²⁾	Produção ⁽³⁾
.....g de K ₂ O/cova.....			
Muito Baixo	60	80	80
Baixo	40	60	60
Médio	30	40	40
Alto	20	20	20
Muito Alto	≤20	≤20	≤20

⁽¹⁾ Adubação de plantio: aplicar as quantidades indicadas na cova mais três aplicações de 10 g de N/planta aos 20, 60 e 90 dias após o plantio.

⁽²⁾ Adubação de formação (2º e 3º anos): aplicar as quantidades indicadas em três vezes, na projeção da copa, no período entre setembro a abril.

⁽³⁾ Adubação de produção (a partir do 4º ano): aplicar as quantidades indicadas em duas vezes, em círculo ao redor das plantas excedendo em 1/3 a projeção da copa.

6.7.17 - VETIVER [Vetiveria zizanioides (L.)]

Espaçamento de 0,5 a 1,0 m por 0,3 a 0,5 m.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤2,5	50
2,6 – 5,0	30
> 5,0	≤10

Aplicar 1/4 no plantio e 1/4 em cada uma das três amontoas.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ /ha	kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	60	60
Baixo	40	40
Médio	30	30
Alto	20	20
Muito Alto	≤20	≤20

Nos cultivos em anos seguintes, aplicar as quantidades de P₂O₅ e de K₂O indicadas para a faixa de teor "Alto" ou realizar nova análise de solo.

6.8 PLANTAS ORNAMENTAIS

Atualizado por:

Rogério Antônio Bellé
Marcelo A. Rodrigues
Fernanda A. A. L. Backes

Existe uma grande diversidade de plantas ornamentais e de flores produzidas comercialmente, requerendo manejo específico de adubação, com diferentes exigências de nutrientes para os substratos utilizados, variedades cultivadas, ambientes e formas de cultivo. Neste Capítulo serão apresentadas as indicações técnicas de adubação para a cultura da roseira como flor de corte e do crisântemo como flor de corte e flor envasada, dada a importância econômica relacionada às espécies no cenário da floricultura nacional.

Diversos fatores contribuem para o crescimento e desenvolvimento das flores e plantas ornamentais, como: a espécie, a cultivar, o ambiente de cultivo (temperatura, radiação solar, umidade do ar e do solo, entre outros), a forma de cultivo, a sanidade e a nutrição mineral. Além da produtividade, a fertilização contribui para assegurar a beleza, a qualidade e a longevidade das flores e plantas ornamentais produzidas.

O sistema de recomendação para as plantas ornamentais

As espécies ornamentais são exigentes em nutrientes, sendo o equilíbrio entre eles um fator importante para o desenvolvimento e a qualidade das flores. Além do equilíbrio dos nutrientes no meio de cultivo, deve-se

considerar também a avaliação do estado nutricional das plantas, com base na amostragem e análise de folhas.

Grande parte do cultivo das espécies ornamentais é realizada em ambiente protegido e o cultivo intensivo dessas espécies nesse ambiente pode modificar significativamente a composição do solo pela introdução de materiais orgânicos e a não lixiviação dos nutrientes pela chuva. Deste modo, a fertilização deve ser criteriosa e acompanhada por meio de medidas como a condutividade elétrica (CE) e pH do solo, para que não ocorram salinização e/ou deficiências ou excessos de nutrientes que interfiram no produto cultivado, especialmente quando se utiliza a produção envasada e com o uso de substratos.

Para as flores de corte (roseira e crisântemo) a campo ou estufa, recomenda-se a adição de composto orgânico como condicionador do solo de cultivo. Esta aplicação visa melhorar a estrutura do solo e também adiciona vários micronutrientes para a cultura. As quantidades indicadas dependem da cultura e os nutrientes adicionados nessa operação não são considerados para a determinação das quantidades de N, P₂O₅ e K₂O recomendadas nas adubações de plantio e/ou de manutenção (produção).

A interpretação dos parâmetros da acidez e a recomendação da calagem são tratadas no Capítulo 5 deste Manual.

A recomendação de N, P e K no plantio das espécies no campo ou em estufa são baseadas na análise de solo, cuja interpretação encontra-se no Capítulo 6. Em relação aos teores críticos no solo, a roseira de corte se enquadra no Grupo 1 (culturas muito exigentes, tanto para P quanto para K). Já o crisântemo de corte se enquadra no Grupo 3 (culturas pouco exigentes, tanto para P quanto para K).

A amostra de solo para análise deve ser obtida antes da incorporação do composto orgânico usado como condicionador. Em áreas cultivadas anteriormente com essas culturas, é frequente a ocorrência de solos com altos teores de nutrientes e, por isto, é conveniente alertar os laboratórios sobre a origem da amostra para análise, a fim de evitar que os teores nos extratos ultrapassem os limites de detecção dos equipamentos sem uma diluição adequada.

A adubação de manutenção (produção) ou os cultivos de crisântemo em vasos com substratos não seguem a interpretação da análise de solo.

As indicações de nutrientes nestes casos são específicas para a cultura e visam o adequado desenvolvimento e qualidade das flores produzidas. Entretanto, existem procedimentos para o adequado monitoramento dos valores de pH e CE no solo a fim de se evitar os excessos de nutrientes no solo.

6.8.1 - ROSEIRA DE CORTE

A roseira é uma espécie que pode ser cultivada no campo, mas tem aumentado seu cultivo em estufas, pois neste ambiente há mais regularidade da produção e melhor qualidade das flores.

Condicionamento do solo de cultivo

É recomendado realizar a incorporação prévia ao plantio de um composto orgânico isento de contaminantes, tais como sementes de invasoras, pragas e patógenos. São indicados 10 a 15 L de composto/m linear na linha de plantio e incorporado ao solo o máximo possível, no mínimo até 30 cm de profundidade. Após o início da produção das rosas, uma nova aplicação de composto pode ser feita, distribuindo o material em uma faixa ao longo da linha, na ordem de 10 L de composto/m², após a poda de inverno.

Adubação de plantio

As indicações de adubação pressupõem para uma população entre 6 e 8 plantas/m², no cultivo com espaçamento entre plantas de 0,15 a 0,20 m e entre linhas de 1,0 a 1,5 m (linhas sentido norte-sul para maior aproveitamento da radiação solar). A adubação de plantio é recomendada para ser incorporada ao solo o máximo possível, no mínimo até 30 cm de profundidade.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo ⁽¹⁾	Nitrogênio ⁽²⁾
%	kg de N/ha
≤2,5	120
2,6 – 5,0	80
>5,0	≤60

⁽¹⁾ A amostra do solo deve ser obtida antes da aplicação do composto orgânico.

⁽²⁾ A dose de N deve ser aplicada 50% no plantio e 50% em cobertura aos 30 dias após o plantio.

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	470	360
Baixo	335	270
Médio	270	225
Alto	200	180
Muito Alto	≤200	≤180

Adubação de manutenção (produção)

a) No campo usando fertilizantes minerais: quando o cultivo é realizado em campo aberto, a adubação de manutenção pode ser realizada a lanço, iniciando-se logo após cada colheita, em intervalos de três semanas. Os nutrientes devem ser distribuídos próximos a planta, na linha de plantio, com uma formulação NPK que proporcione a aplicação de 20 kg de N/ha, 5 kg de P₂O₅/ha e 25 kg de K₂O/ha. A distribuição da fórmula é feita em ambos os lados da linha de plantio.

b) No campo usando fertirrigação: quando há a fertirrigação por gotejamento no campo, a aplicação dos nutrientes deve ser fracionada a fim de se evitar as perdas por lixiviação. Neste caso, recomenda-se a utilização de adubos solúveis em água que misturados proporcionem uma relação NK 10:13 (% de N e K₂O), usando 1 g da mistura/L de solução e aplicando semanalmente 10L da solução/m linear na linha de plantio. Em períodos de maior precipitação deve-se aplicar a fertirrigação com maior frequência.

A fonte de N a ser utilizada deve ser, preferencialmente, a nítrica e/ou amoniacal. Caso os produtos contenham fosfatos e sulfatos, devem ser dissolvidos em água separadamente e somente após totalmente dissolvidos devem ser adicionados ao reservatório de solução nutritiva. Caso o fertilizante contenha cálcio, esse deve ser o último a ser adicionado em uma mistura, pois quando adicionados antecipadamente aos fosfatos e sulfatos, podem ser formados sais insolúveis que são muito pouco aproveitados pelas plantas (Durkin, 1992).

A fertilização com os micronutrientes pode ser preparada conforme Capítulo 7 ou pode ser efetuada se utilizando de produtos comerciais que contenham todos os nutrientes. A necessidade de B, geralmente, não é

satisfeita por essas formulações comerciais e deve ser suplementado, separadamente, devendo ser aplicado duas vezes ao ano na dosagem de 0,5 g de boráx/m².

c) Em estufas usando fertilizantes minerais: quando o cultivo é realizado em estufa, utilizar uma mistura de adubos solúveis em água que proporcione uma relação NPK de 10:03:13 (% de N:P₂O₅:K₂O), na dosagem de 10 g da mistura/m linear na linha de plantio, seguido de uma irrigação para solubilização, aplicados de uma a duas vezes por semana durante todo o período produtivo da roseira.

d) Em estufas usando fertirrigação: a adubação de manutenção em estufas deve ser aplicada na forma de fertirrigação, utilizando produtos solúveis em água que misturados proporcionem uma relação NPK 10:03:13 (% de N:P₂O₅:K₂O). Iniciar as aplicações duas semanas após o plantio, utilizando uma solução nutritiva preparada com a mistura que proporcione uma CE de 2,0 dS/m e, a partir daí, conforme o monitoramento de condutividade elétrica (CE) e pH. Utilizar um volume médio de 10 L da solução nutritiva/m² em cada aplicação. Este volume de solução nutritiva pode ser ajustado de acordo com a textura e a CTC do solo.

A fertirrigação deve ser realizada sempre em dias ensolarados e conforme monitoramento de CE e pH do solo de cultivo. Quanto menor o intervalo entre os monitoramentos de pH e CE, maior será a precisão da fertirrigação. Deve-se manter o monitoramento regular da CE e pH do solo, pois quando os níveis de sais são muito elevados se recomenda a suspensão da fertirrigação ou até se promover a lixiviação do solo. O monitoramento de CE e pH deve obedecer o método 1:2 de solo:água descrito a seguir:

- a) transferir duas partes de água destilada para frasco de Erlenmeyer ou garrafa de vidro apropriada, com aferição de volume;
- b) adicionar, aos poucos, uma parte de solo com a umidade de campo, até atingir uma parte do total da água contida no recipiente;
- c) agitar durante 30 minutos;
- d) repousar durante 30 minutos;
- e) filtrar com papel de filtro de textura média grosseira;
- f) acondicionar o extrato em frasco plástico;

g) proceder as medições de pH e CE utilizando o pHmetro e condutivímetro. As leituras do pH do solo deverão estar na faixa de 5,5 a 6,5. Conforme interpretação dos resultados da CE (Tabela 6.8.1) se verifica a necessidade de fertirrigar, irrigar ou lixiviar.

Tabela 6.8.1. Interpretação de leituras de condutividade elétrica (dS/m) pelo método 1:2⁽¹⁾.

CE (dS/m)	Interpretação e Indicação
0 a 0,25	Muito baixo: o nível de nutrientes pode não ser suficiente para manter um crescimento rápido. Fertirrigar as plantas com maior frequência.
0,26 a 0,75	Baixo: adequado para mudas pequenas, plantas ornamentais de forração e sensíveis a salinidade. Fertirrigar as plantas.
0,76 a 1,25	Normal: faixa normal para a maioria das culturas estabelecidas. Faixa superior para as plantas sensíveis a salinidade. Fertirrigar ou irrigar as plantas, decisão tomada pela análise de crescimento da planta.
1,26 a 1,75	Alto: pode resultar em redução do crescimento e vigor, principalmente sob altas temperaturas. Irrigar as plantas.
1,76 a 2,25	Muito alto: pode resultar em injúria por salinidade devido a menor absorção de água. Possível redução nas taxas de crescimento. Possível queima foliar e murchamento. Recomenda-se leve lixiviação do solo com água da irrigação de cultivo.
>2,25	Extremo: a maioria das culturas sofrerá injúrias salinas nestes níveis. Necessária lixiviação imediata.

⁽¹⁾ uma parte de solo para duas partes de água destilada. Valores baseados para plantas em fase de crescimento ativo e nível médio de requerimento de nutrientes. Adaptado de Whipker et al. (2001) e Taveira (2008).

Análise foliar

A Tabela 6.8.2 apresenta as faixas de concentração de nutrientes nas folhas de roseira que podem ser utilizada para diagnose do estado nutricional das plantas e, assim, ajustar a fertilização.

Tabela 6.8.2. Interpretação dos teores de nutrientes nas folhas de roseira

Teores de nutrientes nas folhas totalmente expandidas ⁽¹⁾						
Macronutrientes (g/kg)						
N 30-50	P 2,5-5,0	K 15-30	Ca 10-20	Mg 2,5-5,0	S 2,5-7,0	
Micronutrientes (mg/kg)						
B 30-60	Cu 7-25	Fe 60-200		Mn 30-200	Zn 18-100	

Coletar 15 folhas totalmente expandidas de plantas maduras.

Fonte: Raij et al. (1997).

Observações gerais

No acompanhamento da disponibilidade de nutrientes ao longo da produção, deve-se ter especial atenção aos teores de K no solo, que podem estar altos. Neste caso, reduzir ou eliminar esse nutriente da fertirrigação até que os valores retornem a patamares adequados, a fim de minimizar os riscos de desequilíbrios nutricionais na planta.

6.8.2 CRISÂNTEMO DE CORTE

A recomendação para a cultura do crisântemo se refere somente ao cultivo da espécie em estufas, pois as condições climáticas no RS e SC são, geralmente, de alto risco para a cultura cultivada no campo.

Condicionamento do solo

Quando possível, realizar a incorporação prévia ao plantio de composto orgânico isento de contaminantes, tais como sementes de invasoras, pragas e patógenos, ou usar composto esterilizado, a fim de não serem inoculadas doenças e pragas nas estufas que serão de difícil erradicação. A cama de aves esterilizada é uma excelente opção, sendo a quantidade recomendada, neste caso, de 5 L de cama de aves/m². A incorporação de turfa ou casca de pinus compostada também pode ser efetuada, sendo recomendada a quantidade de 8 L de composto/m².

Adubação de plantio

As indicações de adubação de plantio pressupõem para uma população de 64 plantas/m², cujos fertilizantes devem ser incorporados até 20 cm de profundidade nos canteiros de 1,0 a 1,2 m de largura.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo⁽¹⁾	Nitrogênio⁽²⁾
%	kg de N/ha
≤2,5	100
2,6 – 5,0	75
>5,0	≤50

⁽¹⁾ A amostra do solo deve ser obtida antes da aplicação do composto orgânico.

⁽²⁾ A dose de N deve ser aplicada 50% no plantio e 50% em cobertura aos 30 dias após o plantio

Fósforo e Potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo kg de P ₂ O ₅ /ha	Potássio kg de K ₂ O/ha
Muito Baixo	110	160
Baixo	70	120
Médio	50	100
Alto	30	80
Muito Alto	≤30	≤80

Adubação de manutenção (produção)

A adubação de manutenção deve ser aplicada na forma de fertirrigação, sendo o início das aplicações duas semanas após o plantio. Essa prática é recomendada para fins de suprimento de N e K, devendo ser utilizados produtos solúveis em água, observando-se as seguintes especificações: até a formação do botão utilizar 150 mg de N /L e 100 mg de K₂O /L; após a formação do botão utilizar 100 mg de N /L e 150 mg de K₂O /L. As aplicações devem ocorrer a cada duas ou três semanas, na dosagem de 10 L da solução/m² em cada aplicação. Aplicações podem ser suspensas a partir de uma análise visual do dossel de plantas, considerando desenvolvimento adequado das plantas.

Nos casos de produções intensivas e tecnificadas, pode-se optar pela utilização de uma solução nutritiva mais completa, preparando uma solução que apresente CE de 2,0 dS/m usando as seguintes formulações:

a) até a formação do botão, utilizar formulações com 18% de N (9,8% N-nítrico e 8,2% N-amoniacial); 18% de P; 18% de K; 0,05% de B; 0,02% de Cu; 0,14% de Fe na forma quelatizada; 0,08% de Mn; 0,008% de Mo e 0,05% de Zn.

b) após a formação do botão, utilizar formulações com 15% de N (8,0% N-nítrico e 7,0% N-amoniacial); 5% de P; 30% de K; 18% de Mg; 2% de S; 0,025% de B; 0,01% de Cu; 0,07% de Fe na forma quelatizada; 0,04% de Mn; 0,008% de Mo e 0,025% de Zn.

Iniciar as aplicações duas semanas após o plantio conforme o monitoramento de CE e pH, utilizando um volume médio de 10 L de solução/m² em cada aplicação. Este volume de solução nutritiva pode variar conforme a textura do solo e CTC. Na avaliação da CE e pH deve-se utilizar o método 1:2 conforme descrito para a cultura da roseira (6.8.1).

Cabe ressaltar que existem diferenças importantes de respostas nutricionais entre as cultivares que estão associadas às condições microclimáticas regionais e a qualidade do ambiente protegido. Estas diferenças devem ser avaliadas pelo produtor, devendo este buscar assessoria técnica especializada para melhor orientar a fertilização da espécie.

6.8.3 CRISÂNTEMO DE VASO

O cultivo de crisântemo envasado deve ser sempre realizado com substrato que possua características adequadas, principalmente que a capacidade de troca de cátions (CTC) não seja muito elevada para não causar acumulação de sais que danificam as plantas no final do ciclo.

A utilização de substratos comerciais recomendados para a cultura do crisântemo pode assegurar um melhor equilíbrio nutricional das plantas, originando menos problemas de excessos ou deficiências de elementos. Uma eventual utilização de componentes e materiais disponíveis na região de produção, que alcancem as características físicas, químicas e biológicas ideais para o cultivo, deve ser monitorada com mais atenção, a fim de evitar problemas na qualidade do produto final.

Adubação mineral de plantio

No crisântemo de vaso a adubação é diferenciada até e após o aparecimento do botão.

a) fertirrigação até o surgimento do botão

Após a retirada do enraizamento, os vasos devem ser devidamente posicionados na estufa e uma semana após iniciar a fertirrigação com a composição da solução nutritiva apresentada na Tabela 6.8.3, devendo esta ser aplicada por meio de gotejamento com o equipamento adequado, alternando-se diariamente as aplicações das soluções do tanque A e do tanque B.

Tabela 6.8.3. Concentrações de nutrientes nos Tanques A e B, expressas em gramas por 1.000 L de água, em solução a ser aplicada em crisântemo cultivados em vaso de tamanho nº 11 a 14

Nutriente	Tipo de tanque	
	Tanque A	Tanque B
.....g/1000L.....		
Nitrogênio	80	213
Fósforo	90	-
Potássio	192	213
Magnésio	51	-
Cálcio	-	95
Enxofre	39	6

Ajustar a CE das soluções para um máximo de 2,0 dS/m. Fonte: Motos e Oliveira, sd.

b) fertirrigação após o surgimento da cor do botão

Assim que os botões iniciarem a pigmentação da cor característica da cultivar, utilizar unicamente as indicações da Tabela 6.8.4, o que corresponderá em torno de duas semanas de fertirrigação diária por gotejamento.

Tabela 6.8.4. Concentrações de nutrientes expressas em gramas por 1000 L de água, em solução a ser aplicada em crisântemo de vaso cultivados em vaso de tamanho nº 11 a 14

Nutriente	Quantidades
....g/1000L....	
Nitrogênio	112
Potássio	340
Enxofre	10

Ajustar a CE da solução para 2,0 dS/m. Fonte: Motos e Oliveira, sd.

A introdução de micronutrientes pode ser efetuada com a utilização de soluções comerciais, conforme recomendação do fabricante, duas vezes durante o ciclo de cultivo. Há soluções e formulações comerciais completas para a adubação de crisântemo de vaso.

Nos casos de produções intensivas e tecnificadas, pode-se optar pela utilização de uma solução nutritiva mais completa, preparando uma solução que apresente CE de 2,0 dS/m usando as seguintes formulações:

- a) até a formação do botão, utilizar formulações com 18% de N

(9,8% N-nítrico e 8,2% N – amoniacial); 18% de P; 18% de K; 0,05% de B; 0,02% de Cu; 0,14% de Fe na forma quelatizada; 0,08% de Mn; 0,008% de Mo e 0,05% de Zn.

b) após a formação do botão, utilizar formulações com 15% de N (8,0% N-nítrico e 7,0% N – amoniacial); 5% de P; 30% de K; 18% de Mg; 2% de S; 0,025% de B; 0,01% de Cu; 0,07% de Fe na forma quelatizada; 0,04% de Mn; 0,008% de Mo e 0,025% de Zn.

Iniciar as aplicações duas semanas após o plantio conforme o monitoramento de CE e pH, utilizando volume de solução nutritiva suficiente para ocorrer leve drenagem no fundo do vaso. O tempo e o volume da fertirrigação irão variar conforme a natureza dos componentes do substrato. Recomenda-se fazer irrigações e ou fertirrigações em menor volume por vez e com maior frequência.

A fertirrigação deve ser realizada em uma periodicidade variável, sempre em dias ensolarados e conforme monitoramento de CE e pH do solo de cultivo. Para produção de crisântemo de vaso, o monitoramento de CE e pH deve obedecer o método de *PourThru* descrito a seguir:

- a) irrigar a cultura para completa hidratação das plantas nos vasos;
- b) deixar 30 minutos em descanso;
- c) escolher, no canteiro de produção, uma quantidade de vasos suficientes para ser representativa a análise de CE e pH (quanto maior o número de vasos, maior a representatividade);
- d) adicionar água destilada na superfície do substrato de cultivo contido no vaso até obter 50 mL de lixiviado;
- e) proceder a leitura do pH e da CE de cada amostra utilizando o pHmetro e condutivímetro;
- f) fazer a média dos resultados;
- g) as leituras de pH do substrato deverão estar na faixa de 5,5 a 6,5. Com a média dos resultados de CE, interpretar os dados conforme a Tabela 6.8.5 e determinar a necessidade de fertirrigar, irrigar ou lixiviar o lote de plantas monitorados.

Tabela 6.8.5. Interpretação de leituras de condutividade elétrica (dS/m) pelo método *PourThru*⁽¹⁾.

CE (dS/m)	Interpretação e Indicação
0 a 1,0	Muito baixo: o nível de nutrientes pode não ser suficiente para manter um crescimento rápido. Fertilizar as plantas com maior frequência.
1,0 a 2,6	Baixo: adequado para mudas pequenas, plantas ornamentais de forração e sensíveis a salinidade. Fertilizar as plantas.
2,6 a 4,6	Normal: faixa normal para a maioria das culturas estabelecidas. Faixa superior para as plantas sensíveis a salinidade. Fertilizar ou irrigar as plantas, decisão tomada pela análise de crescimento da planta.
4,6 a 6,5	Alto: pode resultar em redução do crescimento e vigor, principalmente sob altas temperaturas. Irrigar as plantas.
6,6 a 7,8	Muito alto: pode resultar em injúria por salinidade devido a menor absorção de água. Possível redução nas taxas de crescimento. Possível queima foliar e murchamento. Recomenda-se leve lixiviação do solo com água da irrigação de cultivo.
>7,8	Extremo: a maioria das culturas sofrerá injúrias salinas nestes níveis. Necessária lixiviação imediata.

⁽¹⁾ método de monitoramento dos lixiviados. Valores baseados para plantas em fase de crescimento ativo e nível médio de requerimento de nutrientes. Adaptado de Whipker et al. (2001) e Taveira (2008).

Cabe ressaltar que existem diferenças importantes de respostas nutricionais entre as cultivares que estão associadas às condições microclimáticas regionais e a qualidade do ambiente protegido. Estas diferenças devem ser avaliadas pelo produtor, devendo este buscar assessoria técnica especializada para melhor orientar a fertilização da espécie.

A Tabela 6.8.6 apresenta as variações de 11 nutrientes que pode ser utilizada para diagnose nutricional de espécies de crisântemo para avaliar o estado nutricional das plantas e assim realizar uma tomada de decisão para ajustar a fertilização.

Tabela 6.8.6. Teores de nutrientes nas folhas de crisântemo.

Teores de nutrientes nas folhas totalmente expandidas⁽¹⁾					
Macronutrientes (g/kg)					
N 40-60	P 2,5-10	K 40-60	Ca 10-20	Mg 2,5-10	S 2,5-7,0
Micronutrientes (mg/kg)					
B 25-75	Cu 6-30	Fe 50-250	Mn 50-250	Zn 20-250	

⁽¹⁾ Coletar 15 folhas totalmente expandidas de plantas maduras. Fonte: Raij et al. (1997).

6.9 OUTRAS CULTURAS COMERCIAIS

Atualizado por:

Sandro José Giacomini
Sérgio Delmar dos Anjos e Silva
Alexandre Koop
Cleverson Marcelo Panzera
Henrique Gustavo Kothe
Daniel Teixeira
Eduardo Franchini
Mauro Luiz Feuerborn
Eduardo Moisés Muller
Darcy José da Silva

Neste Capítulo foram agrupadas a cana-de-açúcar e o tabaco, que apresentam algumas características de manejo e adubação semelhantes às culturas produtoras de grãos.

A cana-de-açúcar apresenta uma pequena contribuição na economia dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, sendo utilizada em estabelecimentos de pequeno porte para a produção de aguardente e doces diversos (açúcar mascavo, melado, rapadura, etc). É também utilizada em pequenas propriedades como cultura de proteção do solo e para a alimentação de animais.

A cultura do tabaco apresenta grande importância para a economia dos Estados do Sul. Cerca de 90% do tabaco brasileiro é exportado para aproximadamente 100 países. Atualmente, estimam-se em 619 os muni-

cípios envolvidos com a sua produção, abrangendo 154 mil produtores, numa área de 315 mil hectares. As lavouras de tabaco estão distribuídas em pequenas propriedades rurais, com área média de 15,3 ha, sendo que o tabaco ocupa, em média, em torno de 17% da área.

O sistema de recomendação para as outras plantas comerciais

As culturas deste grupo respondem à calagem, sendo a interpretação dos parâmetros da acidez e a recomendação da calagem tratadas no Capítulo 5 deste Manual. A interpretação da disponibilidade de N, P e K é feita a partir dos resultados da análise de solo (Capítulo 6) e a recomendação envolve as adubações de plantio e de cobertura. Particularmente, a cana-de-açúcar pode ser produzida em dois ciclos (cana-planta e cana-soca), cujas adubações podem ser indicadas a partir da análise de solo inicial.

6.9.1 – CANA-DE-AÇÚCAR

As indicações apresentadas destinam-se a cultivos para processamento industrial, com emprego de alta tecnologia e visando obter altos rendimentos de colmos. As informações regionais de pesquisa são ainda limitadas, podendo ser diminuídas as quantidades de adubo para tetos mais baixos de rendimento.

a) Adubação de cana-planta

Nitrogênio

A cana-planta apresenta normalmente baixas respostas à adubação nitrogenada. Entre os fatores que contribuem para isso está a ocorrência da fixação biológica de N na cultura em função da associação da planta com bactérias endofíticas fixadoras de N. No mercado existem inoculantes para a cana que podem ser aplicados nos toletes no momento do plantio, mas a resposta da cultura a inoculação é dependente da variedade e também pode variar em função do ambiente.

Teor de matéria orgânica no solo	Nitrogênio
%	kg de N/ha
≤2,5	60
2,6 - 5,0	50
> 5,0	≤40

Aplicar de 10 a 20 kg de N/ha no plantio, no fundo do sulco, e o restante em cobertura antes do fechamento do canavial (aproximadamente entre 90 e 100 dias após o plantio).

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Cana-planta					
	Fósforo			Potássio		
	Produtividade – t/ha			< 90	90 a 120	> 120
	.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....					
Muito Baixo	110	120	140	110	120	130
Baixo	70	80	100	70	80	90
Médio	50	60	80	50	60	70
Alto	30	40	60	30	40	50
Muito Alto	≤30	≤40	≤60	≤30	≤40	≤50

Aplicar o fósforo e o potássio juntamente com o N no plantio, no fundo do sulco. Em solos arenosos, recomenda-se fracionar a adubação potássica aplicando-se 2/3 por ocasião do plantio ou após o corte e o restante em cobertura, juntamente com o nitrogênio.

Em caso de utilização da vinhaça como fonte de K, este resíduo da destilação deve ser aplicado no solo em quantidades entre 50 e 200 m³/ha e a quantidade de K adicionado pela mesma deve ser subtraída das quantidades indicadas na tabela de adubação.

b) Adubação de cana-soca

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica do solo	Cana-soca		
	Produtividade (t/ha)		
	< 60	60 a 90	> 90
%	.....kg de N/ha.....		
≤2,5	60	80	100
2,6 - 5,0	50	70	90
> 5,0	40	60	80

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Cana-soca					
	Fósforo			Potássio		
	Produtividade (t/ha)			<60	60 a 90	>90
	.....kg de P ₂ O ₅ /ha.....					
Muito Baixo	30	40	50	80	100	120
Baixo	30	30	40	50	70	90
Médio	30	30	30	30	50	60
Alto	30	30	30	≤30	30	30
Muito Alto	0	0	0	0	≤30	≤30

Na adubação da cana-soca, incorporar o fertilizante contendo N, P e K próximo da linha da cana (20 cm) antes do fechamento do canavial. A colheita sem queima deixa grande quantidade de palha na superfície do solo dificultando a incorporação dos fertilizantes. Nessa condição, o fertilizante pode ser aplicado sobre a palha ou sobre o solo quando a palha é enleirada. No entanto, caso o fertilizante nitrogenado não seja incorporado, perdas de N por volatilização de amônia são esperadas quando a ureia for utilizada como fonte de N.

Em solos arenosos recomenda-se o parcelamento da adubação potássica, como descrito para cana-planta. Também, o uso de vinhaça como fonte de potássio deve ocorrer nas mesmas doses e procedimentos descritos para cana-planta.

6.9.2 - TABACO

As recomendações para a cultura se referem a uma população de 15.000 a 17.000 plantas/ha para o tabaco tipo Virgínia e de 18.000 a 20.000 plantas/ha para o tabaco tipo Burley.

Nitrogênio

Teor de matéria orgânica no solo	Tipo de tabaco	
	Virgínia	Burley
%	.....kg de N/ha.....	
≤1,0	160 - 180	190 - 210
1,1 – 2,0	140 - 160	180 - 190
2,1 – 3,0	120 - 140	160 - 180
3,1 – 4,0	110 - 120	140 - 160
4,1 – 5,0	100 - 110	120 - 140
> 5,0	≤100	≤120

Aplicar entre 60 e 80 kg de N/ha na adubação de plantio, em pré-transplante, e o restante em cobertura. As quantidades de N a aplicar em cobertura, de forma parcelada, variam conforme o tipo de tabaco, o teor de matéria orgânica e a textura do solo, as condições climáticas e as variáveis relacionadas à qualidade e estilo do tabaco a ser produzido. Para o tabaco tipo Virgínia é recomendado que no mínimo 50% da adubação nitrogenada seja proveniente de fertilizantes nítricos.

Recomenda-se o uso de plantas de cobertura ou adubação verde no período entre dois cultivos, objetivando a conservação do solo e a melhoria de suas características químicas, físicas e biológicas. No caso de utilização de leguminosas, podem-se reduzir as aplicações de N em cobertura, de acordo com o desenvolvimento da cultura.

Fósforo e potássio

Interpretação do teor de P ou de K no solo	Fósforo		Potássio	
	(Virgínia/Burley)		Virgínia	Burley
	kg de P ₂ O ₅ /ha			.....kg de K ₂ O/ha.....
Muito Baixo	120	200	210	
Baixo	80	160	170	
Médio	60	140	150	
Alto	40	120	130	
Muito Alto	≤20	≤105	≤115	

A adubação fosfatada deve ser aplicada inteiramente no plantio. Para adubação potássica, aplicar entre 60 e 80 kg de K₂O/ha no plantio, em pré-transplante, e o restante em cobertura. Na escolha das fontes de fertilizantes, deve-se limitar a quantidade de cloro aplicada em, no máximo, 50 kg de Cl/ha (usado somente na adubação de plantio).

Em sistemas conservacionistas de solo, como plantio direto na palha, podem-se reduzir as doses de P₂O₅ e K₂O aplicadas. Nesse caso, seguir a orientação da assistência técnica.

Manejo e conservação do solo

Devem ser utilizadas práticas conservacionistas de manejo para reduzir riscos de erosão do solo. Em solos bem estruturados, descompactados, com acidez e fertilidade corrigidas e com muita palhada, recomenda-se utilizar os sistemas de cultivo mínimo ou de plantio direto.

O uso da rotação de culturas, evitando-se outras espécies da família das solanáceas, é recomendável para o controle fitossanitário e a ciclagem de nutrientes.

Observação

As recomendações para a cultura do tabaco foram elaboradas por técnicos vinculados às empresas integradoras do setor de tabaco.



Capítulo

7

SISTEMAS ESPECIAIS DE PRODUÇÃO

Atualizado por:

Jeronimo Andriolo
Roberta M. Nogueira Peil

Os sistemas especiais de produção de plantas mais importantes na região Sul do Brasil são os sistemas de cultivo “sem solo”. Esses sistemas podem ser definidos como qualquer método de cultivo de plantas sem o emprego do solo como meio de crescimento das raízes, nos quais os nutrientes absorvidos pelas raízes são fornecidos através da água de irrigação (Savvas et al., 2013).

7.1 – TIPOS DE SISTEMAS ESPECIAIS DE CULTIVO

Os dois sistemas de cultivo “sem solo” predominantes na região Sul e que são empregados principalmente na produção de hortaliças, pequenas frutas e flores são a hidroponia e o cultivo em substratos.

7.1.1 - Hidroponia

Na hidroponia, as raízes crescem diretamente em um meio líquido contendo todos os nutrientes necessários ao crescimento das plantas, denominado de solução nutritiva. O tipo mais comum é o NFT (“Nutrient Film Technique”) ou Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes, constituído por canais de cultivo, normalmente tubos de polipropileno perfurados na parte superior e colocados sobre suportes ou bancadas com uma declividade de até 3%. A solução nutritiva é fornecida através de bombas na parte mais alta dos canais e flui por gravidade até a parte mais baixa, onde é

recolhida e canalizada de volta até o tanque de estocagem. O sistema é fechado, isto é, não há perda de solução nutritiva para o meio durante o período de cultivo. É um sistema que se adapta bem para o cultivo de plantas de pequeno porte, especialmente hortaliças folhosas. As mudas são produzidas em torrões de material inerte, normalmente cubos de espuma fenólica ou fibra de coco, e cultivadas separadamente até o momento de serem transferidas para os canais. A ausência de substrato em torno das raízes exige o funcionamento frequente das bombas para a circulação da solução nutritiva, geralmente em intervalos intermitentes de 15 minutos durante o dia, para manter a umidade em torno das raízes. Normalmente são empregadas bombas elétricas e o acionamento frequente pode aumentar o custo da produção. A ausência de substrato torna alto o risco de perda do cultivo por falta de energia elétrica ou pane das bombas. Por outro lado, apresenta baixo impacto ambiental por ser um sistema fechado sem descarte de solução nutritiva durante o período de cultivo.

7.1.2 – Cultivo em substrato

No cultivo em substrato, algum material sólido é empregado como meio para o crescimento das raízes, sendo a água e os nutrientes fornecidos pela fertirrigação. O manejo é distinto daquele realizado no cultivo hidropônico. O substrato é acondicionado em sacolas, vasos, canaletas ou *slabs*, que são embalagens de polietileno dupla face branco-preto do tipo “salsicha”, normalmente com 1 m de comprimento, 25 cm de largura e de 15 a 20 cm de altura. Os principais substratos utilizados na região Sul do Brasil são misturas de resíduos orgânicos que têm como um dos materiais básicos a casca de arroz, crua ou carbonizada, com ou sem a adição de compostos orgânicos comerciais. O volume de substrato a ser empregado deve ser ajustado para a espécie a ser cultivada.

As embalagens contendo o substrato podem ser colocadas na superfície do solo revestido com filme de polietileno, o que torna esse sistema mais adaptado para o cultivo de hortaliças de maior porte do que as folhosas, como tomateiro, melão, pepino, pimentão. Também é o sistema mais indicado para o morangueiro, apesar do pequeno porte das plantas, em função de a adaptação da cultura ser melhor do que no cultivo hidropônico. Para essa cultura, os recipientes de cultivo são dispostos sobre suportes formados por bancadas, linhas de madeira ou arame, a cerca de 1,20 m acima do solo.

No cultivo em substrato, a frequência das fertirrigações deve ser ajustada às necessidades de água da planta e à capacidade de retenção de água do substrato, com um volume adicional de solução nutritiva da ordem de 20 a 30% denominado fração de drenagem. O objetivo dessa fração é promover a “lavagem” do substrato para lixivar os nutrientes ou íons residuais e evitar a salinidade no interior do substrato. A maioria dos sistemas de cultivo em substrato praticados pelos agricultores são “abertos”, ou seja, em cada fertirrigação a drenagem é descartada para o meio. Devido à capacidade de retenção de água do substrato, a frequência das fertirrigações é mais baixa do que no NFT, o que pode representar menor custo com energia elétrica e menor risco de perda do cultivo.

7.2 – SOLUÇÃO NUTRITIVA

Tanto na hidroponia como no cultivo em substrato, a água e os nutrientes são fornecidos às plantas através de uma solução nutritiva completa. Uma solução nutritiva é caracterizada pela proporção entre os nutrientes, pela concentração total de sais, medida pela condutividade elétrica (CE) e pelo pH. As soluções nutritivas variam de uma espécie para outra e devem ser ajustadas às condições climáticas da região de produção. A CE afeta o crescimento e a absorção de água e deve ser mantida dentro da faixa recomendada para cada cultura. Valores de CE abaixo do indicado para a cultura podem provocar deficiências nutricionais. Porém, valores acima da faixa recomendada podem causar problemas de elevada salinidade e dificuldades para a absorção da água e dos nutrientes. O pH deve ser mantido entre 5,5 e 6,5. A Tabela 7.1 apresenta a composição e a CE indicada no preparo de soluções nutritivas para o cultivo de plantas em sistemas sem solo na região Sul do Brasil.

Uma parte do N total da solução nutritiva pode ser fornecida na forma amoniacal, pois a presença de amônio auxilia no controle do pH da solução. Isso ocorre porque a absorção do N na forma nítrica aumenta o pH e na forma amoniacal diminui. Normalmente a fração amoniacal não deve ultrapassar 25% do N total da solução nutritiva (Sonneveld, 2002, *apud* Savvas et al., 2013).

Tabela 7.1. Concentração iônica e condutividade elétrica (CE) indicadas no preparo de soluções nutritivas para o cultivo de plantas em sistemas de cultivo sem solo na região Sul do Brasil

Espécie	Concentração iônica (mmol/L)						CE ⁽¹⁾ (dS/m)
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	
Hortaliças e frutíferas							
Abobrinha italiana	16,0	1,5	2,7	1,0	7,5	5,0	2,2
Alface	14,3	1,5	0,9	1,0	8,0	3,5	0,8
Ervilha torta	15,0	1,3	2,8	0,9	8,0	4,5	2,0
Meloeiro	12,3	1,2	1,4	0,8	5,5	4,0	1,0
Minimelancia	12,8	1,4	2,0	0,8	6,0	4,0	1,7
Pepineiro	13,0	1,5	1,5	0,8	5,7	4,0	1,5
Moranguero	6,7	1,5	2,9	1,5	5,1	2,2	1,5
Tomateiro	12,0	1,0	1,5	1,0	6,0	3,0	1,5
Maracujá	14,8	1,0	1,0	0,8	7,0	4,0	1,0
Produção de mudas							
Amora e framboesa	6,8	0,8	1,0	1,0	3,2	1,7	1,0
Mirtileiro	5,1	1,1	3,7	3,8	3,0	2,3	1,1
Pessegueiro	11,0	1,0	1,8	1,0	4,0	3,5	1,8
Oliveira	14,4	1,0	2,8	1,1	3,3	5,5	2,8
Flores e condimentares							
Alecrim (Frescura, 2014)	8,4	1,0	1,0	1,4	4,0	2,0	1,0
Lisianto (Backes et al., 2007)	12,8	0,7	3,3	3,2	6,6	1,5	2,7
Crisântemo (Barbosa et al., 2000)	11,5	2,0	0,5	2,9	12,9	1,5	1,0
Nasturcio (Castellane & Araújo, 1995)	18,6	2,0	1,0	0,9	10,9	4,4	1,0
Gipsófila (Pedrosa, 1998)	12,1	1,0	1,0	1,3	8,0	2,0	1,4
							1,9

⁽¹⁾A CE indicada pressupõe o uso de água de boa qualidade, com baixo conteúdo de sais.

7.2.1 – Preparo da solução nutritiva

No preparo das soluções nutritivas são empregados sais fertilizantes solúveis especialmente desenvolvidos para a fertirrigação. A dissolução deve ser feita em água separadamente para cada fertilizante e somente após totalmente dissolvidos devem ser adicionados ao reservatório de solução nutritiva. O fertilizante contendo cálcio deve ser o último a ser adicionado.

A Tabela 7.2 apresenta os principais fertilizantes que vêm sendo empregados na região Sul do Brasil para o preparo de soluções nutritivas para o cultivo de plantas sem solo, enquanto a tabela 7.3 indica a quantidade a ser usada desses produtos em 1.000 L de água para o preparo de solução nutritiva de diferentes culturas.

Tabela 7.2. Composição dos principais fertilizantes solúveis empregados no preparo de soluções nutritivas para o cultivo de plantas “sem solo” (Savvas et al., 2013)

Fertilizantes	Massa molar (g)	Nutrientes	%
Monoamônio fosfato - MAP - $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	115,0	N	12
		P	27
Monofosfato de potássio - KH_2PO_4	136,1	K	28
		P	23
Nitrato de cálcio Calcinit® - $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \text{NH}_4\text{NO}_3$	1.080,5	N	15,5
		Ca	19
Nitrato de potássio - KNO_3	101,1	K	38
		N	13
Nitrato de magnésio – $[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$	256,3	Mg	9,6
		N	11
Sulfato de magnésio - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246,3	Mg	9,7
		S	13
Nitrato de amônio - NH_4NO_3	80,0	N	35
Sulfato de potássio - K_2SO_4	174,3	K	45
		S	18
Ácido bórico - H_3BO_3	61,8	B	17,5
Molibdato de sódio - $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	241,9	Mo	40
Sulfato de cobre – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	249,7	Cu	25
Sulfato de manganês - $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	169,0	Mn	32
Sulfato de zinco – $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	287,5	Zn	23
Quelatos de ferro	-	Fe	6 a 13

Quando a água empregada para a formulação da solução nutritiva apresentar pH elevado, a correção deve ser feita empregando preferencialmente ácidos contendo nutrientes. Os ácidos mais empregados para essa finalidade são o fosfórico (H_3PO_4 ; concentração 85%; densidade 1,7 g/cm³; massa molar 98 g/mol) e o nítrico (HNO_3 ; concentração 65%; densidade 1,4 g/cm³; massa molar 63 g/mol).

Os micronutrientes são fornecidos em pequenas quantidades e a forma mais simples de acrescentá-los à solução nutritiva é através de uma solução concentrada previamente preparada contendo todos os micronutrientes (*premix*), com exceção do ferro. Existem no comércio soluções prontas para essa finalidade; entretanto, uma solução *premix* genérica para ser empregada no cultivo sem solo das principais hortaliças pode ser preparada facilmente a partir da mistura dos componentes descritos na Tabela 7.4.

Tabela 7.3. Quantidades de fertilizantes a serem dissolvidos em 1.000 L de água para preparar a solução nutritiva para hortaliças e frutíferas com a composição nutritiva indicada na Tabela 7.1.

Espécie	Fertilizantes (g/1000 L)							
	Calcinit ⁽¹⁾	MKP ⁽²⁾	MgSO ₄	MAP ⁽³⁾	NH ₄ NO ₃	KNO ₃	K ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄
Hortaliças e frutíferas								
Abobrinha italiana	1.080	205	540	-	-	505	90	-
Alface	755	205	198	-	25	637	-	-
Ervilha torta	973	177	493	-	-	516	140	-
Meloeiro	865	164	247	-	-	354	70	-
Minimelancia	865	190	420	-	-	405	52	-
Pepineiro	865	204	370	-	-	425	-	-
Morangueiro	475	60	370	122	-	190	245	-
Tomateiro	650	82	370	46	-	546	-	-
Maracujá	865	136	247	-	-	607	-	-
Produção de mudas								
Amora e framboesa	368	109	247	-	53	243	-	-
Mirtileiro	500	150	270	-	-	-	165	218
Pessegueiro	756	136	444	-	25	305	-	-
Oliveira	1.190	136	690	-	-	233	-	-

⁽¹⁾ Nitrato de cálcio;

⁽²⁾ Fosfato monopotássico;

⁽³⁾ Monoamônio fosfato.

Tabela 7.4. Quantidades de micronutrientes a serem dissolvidos em 1 L (um litro) de água para preparar uma solução estoque de micronutrientes (*premix*) para o cultivo de plantas em sistemas sem solo.

Produto	Quantidade (g/L)
Molibdato de sódio	0,7
Ácido bórico	24
Sulfato de cobre	2
Sulfato de manganês	16
Sulfato de zinco	10

Essa solução *premix* deve ser armazenada em galão plástico ou de vidro de coloração escura. Ao preparar uma solução nutritiva, primeiro devem ser dissolvidos os sais contendo os macronutrientes. Em seguida, acrescenta-se uma alíquota da solução *premix* de micronutrientes descrita acima, na proporção de 0,1 mL da solução *premix*/L de solução nutritiva. O último nutriente a ser acrescentado é o ferro quelatizado, na dose de 1 mg de Fe/L de solução nutritiva. No caso de um quelato de ferro contendo 5% de Fe, a quantidade a ser adicionada será de 20 mg de quelato/L de solução nutritiva.

Soluções nutritivas concentradas podem ser preparadas, as quais são diluídas através de bombas dosadoras no momento da fertirrigação. Neste caso, o fertilizante contendo cálcio deve ser diluído e estocado em reservatório separado, porque a mistura de cálcio com fosfatos ou sulfatos em concentrações elevadas pode provocar a precipitação desses íons no interior do reservatório.



Capítulo

8

CORRETIVOS E FERTILIZANTES MINERAIS

Atualizado por:

Nelson Horowitz
Henrique Bley
Juliano Corulli Correa

Neste Capítulo são apresentados e caracterizados, além de indicações de uso, os corretivos e fertilizantes mais importantes, tendo como critério a Legislação Brasileira estruturada conforme Figura 8.1. Destaca-se que, rotineiramente, as Instruções Normativas (IN) são revisadas e devido a isto é importante acessar o site do MAPA, para atualização e detalhamento: <http://www.agricultura.gov.br/legislacao/sislegis>

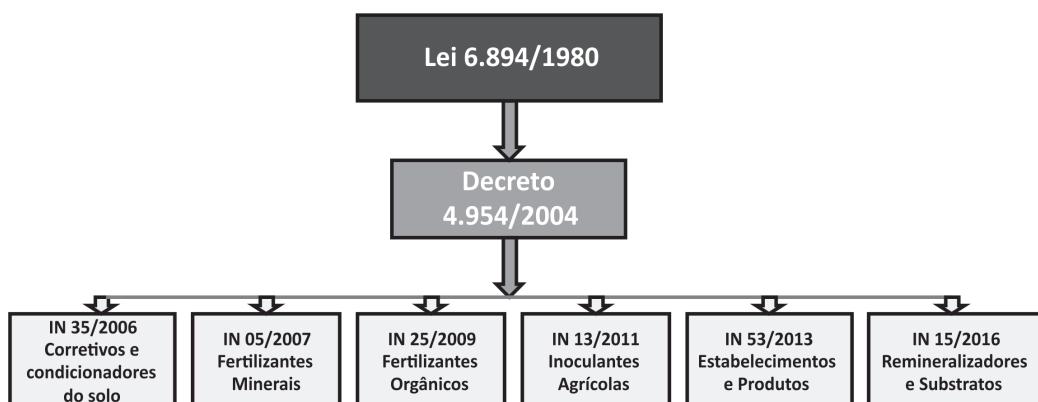


Figura 8.1. Estrutura hierárquica da legislação de fertilizantes no Brasil.

8.1 - CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO

Muitos materiais de reação alcalina podem ser utilizados para corrigir a acidez do solo, como por exemplo: calcários agrícolas, cal virgem, cal apagada, calcário calcinado, conchas marinhas moídas, cinzas, resíduos industriais, etc. Os corretivos mais comumente disponíveis e utilizados no Brasil são os calcários agrícolas, obtidos pela moagem de rochas calcárias. Devido à grande variabilidade na qualidade e no preço dos produtos existentes no mercado, é necessário determinar seu valor corretivo pela sua qualidade química e física.

8.1.1 – Qualidade dos corretivos da acidez

A qualidade de um corretivo depende principalmente do teor e do tipo de compostos que neutralizam a acidez do solo e da sua granulometria (tamanho de partículas) que influenciará a velocidade de reação de neutralização. A análise da qualidade dos corretivos envolve a determinação do poder neutralizante (PN) e a reatividade das partículas (RE), que vão determinar o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT).

a) Poder Neutralizante (PN)

Os principais compostos neutralizantes de acidez presentes nos calcários são os carbonatos de cálcio e de magnésio (CaCO_3 e MgCO_3), respectivamente. Os corretivos podem apresentar teores variáveis de impurezas, como sílica, argila, água, etc., que não corrigem a acidez e, portanto, diminuem sua qualidade. Devido à sua composição química variável, os corretivos têm diferentes capacidades de neutralização de ácidos. Esta capacidade, chamada de poder de neutralização (PN), é expressa em percentagem de “equivalente carbonato de cálcio (ECaCO_3)”, ao qual é atribuído o valor de 100%. Quanto maior o PN do corretivo, maior será a quantidade de ácidos neutralizados. Assim, para corrigir uma determinada quantidade de ácidos no solo, será necessário tanto mais corretivo quanto menor for seu PN ou ECaCO_3 .

Em laboratório, a determinação do PN ou ECaCO_3 é feita pela reação de amostra do corretivo com quantidade conhecida de ácido. A legislação brasileira (Brasil, 2014a) permite o cálculo do PN pelos teores de cálcio e de magnésio solúveis em ácido, expressos na forma de óxidos desses elementos (CaO e MgO). O teor de óxidos é apenas a forma de expressar os resultados analíticos no laudo, mesmo que o Ca e o Mg estejam em outras formas

químicas. Nos calcários agrícolas, por exemplo, o Ca e o Mg estão na forma de carbonatos e não de óxidos. Assim, quando a origem de um possível material corretivo é desconhecida, deve-se determinar o PN pelo método direto por reação com ácido, pois as determinações de Ca e de Mg e posterior expressão como CaO e MgO podem não indicar adequadamente o teor de neutralizantes do material.

b) Reatividade de partículas (RE)

A reatividade de partículas (RE) do calcário é caracterizada pela granulometria do material, uma vez que os corretivos têm partículas de vários tamanhos, desde pó até grânulos igual ou acima de 2,0 mm de diâmetro. Os calcários agrícolas são materiais muito pouco solúveis, portanto devem ser finamente moídos para aumentar a superfície de contato entre as partículas e o solo. Resultados de pesquisa a campo indicam que as partículas menores que 0,053 mm (passantes em peneira ABNT nº 270) reagem completamente em menos de um mês, e partículas entre 2,00 e 0,84 mm (ficam retidas na peneira ABNT nº 20, mas passam na peneira ABNT nº 10) necessitam de prazo maior que 60 meses para completa reação (Pandolfo & Tedesco, 1996).

O efeito do tamanho de partículas na eficiência do corretivo é expresso pelo fator reatividade (RE). Essa se refere à eficiência relativa das frações granulométricas do corretivo. A separação das partículas em frações granulométricas possibilita a estimativa da reatividade de um corretivo, conhecendo-se os índices de eficiência de cada fração. Assim, pela legislação atual, os valores de reatividade são: 1,0 para partículas com diâmetro menor que 0,30 mm; 0,6 para partículas entre 0,30 e 0,84 mm; 0,2 para partículas entre 0,84 e 2,00 mm; e zero para partículas maiores que 2,00 mm de diâmetro (Brasil, 2006a).

A reatividade de um corretivo pode ser calculada pela análise granulométrica. Por exemplo, se um calcário apresentar a seguinte composição granulométrica:

- 60% passa na peneira ABNT nº 50 (< 0,30 mm) – eficiência de 100%
- 20% passa na peneira ABNT nº 20, mas é retido na de nº 50 (0,30 e < 0,84 mm) – eficiência de 60%
- 18% passa na peneira ABNT nº 10, mas é retido na de nº 20 (0,84 e <2,00 mm) – eficiência de 20%

- 2% é retido na peneira ABNT nº 10 (2,00 mm) – eficiência de 0%.

A sua reatividade (RE) é a soma das eficiências das quatro frações:

$$RE = (60\% \times 1,0) + (20\% \times 0,60) + (18\% \times 0,20) + (2\% \times 0,0) = 75,6\%.$$

c) Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)

A eficiência do corretivo depende de suas características químicas, expressas pelo PN ou EC_{CaCO₃}, e de suas características físicas, expressas pela RE. A eficiência do corretivo é indicada pelo “poder relativo de neutralização total” (PRNT), da seguinte forma:

$$PRNT (\%) = (PN \times RE)/100.$$

Por exemplo, se um corretivo tem PN=91% e RE=75,6%, seu PRNT será:

$$PRNT = (91 \times 75,6)/100 = 68,8\%.$$

Esse valor indica que uma quantidade de 1.000 kg deste corretivo terá, em 3 meses, o mesmo efeito de correção da acidez do solo que 688 kg de CaCO₃ puro e finamente moído. Portanto, o PRNT indica a proporção do corretivo que efetivamente neutraliza a acidez do solo num período de 3 meses (Brasil, 2006a). Assim, para neutralizar a acidez de um solo, deve-se usar tanto mais calcário quanto menor seu PRNT, ajustando-se a dose a ser aplicada, pois as recomendações são feitas considerando-se um produto com PRNT 100% (Capítulo 5).

Para uma recomendação de 3,0 t/ha, deve-se aplicar do corretivo de PRNT acima:

$$3,0 \times 100/68,8 = 4,4 \text{ t/ha}.$$

Ao adquirir um corretivo, é importante considerar o custo do produto por unidade de PRNT, acrescido dos custos de frete e aplicação, e não sómente o custo por tonelada de produto. Além do PRNT do corretivo, deve-se também considerar o seu teor de Mg, por este nutriente geralmente estar em menor teor que o Ca nos solos ácidos dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Por essa razão, como orientação geral, recomenda-se optar, sempre que possível, por corretivos que contenham maior concentração de Mg.

Em algumas situações, como uma aplicação de calcário na linha de semeadura ou a necessidade de rápida correção da acidez, deve-se utilizar um produto finamente moído, com predominância de partículas menores que 0,15 mm de diâmetro (tipo “filler” ou “ultrafino”). Em outras situações em que não será mais possível o revolvimento do solo após a correção da acidez (por ex.: no estabelecimento do plantio direto ou na correção do solo na camada de zero a 30 cm antes da implantação de pomares), pode-se utilizar calcário com partículas maiores (mas inferiores a 2,0 mm), corrigindo a dose a aplicar pelo PRNT. Nesse caso o efeito residual será prolongado.

Pela atual Legislação (Brasil, 2016), o calcário agrícola comercializado precisa, obrigatoriamente, apresentar valores mínimos de 67% de PN, 45% de PRNT e 38% de CaO+MgO.

8.1.2 - Outros aspectos referentes a corretivos de solo

Relação Ca:Mg: O teor de Mg é outro fator a considerar na escolha de um corretivo de acidez. Corretivos com teor muito baixo de Mg, como os calcários calcíticos e conchas marinhas moídas, por exemplo, não são recomendados para solos com baixo teor deste elemento. Entretanto, para a maioria das culturas, a relação Ca:Mg do solo pode variar entre limites muito amplos, desde que ambos estejam em nível adequado (ver Capítulo 6). Em alguns casos, porém, esta relação deve ser considerada, como no cultivo da macieira, em que alto teor de Mg no corretivo pode inibir a absorção de Ca pelas plantas, prejudicando a qualidade e a conservação dos frutos.

Presença de outros elementos: Os corretivos geralmente contêm outros elementos presentes nos ambientes de origem. Pequenas quantidades de Na, P, K, micronutrientes e metais pesados podem ser encontrados, geralmente em quantidades menores que 0,01%. Com a dissolução das partículas do corretivo, estes elementos participam das reações químicas que ocorrem no solo. Porém, a sua contribuição para o teor total no solo é, em geral, muito pequena, podendo ser desconsiderada como adubação ou contaminação do solo. Os teores máximos de metais pesados admitidos em corretivos e condicionadores do solo (produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo, podendo recuperar solos degradados ou desequilibrados nutricionalmente) estão estabelecidos em instrução normativa do MAPA (Brasil, 2006b) como pode ser observado na Tabela 8.1.

Tabela 8.1. Limites máximos de metais pesados tóxicos admitidos em corretivos e condicionadores de solo

Metais	Corretivos	Condicionadores
		.....mg/kg.....
Cádmio	20	8
Chumbo	1000	300
Arsênio	— ⁽¹⁾	20
Cromo	—	500
Mercúrio	—	2,5
Níquel	—	175
Selênio	—	80

⁽¹⁾— não estabelecido

8.1.3 - Uso de gesso agrícola

O sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) conhecido como “gesso agrícola” é, geralmente, um subproduto da fabricação de ácido fosfórico na indústria de fertilizantes fosfatados. É também denominado “fosfogesso” por conter pequena quantidade de fósforo (0,5 a 0,8% de P_2O_5). Por sua natureza, o gesso agrícola não é corretivo de acidez de solo. As principais diferenças entre o gesso agrícola e o calcário podem ser observadas na Tabela 8.2. Pela legislação, é classificado como corretivo de sodicidade e condicionador de solo (Brasil, 2016). Constitui fonte dos nutrientes Ca (16%) e S (13%) às plantas.

Devido à sua maior solubilidade, comparativamente ao calcário, e dependendo das quantidades utilizadas, das condições edafoclimáticas, o gesso agrícola pode proporcionar um aumento dos teores de cálcio, de enxofre e, em menor quantidade, de magnésio em profundidade no perfil do solo, por deslocamento químico, aumentando a saturação por bases e diminuindo a saturação por alumínio (Raij, 1988). No RS e SC, esse efeito é variável e os resultados de trabalhos de pesquisa geralmente apontam que a aplicação de gesso não aumenta o rendimento das culturas em situações onde não há deficiência de cálcio e/ou de enxofre, principalmente em solos calcariados. Eventuais respostas ao gesso também tem sido observadas, principalmente quando da ocorrência de restrição química em subsuperfície associadas com períodos de estiagem durante o desenvolvimento da cultura, em situações que a aplicação de gesso proporciona o aprofundamento do sistema radicular das plantas, pelos efeitos anteriormente citados. A aplicação de gesso também pode ser recomendada para culturas exigentes em cálcio, como a macieira, ou enxofre, como as brassicáceas e alfafa.

A adição de gesso a corretivos da acidez reduz o PRNT da mistura, visto que este produto praticamente não apresenta efeito neutralizante da acidez.

Tabela 8.2. Diferenças entre o calcário e o gesso agrícola

CALCÁRIO	GESSO
Eleva o pH do solo	Não eleva o pH (ou eleva pouco)
Pode ter Mg	Não contém Mg
Não contém S	Contém S
Menor mobilidade no solo	Maior mobilidade no solo
Menor atuação em subsuperfície	Maior atuação em subsuperfície
Menor solubilidade em água (0,0014 g/100mL)	Maior solubilidade em água (0,204 g/100mL)

8.1.4 – Remineralizadores ou “pó de rocha”

O “pó de rocha” é um insumo autorizado para uso na agricultura, inclusive na agricultura orgânica, desde que os teores de metais pesados não ultrapassem os níveis máximos regulamentados (Brasil, 2006). No entanto, para se obter registro deste produto no MAPA, o “pó de rocha” é classificado como remineralizador.

Por remineralizador se entende o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que, aplicados ao solo, altere seus índices de fertilidade por meio da adição de macronutrientes e micronutrientes às plantas e promova a melhoria de propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo (BRASIL, 2014b). Os remineralizadores deverão apresentar as seguintes especificações e garantias mínimas:

- a) em relação à especificação de natureza física, nos termos da Tabela 8.3.
- b) em relação a soma de bases (CaO , MgO , K_2O), deve ser igual ou superior a 9% (m/m);
- c) em relação ao teor de óxido de potássio (K_2O), deve ser igual ou superior a 1% (m/m);
- d) em relação ao potencial hidrogeniônico (pH) de abrasão, valor conforme declarado pelo fabricante.

Tabela 8.3 – Especificações de natureza física dos remineralizadores

Natureza física	Garantia granulométrica	
	Peneira	Partículas passantes (m/m)
Filler	0,3 mm (ABNT 50)	100%
	2,0 mm (ABNT 10)	100%
Pó	0,84 mm (ABNT 20)	70% mínimo
	0,3 mm (ABNT 50)	50% mínimo
Farelado	4,8 mm (ABNT 4)	100%
	2,8 mm (ABNT 7)	80% mínimo
	0,84 mm (ABNT 20)	25% mínimo

Quando os remineralizadores contiverem naturalmente o macronutriente P e micronutrientes, os seus teores podem ser declarados somente se forem iguais ou superiores aos valores expressos nas normativas (ex. $P_2O_5 = 1\%$). Não serão registrados no MAPA, ficando vedadas a produção, importação e comercialização no país de remineralizadores que contiverem:

- a) em relação ao SiO_2 livre presente no produto, teor superior a 25% (v/v); e
- b) em relação aos elementos potencialmente tóxicos presentes no produto, teores superiores a: 15 ppm para As; 10 ppm para Cd; 0,1 ppm para Hg; e 200 ppm para Pb.

Para registro de remineralizadores, observa-se:

- a) para os materiais de origem mineral que já foram submetidos a testes agronômicos e tiveram seu uso na agricultura aprovados pela pesquisa brasileira oficial ou credenciada, será concedido mediante a apresentação dos referidos trabalhos científicos pelo requerente, os quais devem ser conclusivos sobre a eficiência agronômica; e
- b) para os produtos que não foram testados pela pesquisa brasileira, o registro somente é concedido após a realização de ensaios agronômicos por instituição oficial ou credenciada de pesquisa, conduzidos com plantas e obrigatoriamente em casa de vegetação ou a campo, podendo esses ensaios ser completados com testes de incubação ou em colunas de lixiviação, que demonstrem de forma conclusiva que o produto se presta ao fim a que se destina (Brasil, 2016).

8.2 - FERTILIZANTES MINERAIS

Em geral, os fertilizantes minerais são sais inorgânicos solúveis. A eficiência agronômica depende da sua solubilidade e das reações químicas com o solo. Os fertilizantes nitrogenados minerais são totalmente solúveis no solo, podendo uma parte ser lixiviada. Os fertilizantes potássicos são também solúveis, porém as perdas por lixiviação são menores do que as dos nitrogenados, pois o íon K^+ pode ser retido na CTC e a água de percolação retirar a fração presente na solução do solo. A solubilidade dos fertilizantes fosfatados no solo é variável, em função do tipo de fosfato e do tratamento térmico ou químico da rocha fosfatada.

A escolha de fertilizantes adequados constitui aspecto muito importante na administração de uma propriedade agrícola. A opção por produtos menos eficientes pode aumentar o custo de produção ou determinar o insucesso da lavoura.

De acordo com a legislação vigente (Brasil, 2004), os fertilizantes podem ser classificados, quanto à sua natureza, em minerais e orgânicos. A composição, o preço por unidade de nutriente e a eficiência agronômica dessas fontes variam amplamente. Os teores mínimos que os principais fertilizantes devem apresentar constam na Tabela 8.4. A relação atualizada de fertilizantes minerais simples, agentes quelantes ou complexantes e aditivos usados em fertilizantes pode ser obtida em: www.agricultura.gov.br/vegetal/fertilizantes/fiscalizacao-e-qualidade.

8.2.1 - Fertilizantes nitrogenados

As principais fontes são a ureia, o nitrato de amônio e o sulfato de amônio (Tabela 8.4). A ureia, quando aplicada em superfície, pode apresentar perdas importantes por volatilização de N, reduzindo sua eficiência. Uma forma de reduzir essas perdas é recobrir ou incorporar à ureia aditivos, como por exemplo, inibidores de urease e de nitrificação ou o recobrimento dos grânulos com coberturas físicas proporcionando menor solubilidade. Esses processos conferem uma estabilidade temporária ao produto. É importante ter a informação da garantia do fornecedor do tempo em que a fonte de N com aditivo pode ser armazenada, pois há perda de eficiência da proteção à volatilização conforme o período de fabricação e o de uso no campo. O nitrato de amônio e o sulfato de amônio não têm perdas significativas de N por volatilização em solos ácidos, condição normal do RS e SC.

Tabela 8.4. Teores mínimos de nutrientes dos principais fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos

Fertilizantes	Garantia mínima	Observações
Nitrogenados		
Uréia	45% de N	
Sulfato de amônio	20% de N	22 a 24% de S
Nitrato de amônio	32% de N	
Nitrato de cálcio	14% de N	16 a 19% de Ca
Fosfatados		
Superfosfato simples	18% de P ₂ O ₅ em CNA+água ⁽¹⁾ 15% de P ₂ O ₅ em água ⁽²⁾	16 a 20% de Ca e 8 a 12% de S
Superfosfato triplo	41% de P ₂ O ₅ em CNA+água 36% de P ₂ O ₅ em água	10 a 14% de Ca
Fosfato monoamônico (MAP)	48% de P ₂ O ₅ em CNA+água 44% de P ₂ O ₅ em água	9% de N
Fosfato diamônico (DAP)	45% de P ₂ O ₅ em CNA+água 38% de P ₂ O ₅ em água	17% de N
Fosfato natural parcialmente acidulado	20% de P ₂ O ₅ total ⁽³⁾ 9% de P ₂ O ₅ em CNA+água 5% de P ₂ O ₅ em água	16 a 27% de Ca, 0 a 6% de S e 0 a 2% de Mg
Termofosfato magnesiano	17% de P ₂ O ₅ total 11% de P ₂ O ₅ em ácido cítrico ⁽⁴⁾ 24% de P ₂ O ₅ total	7% de Mg e 16 a 20% de Ca
Fosfato natural	4% de P ₂ O ₅ em ácido cítrico 27% de P ₂ O ₅ total (farelado)	20 a 27% de Ca
Fosfato natural reativo ⁽⁵⁾	9% de P ₂ O ₅ em ácido cítrico 20% de P ₂ O ₅ total	28 a 34% de Ca
Farinha de ossos calcinada	16% em ácido	Se autoclavado pode conter 1% de N
Potássicos		
Cloreto de potássio	58% de K ₂ O em água	45 a 48% de Cl
Sulfato de potássio	48% de K ₂ O em água	15 a 17% de S

Fonte: Brasil (2007).

⁽¹⁾ Soma da solubilidade em citrato neutro de amônio (CNA) e em água.⁽²⁾ Solubilidade em água.⁽³⁾ Solúvel em ácidos fortes concentrados.⁽⁴⁾ Ácido cítrico a 2%, na relação fertilizante:solução de 1:100.⁽⁵⁾ Exemplos: Arad, Marrocos, Gafsa, Carolina do Norte.

8.2.2 - Fertilizantes fosfatados

Os fertilizantes fosfatados apresentam ampla diversidade quanto à origem, às características físico-químicas e à solubilidade, destacando-se os fosfatos acidulados ou parcialmente acidulados, os fosfatos naturais e os termofosfatos. Os teores de P dos principais fosfatos são apresentados na Tabela 8.4.

Fosfatos solúveis e parcialmente acidulados

Os fosfatos solúveis são obtidos pela reação de rocha fosfática com os ácidos sulfúrico (superfosfato simples - SFS) e fosfórico (superfosfato triplo - SFT) ou pela amoniação do ácido fosfórico [fosfato monoamônico (MAP) e fosfato diamônico (DAP)]. Suas garantias legais são especificadas em solução de citrato neutro de amônio + água e são indicados para o preparo de formulações granuladas tipo NPK.

Fosfatos naturais e termofosfatos

Os fosfatos naturais são produtos que podem ser utilizados como fertilizantes após tratamentos físicos, como moagem, separação mecânica, flotação, etc. O fósforo, em todas as rochas fosfatadas, ígneas e sedimentares, está presente na forma de fosfato tricálcico $[Ca_3(PO_4)_2]$. Em geral, os fosfatos provenientes de rochas ígneas apresentam elevado grau de cristalinidade, sendo pouco solúveis. Alguns fosfatos naturais brasileiros (Araxá, Anitápolis, Jacupiranga, Catalão, etc.) enquadram-se nessa categoria, apresentando baixos valores de índice de eficiência agronômica (< 50% em culturas anuais) em relação ao superfosfato triplo, utilizado como fonte padrão (Goedert & Lobato, 1984). O uso desses fosfatos não é, portanto, recomendado para culturas anuais.

Os fosfatos naturais reativos (FNR) são de origem sedimentar e de natureza não-cristalina. Sua solubilidade é, portanto, maior do que a dos fosfatos naturais de natureza cristalina, aumentando com a redução do diâmetro de partículas. Atualmente são comercializados na forma farelada (95% das partículas menores que 3,36 mm de diâmetro (Brasil, 2007), não devendo ser empregados para o preparo de formulações granuladas.

Desaconselha-se o uso de fosfatos naturais, que são pouco solúveis em água na forma granulada, pois os dados de pesquisa nos Estados do RS e de SC indicam que a granulação desses fosfatos diminui sua eficiência

agronômica nos primeiros cultivos.

Os FNR farelados podem ser aplicados para adubação corretiva de P e só devem ser aplicados nas culturas anuais para adubação de manutenção quando o solo estiver com teores de P nas classes “Médio” ou “Alto”, devido a sua lenta solubilização.

Os termofosfatos são obtidos pelo tratamento térmico de fosfatos naturais com adição de compostos magnesianos e silícicos. São praticamente insolúveis em água, mas apresentam alto índice de eficiência agronômica quando aplicados ao solo na forma de pó.

Caracterização química de fertilizantes fosfatados

Conforme a legislação, este grupo de fertilizantes deve apresentar na embalagem os valores das seguintes características (Brasil, 2007):

a) fosfatos acidulados (superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato monoamônico, fosfato diamônico), parcialmente acidulados e misturas que os contenham:

- teor P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio mais água (CNA + H_2O);

- teor P_2O_5 solúvel em água, somente para fosfatos acidulados e parcialmente acidulados, quando comercializados isoladamente;

b) fosfatos naturais, termofosfatos, escórias de desfosforização e farinha de ossos, quando comercializados isoladamente:

- teor P_2O_5 total e teor P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2% (relação 1:100).

c) misturas que contêm fosfato natural, termofosfato, escórias de desfosforização e farinha de ossos:

- teor P_2O_5 solúvel em água e em ácido cítrico a 2% (relação 1:100).

A escolha dos fertilizantes fosfatados deve ser baseada no custo efetivo da unidade de P_2O_5 solúvel nas seguintes soluções:

- CNA + H_2O , para o superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato monoamônico, fosfato diamônico e fosfatos parcialmente acidulados;

- ácido cítrico a 2% (relação 1:100) para os termofosfatos e fosfatos naturais nacionais;

Entretanto, no caso dos fosfatos naturais reativos em cultivos perenes, pode ser considerado o teor de P_2O_5 total, pois o efeito acumulativo, obtido em três ou mais anos, é semelhante aos dos fosfatos acidulados. Não é recomendável o uso de fosfato natural não reativo para aplicação direta na agricultura.

Os fertilizantes acidulados com ácido sulfúrico, tais como o superfosfato simples, apresentam enxofre na sua composição, o que poderá ser uma característica desejável em solos deficientes neste elemento. Há também produtos que apresentam micronutrientes em sua composição, geralmente em pequenas concentrações.

Os fertilizantes fosfatados, incluindo os fosfatos naturais, a exemplo de outros materiais de origem mineral, como os calcários, contêm concentrações variáveis de metais pesados (Conceição & Bonotto, 2003). Entretanto a contribuição desses elementos para o teor total no solo é relativamente pequena, podendo ser desconsiderada como contaminação do solo, quando usadas as doses de fertilizantes normalmente recomendadas. A Legislação Brasileira estabelece limites para a presença de metais pesados tóxicos em fertilizantes. Os valores admitidos variam com o teor de P_2O_5 e de micronutrientes no produto, a tabela com esses critérios consta na Instrução Normativa N° 27 (Brasil, 2006b) e pode ser consultada no site do MAPA.

8.2.3 - Fertilizantes potássicos

As principais fontes de potássio disponíveis no mercado são o cloreto de potássio e o sulfato de potássio, cujas características são apresentadas na Tabela 8.4. Deve-se dar preferência à fonte de K que apresente o menor custo por unidade de K_2O , considerando os custos de transporte e aplicação, caso não haja recomendação específica para a cultura.

8.2.4 - Macronutrientes secundários e micronutrientes

Os macronutrientes secundários cálcio, magnésio e enxofre e os micronutrientes essenciais ou benéficos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B, Cl e Ni) são geralmente preteridos nos programas de adubação em solos do RS e de SC, seja por serem indiretamente adicionados juntamente com a adubação NPK ou calagem, seja pela baixa probabilidade de resposta das culturas à aplicação em função da adequada disponibilidade no solo. Alguns trabalhos de pesquisa conduzidos nos Estados do RS e de SC indicam que as deficiências de nutrientes secundários e micronutrientes são pouco prováveis. A análise do solo para esses elementos pode auxiliar na identificação do grau de sua

disponibilidade às plantas (ver Capítulo 6).

Porém, quando comprovada a necessidade, a aplicação desses nutrientes via solo pode ser feita por fertilizantes simples (saís ou quelatos), por misturas contendo dois ou mais elementos (silicatos ou fritas) ou por fórmulas NPK acrescidas de um ou mais nutrientes. Cabe enfatizar que a utilização de calcário e adubos fosfatados também repõe pequenas quantidades de micronutrientes (Tabela 8.5). Em caso de dúvida, aconselha-se a aplicação deles em pequenas áreas, quantificando-se cuidadosamente as diferenças de rendimentos observadas.

Tabela 8.5. Conteúdo médio de micronutrientes em calcário, em gesso e em alguns fertilizantes fosfatados utilizados no Brasil

Elemento	Calcário	Gesso	DAP	MAP	SFS	SFT	TermoP
.....g/t.....							
B	30	3	100	100	30	110	6
Co	25	2	11	3	4	2	—
Cu	26	8	7	7	20	120	44
Fe	4.599	670	—	—	6.565	38.410	—
Mn	334	15	235	90	155	300	2.220
Mo	1	16	11	14	3	9	7
Ni	19	2	—	—	38	24	3.300
Zn	46	9	122	—	78	810	374

Fonte: Malavolta (1994).

DAP= fosfato diamônico; MAP= fosfato monoamônico; SFS= superfosfato simples; SFT= superfosfato triplo; TermoP = termofosfato.

As principais fontes de macronutrientes secundários e de micronutrientes, com as respectivas garantias mínimas, são apresentadas na Tabela 8.6.

Tabela 8.6. Teores mínimos que as principais fontes de micronutrientes e de macronutrientes secundários devem apresentar

Fertilizantes ⁽¹⁾	Elemento	Garantia mínima (%)	Observações
Micronutrientes			
Ácido bórico	B	17	
Bórax	B	10 a 13	
Sulfato de cobre	Cu	24	11% de S
Sulfato de ferro (II) - ferroso	Fe	19	10 a 11% de S
Sulfato de manganês (II)	Mn	26	16% de S
Molibdato de amônio	Mo	52	5 a 7% de N
Molibdato de sódio	Mo	39	
Óxido de zinco	Zn	72	
Sulfato de zinco	Zn	20	9 a 11% de S

Fertilizantes ⁽¹⁾	Elemento	Garantia mínima (%)	Observações
Macronutrientes			
Enxofre elementar	S	95	
Sulfato de cálcio (gesso)	Ca	16	13% de S
Cloreto de cálcio	Ca	24	
Sulfato de magnésio	Mg	9	11 a 14% de S
Kieserita	Mg	15	20 a 27% de S
Óxido de magnésio	Mg	45	

⁽¹⁾ Fonte: Brasil (2007) – Anexo II da IN nº5.

Quelatos e silicatos ver anexo II da IN nº05/2007

8.2.5- Fertilizantes foliares

Nos trabalhos de pesquisa com fertilizantes foliares, principalmente com macronutrientes e “bioestimulantes”, conduzidos até o momento por instituições de pesquisa dos Estados do RS e de SC, as culturas anuais, como trigo, soja, milho, arroz, feijão, etc., não têm apresentado resposta em rendimento de grãos, não justificando a recomendação generalizada desses insumos. Os macronutrientes são absorvidos em maiores quantidades pelas plantas, necessitando, portanto de várias aplicações foliares para suprir as necessidades de um cultivo, o que em geral inviabiliza economicamente sua utilização.

A adubação foliar poderá ser justificada nos seguintes casos: a) no suprimento de micronutrientes, nos casos de deficiência comprovada (as quantidades requeridas de micronutrientes nas culturas podem, em geral, ser supridas com uma única aplicação foliar, o que poderá prevenir ou corrigir alguma deficiência já detectada); b) em solos alcalinos, em que a disponibilidade de nutrientes, principalmente micronutrientes, não é adequada ao desenvolvimento das plantas; c) em pomares, pela maior eficiência de absorção proporcionada pela grande área foliar por planta; e d) em hortas, devido à rapidez de resposta das plantas, facilidade de aplicação e pelo alto valor da produção.

No caso de adoção dessa prática, podem ser utilizados como fontes de micronutrientes e de macronutrientes secundários os produtos que constam da Tabela 8.6. Exigências específicas referente à melhor forma, concentração e época de aplicação desses insumos devem ser consultadas em literatura específica.

8.2.6 - Fertilizantes organominerais

Os fertilizantes organominerais são produzidos industrialmente pela mistura de fertilizantes orgânicos (estercos, turfa, lignito oxidado, lodo de esgoto etc.) e fertilizantes minerais. Segundo a legislação (BRASIL, 2009), os fertilizantes organominerais sólidos para aplicação no solo poderão conter, no máximo, 30% de umidade e, no mínimo, 8% de carbono orgânico e CTC mínima de 80 mmol_c/kg. Ainda, o teor de macronutrientes primários, secundários e micronutrientes garantidos ou declarados deve ser de no mínimo: 10% para os produtos com macronutrientes primários produzidos e comercializados isoladamente (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK); 5% para os produtos com macronutrientes secundários isoladamente ou em misturas e; 4% para os produtos com micronutrientes isoladamente ou em misturas.

As informações de pesquisa sobre a eficiência agronômica dos fertilizantes organominerais indicam que o cálculo da dose a ser aplicada deve ser feito com base nos teores de N (total), de P₂O₅ (CNA+H₂O) e de K₂O (solúvel em água). A escolha deste tipo de fertilizante também deve ser baseada no custo das unidades de N, de P₂O₅ e de K₂O, acrescido dos custos de transporte e aplicação.

8.3 - FÓRMULAS NPK

Os fertilizantes minerais simples, como por exemplo, os contidos na Tabela 8.4, podem ser misturados com diferentes proporções de N, P e K, dando origem às conhecidas fórmulas NPK. Esse procedimento visa facilitar a aplicação dos nutrientes no solo, usando um único produto. Dessa forma, há no mercado uma grande diversidade de fórmulas NPK visando atender a proporção dos nutrientes requeridas pela adubação em um determinado cenário. A análise de solo, a cultura e outros critérios técnicos devem ser utilizados para indicar a fórmula do fertilizante, quando for o caso. Deve-se optar pela fórmula que apresentar o menor custo por unidade de NPK, considerando os custos de transporte e aplicação na propriedade. Nos cálculos, deve-se considerar o teor de P₂O₅ em CNA+H₂O, ácido cítrico ou total, conforme a origem do produto e o prazo de retorno esperado (Tabela 8.4).

Em geral, fórmulas mais concentradas apresentam menor custo de embalagem e de transporte. Importante destacar que, de forma geral, fórmulas mais concentradas de nutrientes terão baixa concentração de enxofre,

enquanto que as de baixa concentração tendem a ter um valor de S maior, pelo provável uso de superfosfato simples (SFS) na fórmula. Porém, o uso de enchimentos (granolha e calcário granulado) em substituição de fertilizantes para reduzir seu custo, permitido pela Legislação, pode reduzir os teores de S, mesmo em fertilizantes de baixa concentração. Portanto, convém verificar o teor de S dos produtos e a sua forma química de sulfato ou S-elementar.

A determinação da fórmula adequada para a adubação é feita da seguinte maneira: supondo que a recomendação de plantio seja a aplicação de 10 kg de N/ha, 120 kg de P₂O₅/ha e de 80 kg de K₂O/ha, a proporção básica será: 1:12:8. As fórmulas adequadas serão, portanto (múltiplos da proporção básica): 2-18-12 (667 kg/ha), 2-24-16 (500 kg/ha) ou 3-30-20 (400 kg/ha), sendo o saldo de N adicionado em cobertura. No caso de não ser obtida a fórmula mais apropriada, deve-se fazer o ajuste para o nutriente que estiver mais deficiente no solo.

8.4 - OUTRAS INFORMAÇÕES IMPORTANTES NO USO DE FERTILIZANTES MINERAIS

8.4.1 – Compatibilidade em misturas NPK

No caso de mistura de fertilizantes minerais simples, a sua compatibilidade química deve ser observada (Figura 8.2). Caso a classificação seja de compatibilidade limitada, é necessária a aplicação da mistura de forma imediata pois decorridas algumas horas, o produto ficará com a qualidade comprometida.

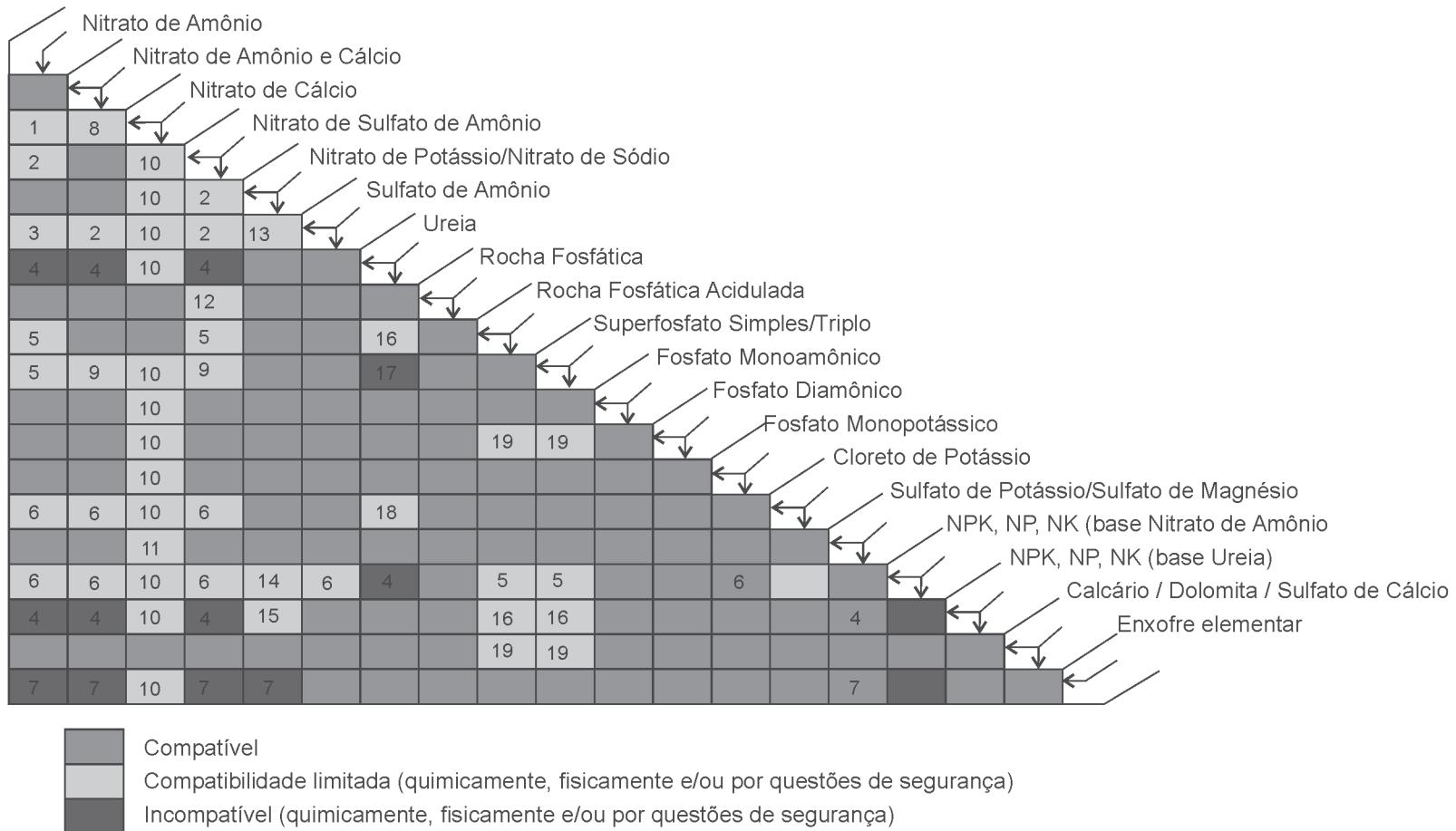


Figura 8.2. Compatibilidade entre fertilizantes e corretivos. Fonte: EFMA (2006).

Descrição da incompatibilidade

1. Devido ao comportamento higroscópico de ambos os produtos, o tipo de estabilização do grau de nitrato de amônio poderia influenciar as propriedades de armazenamento.
2. Considere as implicações de segurança relativas à detonação da mistura (misturas nitrato de amônio/sulfato de amônio) e as implicações legais.
3. Considere as implicações de segurança relativas à detonação da mistura (misturas nitrato de amônio/sulfato de amônio), o impacto da acidez livre e impurezas orgânicas, se presente, e as implicações legais.
4. Mistura vai rapidamente absorver a umidade e tornar-se molhada, resultando na formação de líquido ou chorume. Também pode haver implicações de segurança.
5. Se a acidez livre está presente, ela pode causar uma decomposição muito lenta de nitrato de amônio, que afeta, por exemplo, a embalagem.
6. Considere a possibilidade de decomposição autossustentável e o nível geral de revestimento de óleo.
7. Enxofre é combustível e pode reagir com nitratos, por exemplo: nitrato de amônio, KNO_3 e NaNO_3 .
8. Devido ao comportamento higroscópico de ambos os produtos ao tipo de estabilização do fertilizante à base de nitrato de amônio poderia influenciar as propriedades de armazenamento.
9. Considere o conteúdo de umidade do superfosfato simples/triplo.
10. Considere a umidade relativa do ar durante a mistura.
11. Risco de formação de gesso.
12. Nenhuma experiência, mas espera-se que seja compatível. Confirmar por teste e / ou análise.
13. Considere impurezas no sulfato de amônio e a queda na umidade relativa crítica da mistura.
14. Considere o impacto provável de nitrato adicional.
15. Considere a possibilidade de reação de nitrato de amônio fosfato / potássio com ureia e a umidade relativa durante a mistura, para evitar aglomeração.
16. Se a acidez livre estiver presente, há uma possibilidade de hidrólise de ureia dando amoníaco e dióxido de carbono.
17. Formação de fosfato de uréia muito pegajosa.
18. Potencial problema de aglomeração devido à umidade.
19. Se a acidez livre estiver presente, considerar o risco de uma reação, por exemplo neutralização com amoníaco e ataque ácido com carbonatos.

8.4.2 - Armazenamento de fertilizantes ensacados

Os fertilizantes devem ser armazenados em galpões fechados e conforme indicações de seus fabricantes. Normalmente estas indicações e os prazos de validade estão na própria embalagem do produto. Alguns fertilizantes especiais, contendo aditivos, podem possuir prazo de validade específico. Por isso, deve-se consultar as indicações do fabricante.

De forma geral recomenda-se, para sacarias de 50 kg, pilhas com no máximo 20 sacos de altura. Estas devem estar apoiadas sobre estrados de madeira, evitando-se contato direto da pilha de sacarias com o solo. Entre as pilhas deve haver 60 cm para livre circulação de ar e, no mínimo, 50 cm entre elas e qualquer parede (Figura 8.3).

Para big-bags, geralmente, não se recomenda pilhas com mais do que dois. Para as demais recomendações, estas são similares às das sacarias de 50 kg. Deve-se evitar a estocagem ao ar livre, pois este tipo de armazenamento pode prejudicar a qualidade final do produto para a sua aplicação.

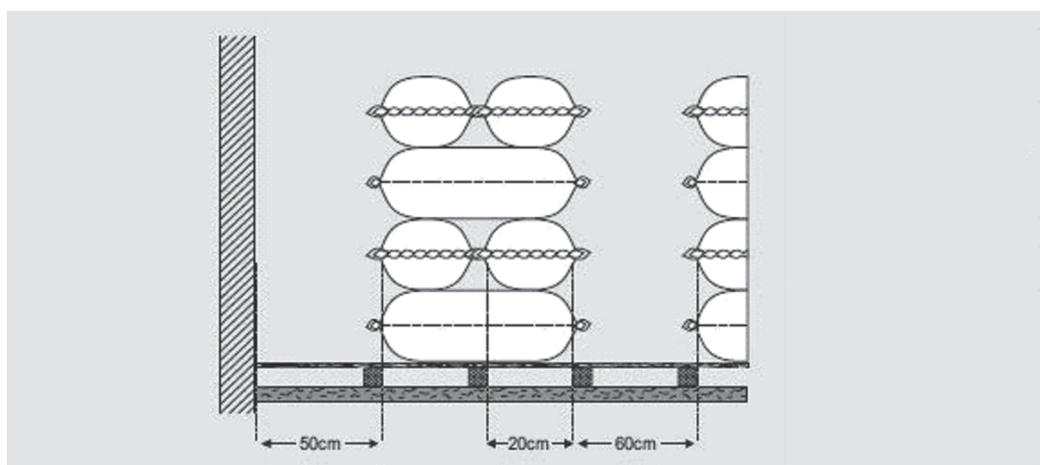


Figura 8.3. Armazenamento de fertilizantes ensacados.



Capítulo

9

ADUBOS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Atualizado por:

Rodrigo da Silveira Nicoloso
Celso Aita
Sandro José Giacomini
Carlos Alberto Ceretta
Evandro Spagnolo
Paulo Cezar Cassol
Jucinei José Comin
Gustavo Brunetto

Vários materiais orgânicos podem ser utilizados como adubo. Os estercos ou dejetos de animais, os resíduos culturais pós-colheita e os adubos verdes constituem as principais fontes de adubos orgânicos disponíveis. O lodo de esgoto, o composto de lixo urbano e alguns resíduos de agroindústrias também podem ser empregados como fontes de nutrientes para algumas culturas, desde que a sua aplicação no solo atenda às normas de segurança sanitária e ambiental e legislação específica, visando a preservação da qualidade do solo e dos mananciais hídricos.

A concentração de nutrientes dos adubos orgânicos é geralmente baixa, o que implica em utilizar doses maiores do que aquelas dos fertilizantes minerais para suprir a mesma quantidade de nutrientes. Além disso, parte dos nutrientes está contida na forma de compostos orgânicos, os quais necessitam ser mineralizados no solo para se tornarem disponíveis às plantas. Assim, a taxa de mineralização desta fração orgânica irá determinar a eficiência agronômica em comparação aos fertilizantes minerais.

Além de serem fontes de nutrientes às plantas, os adubos orgânicos podem contribuir para o acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS), favorecendo a atividade biológica e a agregação do solo, melhorando a sua estrutura, aeração, e

também a infiltração, drenagem e armazenamento de água. No entanto, estes benefícios dependem da quantidade e continuidade do uso da adubação orgânica visto que estes efeitos são significativos no longo prazo e desde que o uso de adubos orgânicos esteja associado a práticas conservacionistas de manejo do solo.

Quando utilizados conforme as recomendações técnicas, os adubos orgânicos promovem a melhoria da fertilidade do solo e, consequentemente, o aumento de rendimento das culturas. Outros benefícios da reciclagem dos nutrientes dos adubos orgânicos na agricultura incluem a economia das reservas minerais e da energia empregada na produção e transporte dos fertilizantes industriais. Além disso, o solo também pode ser considerado uma opção de descarte desses resíduos, desde que sejam aplicados em quantidades que atendam a demanda de nutrientes das plantas, sem extrapolar os limites críticos ambientais de concentração de nutrientes e demais limitações previstas em legislação (ver Capítulo 10). Entretanto, devido a sua composição microbiológica, é importante, por razões de controle sanitário dos alimentos, que os adubos orgânicos não tenham contato direto com as partes comestíveis das plantas, sobretudo daquelas utilizadas para consumo *in natura*.

9.1 - TEORES DE MATÉRIA SECA, CARBONO E NUTRIENTES EM ADUBOS ORGÂNICOS

Os teores de matéria seca, carbono e de macro e micronutrientes dos adubos orgânicos podem apresentar grande variabilidade, dependendo da origem do material. Para os adubos orgânicos de origem animal, denominados de estercos quando na forma sólida ou pastosa, ou de dejetos quando na forma líquida, a sua composição depende da espécie animal e alimentação utilizada, proporção entre fezes e urina nos dejetos, material utilizado para cama, sistemas empregados para manejo e/ou tratamento dos dejetos, além do desperdício de água nas granjas ou entrada de água nas estruturas de armazenamento dos dejetos. Assim, recomenda-se a análise laboratorial do adubo para determinar a sua composição (ver item 9.7). Alguns laboratórios da ROLAS-RS/SC realizam a análise de adubos orgânicos.

A correta amostragem dos adubos orgânicos visando a sua análise laboratorial ou a estimativa dos teores de nutrientes através da sua densidade, no caso dos dejetos líquidos, é um fator preponderante para a obtenção de resultados representativos da composição do material a ser analisado. Devido à segregação de nutrientes, que ocorre pela sedimentação dos sólidos contidos nos dejetos

armazenados na forma líquida, é imprescindível que, anteriormente à coleta, os dejetos sejam adequadamente homogeneizados na estrutura de armazenamento (esterqueiras, lagoas, entre outras). Recomenda-se a coleta de várias subamostras em diferentes pontos e profundidades da estrutura de armazenamento dos dejetos, visando a obtenção de uma amostra representativa ao final da amostragem. Da mesma maneira, no momento da retirada dos dejetos para aplicação no solo, o mesmo procedimento de homogeneização deve ser realizado.

Na Tabela 9.1 são apresentados os teores médios de carbono orgânico, macronutrientes e matéria seca e na Tabela 9.2, os teores médios de Cu e Zn e outros metais pesados, em vários tipos de estercos, dejetos e adubos orgânicos utilizados na adubação das culturas. A concentração de nutrientes é expressa no material seco em estufa a 65°C. Os adubos orgânicos, mesmo aparentemente secos, ainda contêm água.

Tabela 9.1. Teores médios de carbono, nutrientes e matéria seca de alguns adubos orgânicos⁽¹⁾

Adubo Orgânico	C-Org.	Ntotal ⁽²⁾	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Mat. Seca
.....% (m/m)							
Cama de frango (3 e 4 lotes) ⁽³⁾	30	3,2	3,5	2,5	4,0	0,8	75
Cama de frango (5 e 6 lotes)	28	3,5	3,8	3,0	4,2	0,9	75
Cama de frango (7 e 8 lotes)	25	3,8	4,0	3,5	4,5	1,0	75
Cama de Peru (2 lotes)	23	5,0	4,0	4,0	3,7	0,8	75
Cama de poedeira	30	1,6	4,9	1,9	14,4	0,9	72
Cama sobreposta de suínos	18	1,5	2,6	1,8	3,6	0,8	40
Composto de dejetos de suínos	42	1,6	2,5	2,3	2,1	0,6	40
Esterco sólido de suínos	20	2,1	2,8	2,9	2,8	0,8	25
Esterco sólido de bovinos	30	1,5	1,4	1,5	0,8	0,5	20
Vermicomposto	17	1,5	1,3	1,7	1,4	0,5	50
Lodo de esgoto	30	3,2	3,7	0,5	3,2	1,2	5
Composto de lixo urbano	12	1,2	0,6	0,4	2,1	0,2	70
Cinza de casca de arroz	10	0,3	0,5	0,7	0,3	0,1	70
.....kg/m ³							
Dejeto líquido de suínos	9	2,8	2,4	1,5	2,0	0,8	3
Dejeto líquido de bovinos	13	1,4	0,8	1,4	1,2	0,4	4

⁽¹⁾ Concentração calculada com base em material seco em estufa a 65°C; m/m = relação massa/massa.

⁽²⁾ A proporção do N total que se encontrava na forma mineral (amoniacal: N-NH₃ e N-NH₄⁺; nítrica: N-NO₃ e N-NO₂) é, em média, de 25% na cama de frangos, 15% na cama de poedeiras, 30% no lodo de esgoto, 25% no esterco líquido de bovinos, 60% no dejeto líquido de suínos e 5% na cama sobreposta e no composto de dejeto de suínos. A proporção de N na forma mineral pode variar de acordo com o grau de maturação e tempo de armazenamento do adubo orgânico.

⁽³⁾ Indicação do número de lotes de animais que permanecem sobre a mesma cama.

Tabela 9.2. Teores médios de Cu e Zn e metais pesados de alguns adubos orgânicos⁽¹⁾

Material Orgânico	Cu	Zn	Cr	Cd	Pb	Ni
.....mg/kg ⁽²⁾						
Cama de frango (5 e 6 lotes) ⁽³⁾	2	3	- ⁽⁴⁾	-	-	-
Esterco sólido de bovinos	2	4	-	-	-	-
Dejeto líquido de suínos	16	43	-	-	-	-
Composto de dejeto de suínos	270	600	-	-	-	-
Cinza de casca de arroz	8	89	-	-	-	-
Cinza de madeira	44	65	45	1,7	10	-
Composto de lixo urbano	96	490	260	2	59	29
Lodo de curtume	23	118	1400	0,1	33	16
Vermicomposto	67	250	-	-	-	-

⁽¹⁾ Fonte: Laboratórios de Análises do CEFAF-EPAGRI e do Departamento de Solos-UFRGS.⁽²⁾ Concentração expressa com base em material seco em estufa a 65°C.⁽³⁾ Indicação do número de lotes de animais que permanecem sobre a mesma cama.⁽⁴⁾ Sem informação.

Os teores de matéria seca e de N, P e K dos dejetos líquidos de suínos e de bovinos também podem ser estimados a partir da determinação da sua densidade, conforme constam na Tabela 9.3. As correções da leitura de densidade, em função da temperatura, são dadas na Tabela 9.4. É importante ressaltar que, devido à alta variabilidade na composição dos dejetos líquidos, os valores indicados nas tabelas são orientativos e não substituem a análise laboratorial.

Tabela 9.3. Relação entre a densidade e os teores de matéria seca (MS) e nutrientes dos dejetos líquidos de bovinos e de suínos⁽¹⁾

Densidade ^(2,3)	Dejeto líquido de bovinos				Dejeto líquido de suínos			
	MS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	%(m/v)	kg/m ³			%(m/v)	kg/m ³		
1000	0,00	0,06	0,05	0,06	0,00	0,37	0,00	0,38
1001	0,00	0,13	0,09	0,12	0,10	0,52	0,11	0,51
1002	0,11	0,20	0,12	0,19	0,15	0,68	0,22	0,63
1003	0,34	0,26	0,16	0,25	0,20	0,83	0,37	0,69
1004	0,58	0,33	0,20	0,32	0,27	0,98	0,52	0,75
1005	0,81	0,40	0,24	0,38	0,50	1,13	0,67	0,80
1006	1,05	0,47	0,28	0,45	0,72	1,29	0,83	0,88
1007	1,28	0,54	0,31	0,51	0,94	1,44	0,98	0,94
1008	1,52	0,61	0,35	0,58	1,17	1,60	1,14	1,00

ADUBOS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

1009	1,75	0,68	0,39	0,64	1,39	1,75	1,29	1,06
1010	1,99	0,74	0,43	0,71	1,63	1,91	1,45	1,13
1011	2,22	0,81	0,46	0,77	1,85	2,06	1,60	1,19
1012	2,46	0,88	0,50	0,83	2,09	2,21	1,75	1,25
1012	2,69	0,95	0,54	0,90	2,32	2,37	1,90	1,31
1014	2,93	1,02	0,58	0,96	2,54	2,52	2,06	1,38
1015	3,16	1,09	0,61	1,03	2,76	2,67	2,21	1,44
1016	3,40	1,16	0,65	1,09	3,00	2,83	2,37	1,50
1017	3,63	1,22	0,69	1,16	3,23	2,98	2,52	1,56
1018	3,87	1,29	0,73	1,22	3,46	3,13	2,68	1,63
1019	4,10	1,36	0,77	1,29	3,68	3,28	2,85	1,69
1020	4,34	1,43	0,80	1,36	3,91	3,44	2,99	1,75
1021	4,57	1,50	0,84	1,42	4,14	3,60	3,14	1,81
1022	4,81	1,57	0,88	1,48	4,37	3,75	3,29	1,88
1023	5,04	1,63	0,92	1,54	4,60	3,90	3,44	1,94
1024	5,28	1,70	0,95	1,61	4,82	4,06	3,60	2,00
1025	5,51	1,77	0,99	1,67	5,05	4,21	3,75	2,06
1026	5,75	1,84	1,03	1,74	5,28	4,36	3,91	2,13
1027	5,98	1,90	1,07	1,80	5,51	4,51	4,06	2,19
1028	6,29	1,98	1,10	1,87	5,74	4,67	4,22	2,25
1029	6,45	2,05	1,14	1,93	5,96	4,82	4,37	2,31
1030	6,69	2,11	1,18	2,00	6,19	4,98	4,53	2,38
1031	6,92	2,18	1,22	2,06	6,41	5,13	4,68	2,44
1032	7,16	2,25	1,26	2,13	6,65	5,28	4,48	2,50
1033	7,39	2,20	1,29	2,19	6,87	5,43	4,99	2,56
1034	7,63	2,39	1,33	2,26	7,10	5,59	5,14	2,63
1035	7,86	2,46	1,37	2,32	7,32	5,74	5,29	2,69
1036	8,00	2,53	1,41	2,38	7,56	5,90	5,45	2,75
1037	8,33	2,59	1,44	2,45	7,78	6,05	5,60	2,81
1038	8,57	2,66	1,48	2,51	8,02	6,21	5,76	2,88
1039	8,80	2,73	1,52	2,58	8,24	6,36	5,91	2,94
1040	9,04	2,80	1,56	2,64	8,47	6,51	6,05	3,00
1041	9,27	2,87	1,59	2,71	8,69	6,66	6,20	3,06
1042	9,51	2,93	1,63	2,77	8,97	6,82	6,38	3,13
1043	9,74	3,00	1,67	2,84	9,18	6,97	6,53	3,19
1044	9,98	3,07	1,71	2,90	9,39	7,13	6,68	3,25
1045	10,21	3,14	1,74	2,97	9,61	7,28	6,83	3,32
1046	10,45	3,21	1,78	3,03	9,84	7,58	7,12	3,44
1047	10,68	3,28	1,82	3,09	10,06	7,58	7,12	3,44
1048	10,92	3,35	1,86	3,16	10,30	7,74	7,27	3,50
1049	11,15	3,42	1,90	3,22	10,52	7,89	7,42	3,56
1050	11,39	3,48	1,93	3,29	10,75	8,05	7,58	3,63

⁽¹⁾Fontes: Barcellos (1992) e Scherer et al. (1995a,b). m/v = relação massa/volume

⁽²⁾Densímetro INCOTERM com valores entre 1000 a 1100 kg/m³.

⁽³⁾ Para fazer a leitura dos valores de densidade deve-se: a) homogeneizar o dejeto na estrutura de armazenamento (esterqueira, lagoa, etc.) com um agitador manual ou auxílio de bombas; b) coletar amostras em vários pontos e profundidades do dejeto homogeneizado, colocando-o num recipiente com volume mínimo de 1.000 mL; c) homogeneizar a amostra com um bastão e posteriormente transferi-la para uma proveta de 500 mL para fazer a leitura da densidade no menor tempo possível, evitando a sedimentação; d) corrigir o valor da densidade do dejeto conforme a temperatura da amostra (Tabela 9.4); e) se a consistência do dejeto não permitir a leitura da densidade, diluir a metade da amostra na proveta com igual volume de água e ler novamente a densidade. Utilizar a seguinte fórmula para o cálculo da densidade corrigida: $D = 1000 + [2 \times (\text{densidade} - 1.000)]$, onde a densidade é a leitura obtida na amostra de dejeto já diluído na proveta.

Tabela 9.4. Correção dos valores de densidade em função da temperatura de dejetos líquidos

Temperatura (°C)	Densidade
15,5 a 18,5	Diminuir 1 na escala
18,6 a 21,5	Não corrigir
21,6 a 24,5	Aumentar 1 na escala
24,6 a 27,0	Aumentar 2 na escala
27,1 a 29,5	Aumentar 3 na escala
29,6 a 32,0	Aumentar 4 na escala

9.2 - ÍNDICES DE EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DOS NUTRIENTES

Os adubos orgânicos sólidos e líquidos apresentam ampla variação nas concentrações de nutrientes e também nas suas taxas de liberação no solo, afetando a sua disponibilidade às plantas. Em geral, os estercos sólidos e os adubos orgânicos com altos teores de fibras e lignina apresentam maior relação C/N e menores quantidades de nutrientes na forma mineral, sendo decompostos mais lentamente no solo e liberando menores quantidades de nutrientes para as plantas do que os dejetos líquidos. Entretanto, esta liberação mais lenta diminui as perdas de nutrientes e favorecem o acúmulo de MOS em relação aos dejetos líquidos, os quais apresentam maior quantidade de nutrientes minerais prontamente disponíveis às plantas, considerando-se iguais adições de matéria seca.

Os índices de eficiência agronômica apresentados na Tabela 9.5 indicam a proporção da quantidade total dos nutrientes contidos nos adubos orgânicos que será disponibilizada nos dois primeiros cultivos após a aplicação, considerando a produção de espécies anuais de grãos ou forrageiras ou ciclos de crescimento de espécies perenes. O uso desses adubos em espécies de ciclo muito curto (como algumas olerícolas) ou perenes (caso de espécies florestais ou frutíferas) pode requerer ajustes nos valores desses índices. Para

as olerícolas e outras espécies de ciclo muito curto, considerar como prontamente disponível a fração mineral do N total presente nos adubos orgânicos, cuja proporção está indicada na segunda nota de rodapé da Tabela 9.1. Já para as espécies florestais, frutíferas e demais culturas perenes, considerar o índice de eficiência obtido pela soma dos dois cultivos indicados na Tabela 9.5, de acordo com o tipo de adubo orgânico a ser utilizado.

Tabela 9.5. Valores médios de eficiência agronômica dos nutrientes de diferentes adubos orgânicos aplicados no solo em dois cultivos sucessivos (culturas anuais de grãos ou ciclos de crescimento de forrageiras)

Adubo orgânico	Nutriente ⁽¹⁾	Índice de eficiência	
		1º cultivo	2º cultivo
Cama de frango	N	0,5	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Esterco sólido de suínos	N	0,6	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Esterco sólido de bovinos	N	0,3	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Dejeto líquido de suínos	N	0,8	-
	P	0,9	0,1
	K	1,0	-
Dejeto líquido de bovinos	N	0,5	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Cama sobreposta e composto de dejetos de suínos ⁽²⁾	N	0,2	-
	P	0,7	0,3
	K	1,0	-
Outros resíduos orgânicos ⁽³⁾	N	0,5	0,2
	P	0,7	0,2
	K	1,0	-
Lodo de esgoto e composto de lixo	N	0,2	-

⁽¹⁾ Nutrientes totais (mineral + orgânico);

⁽²⁾ Considerando como substrato a maravalha e/ou, a serragem;

⁽³⁾ Outros adubos orgânicos podem apresentar valores distintos conforme a concentração e forma dos nutrientes presentes no adubo.

A fração mineral dos nutrientes presentes inicialmente nos estercos sólidos e nos dejetos líquidos e os nutrientes contidos na fração orgânica que serão posteriormente mineralizados no solo, têm o mesmo efeito que os nutrientes contidos em fertilizantes minerais solúveis. Portanto, estão sujeitos às mesmas transformações físicas, químicas e biológicas no solo, tais como insolubilização de P, lixiviação de nitrato, volatilização de amônia, nitrificação, desnitrificação, imobilização microbiana, etc. No caso do K de adubos orgânicos, por ele não fazer parte de nenhum composto orgânico que necessite de mineralização microbiana, torna-se inteiramente disponível no primeiro cultivo.

Os índices de eficiência dos nutrientes (Tabela 9.5) evidenciam que os estercos sólidos e os dejetos líquidos de suínos, cujos animais são alimentados com rações concentradas, apresentam maior disponibilidade inicial de nutrientes às plantas do que os estercos sólidos e os dejetos líquidos de bovinos, alimentados principalmente com volumosos ou criados a pasto. Isso também ocorre com a cama de frangos, cujos animais são criados na presença de grandes quantidades desse material. A quantidade e a qualidade da cama (formada por maravalha, palha, entre outros) e também o número de lotes de frangos criados sobre ela afetam a quantidade e a disponibilidade de nutrientes destes adubos orgânicos.

9.3 - CÁLCULOS DA QUANTIDADE DE NUTRIENTES E DOSES DE ADUBOS ORGÂNICOS

A dose dos adubos orgânicos deve ser definida de modo a fornecer a quantidade de nutrientes disponíveis prevista nas recomendações de correção e manutenção da fertilidade do solo, além de suprir a demanda de nutrientes das culturas em função da sua expectativa de rendimento. A quantidade de nutrientes a ser aplicada pode ser consultada no Capítulo 6 deste Manual. Para tanto, devem ser considerados os teores de matéria seca e de nutrientes e o índice de eficiência agronômica do adubo orgânico. Para os adubos orgânicos listados na Tabela 9.1, à exceção dos dejetos líquidos, a dose necessária para fornecer as quantidades disponíveis (QD) de N, P₂O₅ e K₂O, em kg/ha, é calculada pela equação:

$$A = QD / ((B/100) \times (C/100) \times D)$$

em que: A é a dose do adubo orgânico a ser aplicada ao solo, em kg/ha; B é o teor de matéria seca do adubo orgânico, em %; C é o concentração

do nutriente na matéria secada adubo orgânico, em %; e, D é o índice de eficiência agronômica de cada nutriente, indicado na Tabela 9.5, aplicável conforme o cultivo (1º e 2º). Os valores das concentrações de nutrientes apresentados na Tabela 9.1, são indicados como referência, caso não se disponha da análise do adubo orgânico a ser utilizado. Caso seja realizada a análise do adubo e os teores de nutrientes estejam expressos em base úmida, não se faz necessário utilizar o termo “B/100” da equação. Assim, para os dejetos líquidos, a dose necessária de adubo orgânico para fornecer as quantidades disponíveis (QD) de N, P₂O₅ e K₂O é calculada pela equação:

$$A = QD/(C \times D)$$

em que: A é a quantidade do adubo orgânico a ser aplicado ao solo, em m³/ha; C é a concentração do nutriente do adubo orgânico, em kg/m³; e, D é o índice de eficiência de cada nutriente indicado na Tabela 9.5, aplicável conforme o cultivo (1º ou 2º). Os valores da Tabela 9.5 são índices médios oriundos da compilação de resultados de vários trabalhos de pesquisa.

9.4 - USO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA ASSOCIADA COM A MINERAL

O uso conjunto de adubos orgânicos e fertilizantes minerais permite otimizar o aproveitamento e o equilíbrio no fornecimento dos nutrientes para as culturas. Isso porque, geralmente, é necessário complementar a adubação orgânica com fertilizantes minerais, pois a proporção dos nutrientes nos adubos orgânicos, muitas vezes, é diferente da demanda das plantas ou da necessidade de correção do solo.

O uso combinado de adubos orgânicos e fertilizantes minerais deve ser planejado de acordo com um programa de adubação que visa otimizar a contribuição de ambos no fornecimento dos nutrientes indicados para as culturas do sistema. Para isso, deverão ser consideradas as necessidades das plantas e as características referentes à adubação orgânica. Recomenda-se a escolha da dose do adubo orgânico necessária para fornecer o nutriente que demanda a menor quantidade do adubo orgânico, completando-se com fertilizantes minerais a quantidade dos demais nutrientes, para atingir a recomendação prevista. Desta maneira, evita-se o aporte de nutrientes ao solo em quantidades maiores do que as demandadas pelas plantas, o que pode promover, em longo prazo, poluição ambiental, em função do acúmulo excessivo de nutrientes no solo.

Um exemplo de cálculo da adubação orgânica associada com a adubação mineral está apresentado no anexo 1.

9.5 - MANEJO DOS ADUBOS ORGÂNICOS

Sempre que possível, os adubos orgânicos devem ser aplicados ao solo imediatamente antes da semeadura, plantio, ou da fase de maior demanda de nutrientes em uma cultura perene. Isso possibilita melhor aproveitamento dos nutrientes, minimizando as perdas por escoamento superficial e, ou, por lixiviação de nitrato. Para diminuir as perdas de N por volatilização de amônia, os adubos orgânicos devem ser aplicados em dias com temperatura baixa e, ou, anteriormente a uma chuva de baixa intensidade ou irrigação. A maior perda de amônia ocorre durante e nas primeiras horas após a aplicação dos adubos orgânicos na superfície do solo. A injeção dos dejetos líquidos no solo, através de máquinas especialmente desenvolvidas para esse fim, tem se mostrado um método eficiente de aplicação, por controlar as perdas de N por volatilização e de carbono e nutrientes por escoamento superficial.

Como a maioria dos adubos orgânicos com alta relação C/N não supre as quantidades adequadas de N para o crescimento e para a obtenção de altos rendimentos com muitas culturas, normalmente há necessidade de utilizar fertilizantes minerais nitrogenados para complementar a necessidade das plantas. Em se tratando de espécies leguminosas, não se recomenda a adubação com resíduos orgânicos com alto teor de N, uma vez que estas plantas apresentam capacidade de fixar este nutriente do ar em associação simbiótica com bactérias. Em um sistema de rotação de culturas, deve-se aplicar o adubo orgânico no cultivo de cereais e cultivar a leguminosa em sucessão, para aproveitamento do efeito residual.

O adubo orgânico sólido deve ser armazenado preferencialmente com baixo teor de umidade e em locais cobertos, para evitar perdas de amônia por volatilização e de nitrato e de K por lixiviação. Para os dejetos líquidos, deve-se evitar a entrada da água de chuva nas esterqueiras e o desperdício de água de lavagem dos estábulos e de bebedouros, para não diluir excessivamente o dejetos. Preferencialmente, o teor de matéria seca deve ser mantido acima de 5% para os dejetos líquidos de suínos e acima de 8% para os dejetos líquidos de bovinos.

O uso continuado de adubos orgânicos pode melhorar, no médio/longo prazo, as propriedades físicas do solo (porosidade, infiltração e capacidade

de retenção de água, estabilidade de agregados e estrutura do solo, etc.) e alguns atributos químicos (CTC, teores de P e matéria orgânica, etc.). Porém, a aplicação de adubos orgânicos em doses superiores à demanda das culturas, proporciona os mesmos problemas ambientais que são decorrentes do uso excessivo de fertilizantes minerais, principalmente aqueles devidos à lixiviação de nitrato e o transporte de P para os cursos e reservatórios superficiais de água.

Muitos adubos orgânicos de origem animal também podem apresentar teores elevados de alguns micronutrientes (Fe, Zn, Cu), que são acrescentados à ração e que podem se acumular no solo, devido a sua baixa extração pelas plantas. Ainda, os adubos derivados de lodo de esgoto, composto de lixo urbano ou de resíduos industriais podem apresentar metais pesados indesejáveis para a cadeia alimentar (Tabela 9.2). Neste caso, o uso destes resíduos deve obedecer às legislações pertinentes (Resolução CONAMA 375/2006 e Instruções Normativas MAPA 25/2009 e 27/2006). Os adubos orgânicos devem receber manejo ou tratamento adequado conforme previsto nas legislações ambientais e sanitárias visando à redução da carga de organismos patogênicos potencialmente nocivos à saúde humana e ao ambiente (fungos, bactérias, vírus, helmintos). O manejo e a aplicação dos dejetos devem ser sempre precedidos da adoção de equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados, evitando-se, sobretudo, o contato direto dos resíduos com partes do corpo dos trabalhadores.

9.6 - ADUBAÇÃO ORGÂNICA E AGRICULTURA ORGÂNICA

A adubação orgânica se refere a aplicação ao solo de adubos orgânicos, constituídos por materiais de origem vegetal, animal, urbana e, ou industrial, como os citados na Tabela 9.1, bem como a utilização de adubos verdes. Já a agricultura orgânica corresponde a um conjunto de métodos de produção, alternativo à agricultura convencional. A agricultura e a produção de alimentos orgânicos são normatizadas (Lei 10.831, de 23 de dezembro de 2003, Decreto Nº 6.323 de 27 de dezembro de 2007, Decreto Nº 7.794 de 20 de agosto de 2012 e Instrução Normativa nº 13 de 28 de maio de 2015) e podem limitar o uso de insumos e agrotóxicos para caracterizar a obtenção de um produto que possa ser rotulado como “orgânico”. Em geral, nesse tipo de agricultura, não é permitido o uso de fertilizantes minerais industrializados (solúveis) e a adubação orgânica se torna uma forma regular de fornecimento dos nutrientes às plantas.

O uso de adubação orgânica isoladamente na produção de alimentos não assegura a obtenção de um produto “orgânico”. Há órgãos que realizam a certificação de produtos oriundos da agricultura orgânica, cada qual com suas normas e definição dos insumos permitidos e/ou proibidos. Assim, interessados nesse tipo de produção devem buscar informações junto a técnicos ou órgãos certificadores ligados ao setor.

9.7 - ANÁLISE DE MATERIAIS ORGÂNICOS E DE RESÍDUOS DIVERSOS

Os macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) são determinados da mesma forma que em tecido de plantas (Capítulo 4), desde que os teores sejam inferiores à solubilidade dos respectivos sais. A presença de terra nesses materiais dificulta a digestão ácida das amostras em bloco digestor utilizado nas análises de tecido de plantas. A determinação dos elementos metálicos (Cu, Zn, Mn, Cd, Ni, Cr, etc.) pode ser feita alternativamente em placa quente, utilizando-se copos de beaker (formato alto, de 250 mL), com H₂O₂ e ácidos nítrico e clorídrico, conforme metodologia proposta pela USEPA (1996 - método 3050). P, K, Ca e Mg podem ser também determinados no mesmo extrato. Essa metodologia pode também ser utilizada para determinação dos teores “totais” desses elementos em solos e sedimentos.



Capítulo **10**

CALAGEM E ADUBAÇÃO E A QUALIDADE AMBIENTAL

Atualizado por:

Pedro Alexandre Varella Escosteguy
Luciano Colpo Gatiboni
Rodrigo da Silveira Nicoloso
Gustavo Brunetto
Leandro Souza da Silva
Henrique Bley

A sustentabilidade da produção agrícola pressupõe a utilização de práticas de manejo de solo que contribuam para a produtividade e a lucratividade dos cultivos, mas que também preservem a qualidade ambiental e as condições de vida do produtor. Além disso, as práticas de manejo de solo devem estar em conformidade com os padrões de qualidade de vida da sociedade atual, cuja tendência é de eliminar ou reduzir a exposição a substâncias que causem ou que se suspeita que causem problemas de saúde humana.

Embora a agricultura contribua para a melhoria da qualidade de vida e ambiental, o uso inadequado de algumas práticas agrícolas pode degradar a qualidade do solo, provocando erosão, escoamento superficial de água e/ou adicionando substâncias químicas, que podem contaminar plantas, animais, a atmosfera e as águas superficiais e subterrâneas. O termo contaminação é, muitas vezes, equivocadamente utilizado como sinônimo de poluição. Neste Capítulo, contaminação implica que a concentração de uma substância química é maior que a sua concentração

natural ou que o valor de referência de qualidade da substância.

Assim, serão discutidos os principais contaminantes ambientais, associados à adubação dos solos agrícolas. Eles foram relacionados com algumas práticas de calagem ou adubação, com normas ou legislação ambiental e/ou as condições do solo, que devem ser consideradas para amenizar ou evitar impactos negativos no ambiente. Entre os contaminantes ambientais, foram priorizados os nutrientes (N, P, Zn e Cu) e os metais e metalóides tóxicos ou elementos traços, devido a maior associação aos corretivos, fertilizantes, adubos orgânicos e condicionadores agrícolas, em detrimento a outros tipos de contaminantes (defensivos, combustíveis, compostos voláteis ou solventes, irrigação com águas salinas ou sódicas, enteropatogênicos, etc), os quais também devem ser objeto de atenção.

Alguns dos elementos químicos essenciais às plantas, comumente adicionados com fertilizantes, quando em excesso no solo, podem causar impactos ambientais. Em solos agrícolas, o N e o P são os nutrientes que mais preocupam em termos ambientais, seguidos do Cu e do Zn, enquanto que o excesso dos demais nutrientes (K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cl, Mo e B), geralmente, é menos provável e/ou tem efeitos menos impactantes ao ambiente. Outros metais não nutrientes, conhecidos por elementos traços, são considerados tóxicos e podem ser adicionados ao solo com a aplicação de fertilizantes, corretivos e resíduos orgânicos. Os impactos ambientais podem ocorrer *in loco*, ou seja, no solo adubado ou corrigido com estes insumos, como também podem ocorrer em decorrência da transferência dos nutrientes para outros ambientes, como os aquáticos, a atmosfera ou na cadeia trófica. Assim, a utilização destes insumos deve ser feita de maneira racional, evitando excessos desnecessários.

As sugestões de calagem e de adubação que constam neste Manual têm como objetivos ajustar os valores dos atributos químicos do solo para minimizar a ocorrência de fatores restritivos ao crescimento das plantas, como a toxidez por Al; e ajustar os teores dos nutrientes do solo em concentrações consideradas adequadas às expectativas de produção vegetal. Exceto o N, o sistema de adubação sugerido neste Manual consiste em ajustar o teor dos nutrientes do solo em valores maiores que o teor crítico, isto é, na classe de disponibilidade denominada “Alto” (Capítulo 6). Assim, quando o teor do nutriente no solo for menor que o teor crítico, são recomendadas doses de nutrientes que possam elevar o teor no solo e, quando os teores forem classificados como “Muito alto”, as doses recomendadas

serão menores que a necessidade das culturas, já que o objetivo será reduzir o teor no solo até que este se enquadre na classe “Alto”, onde se tem a máxima resposta econômica da adubação e não há riscos ambientais consequentes da adubação. Já a classe “Muito alto”, que inicia quando o solo apresenta o dobro do teor crítico, nem sempre implica que a concentração do nutriente possa ter consequências danosas para a cultura, ao ambiente ou aos seres vivos; ela indica apenas que os teores dos nutrientes no solo são maiores que a demanda das plantas, mesmo com altas produtividades e, assim, as chances de resposta à aplicação do nutriente são praticamente nulas. Por isso, no sistema de recomendação, as doses de nutrientes sugeridas para classe “Muito alto” são baixas ou inexistentes.

Entretanto, a classe “Muito alto” não tem limite superior e, quando a adição de nutrientes for excessiva e os teores do solo forem muito maiores que os considerados críticos para a produção vegetal (Capítulo 6), a partir de um determinado teor, o risco de dano ambiental aumenta sensivelmente. Esse teor no solo pode ser considerado como um limite crítico ambiental (LCA) e está associado ao risco de transferência dos nutrientes do solo para outros compartimentos (águas, atmosfera e seres vivos). Assim, o LCA pode indicar o risco de transferência de um nutriente para as águas e o risco de impactos ambientais, como a eutrofização dos mananciais hídricos ou a contaminação de águas subterrâneas. O LCA dos nutrientes comumente aplicados com fertilizantes em solos agrícolas ainda não foi suficientemente estabelecido no âmbito dos Estados do RS e SC, embora os limites de alguns micronutrientes (Cu, Zn e Mo), de Co ou de outras substâncias inorgânicas, eventualmente presentes em corretivos e fertilizantes, já estão estabelecidos nacionalmente (BRASIL, 2009b) e no Rio Grande do Sul (FEPAM, 2014) (ver item 10.3). Em Santa Catarina, o LCA para fósforo (LCA-P) foi recentemente estabelecido (FATMA, 2014), a partir de uma primeira aproximação destes limites proposta por Gatiboni et al. (2014), que estabeleceram o LCA-P para solos que recebem aplicações frequentes de dejetos de suínos (ver item 10.2).

10.1 NITROGÊNIO

Apesar do N ser um dos nutrientes mais estudados devido ao seu elevado potencial de impacto ambiental, que pode ocorrer devido às rápidas transformações e perdas deste nutriente do solo, não existe atualmente no Brasil indicadores de LCA deste nutriente. Como mais de 90% do N do

solo está associado à matéria orgânica do solo, os teores de N total não se constituem bons indicadores de risco ambiental. As iniciativas de estabelecimento de LCA para o N são, portanto, baseadas nas formas reativas mais abundantes deste nutriente no solo, como o N na forma de nitrato. No Canadá (Estado de Manitoba), a Lei de Proteção das Águas (2008) estabelece que a adubação nitrogenada deve ser planejada de modo que a quantidade residual de N-nitrato na camada 0 a 60 cm do solo, ao final do ciclo das culturas, não seja maior do que 33 a 157 kg/ha, dependendo das classes de uso do solo e das culturas. Na Europa, a “Nitrates Directive 91/676/EEC” não estabelece limites de nitrato no solo, mas proíbe a aplicação de dejetos ou estercos durante o inverno; e limita as doses destes resíduos em até 170 a 250 kg/ha de N (de acordo com o país), em áreas identificadas como vulneráveis à contaminação do lençol freático por nitrato. O objetivo da legislação europeia é evitar que o teor de nitrato nas águas subterrâneas atinjam o limite crítico de 50 mg/L (Van Grinsven et al., 2012). No Brasil, a Resolução CONAMA 420/2009 estabelece em 10 mg/L o teor limite de N-nitrato em águas subterrâneas, mas é omissa quanto a limites de aplicação de nitrogênio em solos agrícolas.

De maneira complementar, os países membros da União Europeia também têm estabelecido programas nacionais de controle da poluição atmosférica a fim de reduzir as emissões de amônia e óxido nitroso de origem agropecuária. Estes programas se baseiam na adoção de boas práticas de manejo e aplicação de fertilizantes nitrogenados, tais como a acidificação e injeção de dejetos líquidos no solo, incorporação de estercos e fertilizantes minerais sólidos, uso de inibidores de urease e da nitrificação, aplicação de doses parceladas, controle da irrigação e verificação das condições de clima e de solo no momento da aplicação (UNECE, 2014). No Brasil, trabalhos realizados no RS e SC têm demonstrado que a aplicação dos dejetos líquidos de suínos em sulco, em detrimento da aplicação na superfície do solo, pode reduzir em 70% as perdas de N por volatilização de amônia, enquanto que a adição de inibidor de nitrificação dicianodiamida pode reduzir a emissão de óxido nitroso do solo de 28 até 66%, quando os dejetos são aplicados em superfície ou injetados no solo, respectivamente (Aita et al., 2014).

10.2 - FÓSFORO

Ao serem seguidas as sugestões deste Manual, os teores dos nutrientes no solo não devem atingir valores de risco ambiental. Contudo, é

possível que em algumas culturas, como as hortaliças, de elevada exigência em nutrientes e, portanto, com recomendação de doses altas de fertilizantes, e com cultivos frequentes, os teores dos nutrientes no solo possam ser muito elevados. Isso pode ocorrer em função do histórico de uso desses solos, principalmente, da adubação fosfatada. Assim, para as hortaliças, a adubação com P ou K deve ser suprimida quando os teores de P ou K do solo forem maiores que três vezes o teor crítico para a cultura (Capítulo 6.3).

Para áreas com adições frequentes de dejetos líquidos de suínos, Gatiboni et al. (2014) desenvolveram um método que possibilita calcular o teor máximo de P disponível na camada de 0 a 10 cm do solo que pode ser admitido a fim de que os riscos de transferência deste nutriente para ambientes aquáticos sejam minimizados. Esse limite de P, considera o teor de argila do solo e a seguinte equação:

$$\text{LCA-P} = 40 + \% \text{argila}$$

em que: *LCA-P* é o teor máximo de P na camada de 0 a 10 cm do solo pelo método Mehlich-1 e expresso em mg/dm³ que pode existir no solo; e *%argila* é o teor de argila na camada de 0 a 10 cm do solo, determinado pelo método do densímetro.

De acordo com esta proposta, os solos arenosos são mais sensíveis à aplicação de altas doses de nutrientes e, para esses solos, o LCA-P representa em torno de duas vezes o teor crítico às plantas, dependendo do teor de argila e da cultura considerada. Por outro lado, os solos argilosos suportam quantidades maiores de P, podendo o LCA-P ser de até dez vezes o teor crítico às plantas, dependendo do teor de argila e da cultura considerada. Essa metodologia é atualmente utilizada pela Fundação de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (FATMA, 2014), para a classificação de risco ambiental dos solos com aplicação de dejetos de suínos. Os autores ressaltam, porém, que o método é uma proposta incipiente, que carece de calibração de campo mais intensa e a inclusão no modelo de outros fatores determinantes da transferência de P para o ambiente, como a declividade do solo, entre outros.

10.3 - MICRONUTRIENTES E OUTROS ELEMENTOS TRAÇOS

Neste Capítulo, os micronutrientes (B, Zn, Cu, Mn, Ni e Mo) também são referidos como elementos traços, pois são, de maneira geral, presentes em baixa concentração no solo, água, ar e plantas. Embora essenciais

para o crescimento de plantas, animais ou seres humanos, em concentrações elevadas, isto é, em solo contaminado, estes elementos podem causar efeitos adversos ao crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais (fitotoxicidade por Cu, Ni, Zn e B), animais (Mo) e organismos aquáticos (Cu, Zn e Ni), além de limitarem a absorção de outros nutrientes pelas plantas, quando causam antagonismo, diminuindo a produtividade das culturas agrícolas. Esses nutrientes e outros elementos traços, como metais e metalóides tóxicos, principalmente cádmio (Cd), arsênio (As), chumbo (Pb), cromo (Cr), selênio (Se) e cobalto (Co), quando adicionados em excesso ao solo, podem contaminar alimentos e causar impactos em organismos aquáticos e terrestres, cuja importância e preocupação têm sido crescente nos últimos anos. Contudo, esses elementos estão presentes em um número elevado de materiais utilizados no nosso cotidiano, ou seja, a ocorrência não é restrita a corretivos e fertilizantes, ou outros tipos de produtos aplicados no solo. Assim, eles são adicionados aos sistemas terrestres e aquáticos por diversas fontes, como tintas, mineração, combustão veicular e resíduos urbanos e industriais. Geralmente, os solos urbanos podem ter maior concentração desses elementos que os solos agrícolas, principalmente devido à maior proximidade com essas e outras fontes de contaminação.

A contaminação do solo com micronutrientes ou elementos traços pode ocorrer quando os mesmos estiverem presentes em resíduos descartados ou aplicados como condicionadores do solo em doses elevadas e por muitos anos, como estercos de animais alimentados com ração contendo As ou Cu, resíduos, biossólidos, fertilizantes orgânicos de baixa qualidade, etc. O uso inadequado destas fontes também pode contaminar plantas, alimentos, águas superficiais e subterrâneas.

Em alguns cultivos onde o Cu ou o Zn são usados como defensivos, como por exemplo na videira, pode ocorrer acúmulo desses elementos no solo. Não existem muitos trabalhos regionais que tenham avaliado os LCA de Cu e de Zn, ou mesmo teores tóxicos às plantas destes elementos. Alguns trabalhos, como os de Brunetto et al. (2014) e Couto et al. (2014), indicam que, em solos cultivados com algumas frutíferas, especialmente a videira, após longo histórico de aplicação de fungicidas com Cu e Zn em sua composição, esses metais são acumulados nas camadas superficiais do solo; o Cu preferencialmente é acumulado na fração orgânica e o Zn na fração mineral ou residual, de baixa mobilidade geoquímica. Porém, também ocorre incremento de Cu e Zn na solução do solo e na fração trocável,

formas de maior mobilidade, potencializando o risco de contaminação ou de poluição de águas subsuperficiais, especialmente em solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica, como aqueles localizados na região da Campanha do RS. Nesses solos, teores aproximados entre 30 e 60 mg/kg de Cu (extraídos por Mehlich 1) podem reduzir a produção de massa seca de plantas de cobertura, como a aveia preta, e também podem ser tóxicos para as videiras jovens. Já em solos argilosos da região da Serra Gaúcha, somente teores entre 100 e 150 mg/kg de Cu (extraídos por Mehlich 1) produzem os mesmos efeitos negativos. Para Zn, teores maiores que 60 mg/kg, tanto em solos arenosos quanto em argilosos, tendem a ser tóxicos para plantas de cobertura e videiras jovens. Contudo, ressalta-se que os teores máximos de Cu e Zn em vinhedos reportados anteriormente são meramente indicativos e são necessários mais estudos para o estabelecimento de LCA.

Outras fontes de adição de elementos traços ao solo são os calcários e o gesso agrícolas, mas estes contêm concentrações baixas de substâncias inorgânicas tóxicas, como o As, Cd e Pb. Para registro desses produtos no MAPA, os teores máximos dos dois últimos metais são limitados a 20 e 1.000 mg/kg, respectivamente (Capítulo 8, item 8.1.2; Brasil, 2006). Por outro lado, ainda não foram estabelecidos no Brasil os limites de As em corretivos de acidez e em gesso, cujos teores podem variar entre 0,3 a 5,1 mg/kg (calcários) e de 0,2 a 3,4 mg/kg (gesso) (Pierzynski et al., 2000). Além disso, estes produtos podem conter Ni, Cr e Se, cujo limite máximo ainda não foi estabelecido no país. Contudo, a concentração destes contaminantes geralmente é baixa (menor que 0,01%), ou pode ser inexistente, tanto em calcários como no gesso. Ainda, esses elementos tóxicos podem ser insolubilizados em solo com adição de calcário, devido a elevação do pH, o que ameniza eventuais impactos ambientais.

A concentração de elementos traços em corretivos e fertilizantes é limitada por normas legais, porém não há regulamentação do Ministério da Agricultura que estabeleça as doses máximas de uso desses produtos. Geralmente, fatores econômicos e técnicos limitam a aplicação dos fertilizantes e corretivos na agricultura, porém o uso continuado desses insumos em áreas agrícolas, mesmo contendo elementos traços nas concentrações permitidas, pode proporcionar teores tóxicos às plantas, aos animais e ao homem. Algumas matérias primas de fertilizantes minerais podem ter elementos traços na sua constituição, como por exemplo, o Cd nas rochas fosfáticas e o As em fosfato diamônio, este pode ocorrer em teores de 6 a 92 mg/kg. Por isso tudo, as matérias primas importadas, com maior risco, devem vir

acompanhadas dos laudos de análise da origem e monitoradas pelos importadores e pela indústria brasileira.

Os limites de elementos traços admitidos para os corretivos, condicionadores de solo, fertilizantes orgânicos e substratos agrícolas constam na Tabela 10.1. Para os fertilizantes minerais constituídos de P ou micronutrientes, os limites são estabelecidos proporcionalmente aos teores de P e a soma dos micronutrientes.

Tabela 10.1 Limites máximos de elementos traço admitidos em alguns insumos agrícolas

Elemento	Corretivos	Fertilizantes orgânicos	Condicionadores de solo e substrato para plantas
..... mg kg ⁻¹			
Cádmio	20	3,0	8,0
Chumbo	1.000	150,0	300,0
Arsênio	— ⁽¹⁾	20,0 ⁽²⁾	20,0
Cromo	—	2,0 ⁽²⁾	500,0
Mercúrio	—	1,0	2,5
Níquel	—	70,0	175,0
Selênio	—	80,0	80,0

⁽¹⁾ — não estabelecido; ⁽²⁾ cromo hexavalente (Cr^{6+}).

Fonte: BRASIL (2006). IN N° 27, de 2006, alterada pela IN N° 7, de 2016.

O limite admitido de Cr nos substratos para plantas é considera o teor total ($\text{Cr}^{3+} + \text{Cr}^{6+}$). Para os fertilizantes orgânicos e condicionadores do solo o limite é restrito a forma hexavalente (Cr^{6+}). A presença de elementos potencialmente tóxicos nos insumos orgânicos ocorre, principalmente, pelo uso de matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, em que estes elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo. Nesse caso, não compete unicamente ao MAPA aprovar os produtos, como ocorre na compostagem de resíduos agropecuários, cama de aves e estercos de animais. Para que os resíduos industriais sejam usados na agricultura de forma segura, é necessário o parecer do órgão ambiental ou a sua previsão na licença ambiental do estabelecimento produtor (Brasil, 2009).

10.3.1 - Valores de referência de elementos traços

A maior parte dos elementos traços adicionados ao solo é adsorvida na superfície de compostos orgânicos ou de minerais amorfos, ou podem precipitar, formar complexos organometálicos com minerais e óxidos, diminuindo a solubilidade no solo e o risco de contaminação ambiental, principalmente em solos argilosos. Embora a possibilidade de exposição dos organismos a altas concentrações destes

elementos seja incomum, o risco de contaminação preocupa quando as doses aplicadas e as concentrações no solo são elevadas. Nesse contexto, a legislação ambiental brasileira estabeleceu valores máximos de substâncias químicas presentes no solo ou na água e que orientam os órgãos ambientais, para a regulação das atividades antrópicas, incluindo a agricultura. Os valores orientadores de elementos traços, em solos e águas do Brasil, foram publicados na resolução Conama N°420/2009 (Brasil, 2009). Essa resolução criou três tipos de valores orientadores, o valor de referência de qualidade (VRQ); o de prevenção (VRP) e o de intervenção (VRI). O VRQ é a concentração de uma substância que define a qualidade ambiental do solo, isto é, a concentração natural, e deve ser definido pelo órgão estadual. No RS, esses valores foram recentemente estabelecidos para nove elementos traços (Tabela 10.2); enquanto que, no Brasil, o VRP e o VRI foram definidos pela Resolução N°420/2009 do Conama (Tabela 10.3). O VRP é a concentração máxima de um elemento no solo, em que ele ainda pode ser utilizado para as suas funções principais, como por exemplo, o cultivo de plantas, em solos agrícolas. Caso o teor do elemento for maior que o VRQ, mas menor que o VRP, isso indica que o solo não está contaminado. O VRI corresponde à concentração de um elemento acima do qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos a saúde humana, isto é, indica que o solo está contaminado e varia de acordo com o uso do solo (agrícola, residencial ou industrial) (Tabela 10.3). Esses valores são determinados com os métodos de análise química utilizados pela agência ambiental norte-americana, identificados como USEPA 3050B ou USEPA 3051A.

Tabela 10.2. Valores de referência de qualidade (VRQ) de elementos traços, em solos de províncias geomorfológicas do Rio Grande do Sul.

Elemento	Planalto	Escudo Sul-Riograndense	Depressão Periférica	Planalto, Escudo Sul-Riograndense, Depressão Periférica – (Arenito)	Planície Costeira
.....mg/kg.....					
Cádmio	0,59	0,40	0,38	0,42	0,36
Chumbo	36	18	19	16	27
Cobalto	75	13	8	7	29
Cobre	203	9	13	11	37
Cromo	94	40	25	21	27
Mercurio	0,073	0,034	0,043	0,015	0,105
Níquel	47	12	10	7	11
Vanádio	567	48	56	76	177
Zinco	120	31	31	29	33

Fonte: Adaptado da Portaria FEPAM N°85/2014.

Tabela 10.3. Valores de referência de prevenção (VRP) e de investigação (VRI) de elementos traços, em solos brasileiros.

Elemento	VR de prevenção	VR de investigação
..... mg/kg		
Antimônio	2	5
Arsênio	15	35
Bálio	150	300
Cádmio	1,3	3,0
Chumbo	72	180
Cobalto	25	35
Cobre	60	200
Cromo	75	150
Mercurio	0,5	12
Molibdênio	30	50
Níquel	30	70
Prata	2	25
Zinco	300	450

Fonte: Adaptado da Resolução Conama nº 420/2009.

10.3.2 - Análise de elementos traços

A análise elementos traços do solo inclui a determinação dos teores considerados “ambientalmente disponíveis” ou teores semi-totais das amostras de solos. Os teores podem ser expressos em mg/kg ou em µg/kg. O diagnóstico ambiental do solo consiste em comparar os teores dos elementos traços com os valores de referência de qualidade, que são estabelecidos em legislação nacional ou estadual.

Durante as últimas décadas, vários métodos de análises químicas foram desenvolvidos para a extração de elementos traços de solos, como os extratores ácidos, denominados Água-régia ($\text{HNO}_3 + \text{HCl}$) e os procedimentos descritos nos métodos USEPA 3050B e USEPA 3051A. Esses últimos têm sido utilizados pela agência ambiental norte-americana desde o final da década de 1990. No final da década de 2010, os métodos USEPA 3050B e USEPA 3051A foram incluídos na resolução do Conama, que criou os valores de referência de elementos, em solos e águas (Brasil, 2009). Em conformidade com o Conama, no estado do RS os valores de referência de qualidade, recentemente estabelecidos para nove elementos traços, também foram extraídos com estes métodos (FEPAM, 2014).

Os extratores ácidos utilizados nestes métodos solubilizam as substâncias orgânicas, os óxidos e outras frações minerais, com exceção de

minerais silicatados. Assim, como estes minerais estão presentes em praticamente todos os solos, os teores extraídos não representam os teores totais e, por isso, são referidos como “semi-totais”. São considerados os teores ambientalmente disponíveis pela agência ambiental norte-americana e também pela legislação ambiental brasileira. Contudo, ainda são incipientes os estudos em solos brasileiros que avaliem esta premissa.

No método USEPA 3050B, a digestão da amostra com $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ é em chapa com aquecimento; enquanto que no método USEPA 3051A a digestão é em forno de micro-ondas. A desvantagem do método USEPA 3050B é o risco de perdas de elementos traços voláteis, a contaminação e o maior tempo de extração, comparativamente ao método USEPA 3051A. Este último, além do menor tempo de digestão, proporciona a dissolução mais completa das amostras. A determinação dos elementos traços extraídos pelos métodos 3050B e 3051A pode ser efetuada com os mesmos equipamentos mencionados para a leitura dos micronutrientes metálicos, em extratos de solos e plantas (Capítulo 4). Quando em concentração muito baixa, na faixa de uma parte por bilhão, a leitura do extrato pode ser espectrofotômetro de absorção atômica com forno de grafite. A leitura de alguns elementos traços, como o Mo, pode requerer chamas com maiores temperaturas, com a mistura do gás acetileno com o óxido nitroso. Para a determinação de alguns elementos, como por exemplo, o Hg, o gerador de hidretos pode ser utilizado com o ICP.

10.4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora questões envolvendo a contaminação do ambiente possam ser associadas ao uso de corretivos e fertilizantes, conforme abordado neste Capítulo, pressupõe-se que o uso adequado das recomendações contidas neste Manual permite a utilização dos insumos em níveis seguros no sentido de não oferecerem riscos ao ambiente e a saúde humana. Em geral, o aumento da ocorrência de áreas com excesso de nutrientes e/ou de elementos tóxicos tem sido associada com o uso indiscriminado de materiais sem a adequada orientação técnica e/ou fiscalização, dado ao caráter difuso da aplicação dos insumos na atividade agropecuária.

Da mesma forma, a contaminação dos reservatórios hídricos também está associada ao uso indiscriminado dos materiais e também ao não atendimento das aptidões dos solos e/ou dos princípios que regem o adequado manejo e conservação dos solos, o que também pode ser originado

da falta de uma orientação adequada e/ou fiscalização.

Nesse contexto, ainda é recente o envolvimento da pesquisa no estabelecimento de limites aceitáveis à segurança ambiental, os quais ainda precisam ser devidamente consolidados, como forma de servirem de subsídios para a elaboração de documentos norteadores pelas agências fiscalizadoras.



Bibliografia

BIBLIOGRAFIA

- AITA, C.; GONZATTO, R.; MIOLA, E.C.C.; SANTOS, D.B.; ROCHELLE, P.; ANGERS, D.A.; CHANTIGNY, M.H.; PUJOL, S.B.; GIACOMINI, D.A. & GIACOMINI, S.J. Injection of dicyandiamide-treated pig slurry reduced ammonia volatilization without enhancing soil nitrous oxide emissions from no-till corn in southern Brazil. *Journal of Environmental Quality*, 43:789-800, 2014.
- ANGHINONI, I; CARMONA, F. C.; GENRO JR, S. A. & BOENI, M. Adubação potássica do arroz irrigado conforme a capacidade de troca catiônica do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 68: 1481-1488, 2013.
- ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; BEN, C. G. & MÜLLER NETTO, J. M. Recomendações de calcário para os solos do Litoral e Vale do Itajaí, Santa Catarina. Florianópolis: EMPASC. 1987. (Dados não publicados)
- ASSOCIAÇÃO RURAL DE SANTA ROSA (Santa Rosa, RS). Projeto de melhoramento da fertilidade do solo de Santa Rosa. Santa Rosa, RS. 1967. 37p.
- ASSOCIAÇÃO SULINA DE CRÉDITO E ASSISTÊNCIA RURAL - ASCAR (Santa Rosa, RS). Projeto de melhoramento da fertilidade do solo de Santa Rosa - relatório do 1º semestre de 1968. Santa Rosa, RS, 1968. 20p.
- BACKES, F.A.A.L.; BARBOSA, J.G.; CECON, P.R.; GROSSI, J.A.S.; BACKES, R. & FINGER, F.L. Cultivo hidropônico de lisianto para flor de corte em sistema de fluxo laminar de nutrientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(11):1561-1566, 2007.
- BARBOSA, J.G.; KAMPF, A.N; MARTINEZ, H.E.P.; KOLLER, O.C. & BOHNEN, H. Chrysanthemum cultivation in expanded clay. I. Effect of the nitrogen-phosphorus-potassium ratio in the nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*, 23(19):1327-1336, 2000.
- BARCELLOS, L. A. R. Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos. Santa Maria: Departamento de Solos, CCR, UFSM, 1992. (Dissertação de Mestrado)
- BORTOLON, L. & GIANELLO, C. Interpretação de resultados analíticos de fósforo pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 em solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1369-1377, 2008.
- BORTOLON, L. & GIANELLO, C. Disponibilidade de cobre e zinco em solos do sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(3): 647-658, 2009.
- BORTOLON, L. & GIANELLO, C. Multielement extraction from southern Brazilian soils, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43:(12)1615-1624, 2012.
- BRASIL. 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 fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial da União 15/01/2004. 2004. Disponível em:<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>

MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

BRASIL. Instrução Normativa Nº 35, de 4 de julho de 2006. Aprova 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. D.O.U., 12/07/2006 - Seção 1. 2006a

BRASIL. Instrução Normativa Nº 27, de 5 de junho de 2006. Estabelece os limites de concentrações máximas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidas nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes produzidos, importados ou comercializados. D.O.U., 09/06/2006 - Seção 2. 2006b

BRASIL. Instrução Normativa Nº 5, de 23 de fevereiro de 2007. Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais, destinados à agricultura. D.O.U., 01/03/2007 - Seção 1. 2007

BRASIL. 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. D.O.U., 28/07/2009 - Seção 1. 2009

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 420, de 28 de dezembro de 2009b. 16p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm.htm>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial; Murilo Carlos Muniz Veras (Org.) – Brasília: MAPA/SDA/CGAL, 2014. 220 p. 2014a

BRASIL. Decreto Nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014. (Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. D.O.U., 30/12/2014 - Seção 1. 2014b

BRASIL. Instrução Normativa Nº 5, de 10 de março de 2016. Estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. D.O.U., 14/03/2016 – seção 1. 2016.

BRUNETTO, G.; MIOTTO, A.; CERETTA, C.A.; SCHMITT, D.E.; HEINZEN, J.; DE MORAES, M.P.; CANTON, L.; TIECHER, T.L.; COMIN, J.J. & GIROTTI, E. Mobility of copper and zinc fractions in fungicide-amended vineyard sandy soils. Archives of Agronomy and Soil Science, 60:609-624, 2014.

CASTELLANE, P. D. & ARAÚJO, J. A. C. Cultivo sem solo. 4 ed. Jaboticabal: UNESP, 1995. 43p.

CASTRO, C.E.F. et. al. Plantas aromáticas e medicinais (plantas bioativas). Série Reuniões técnicas, 10. In: Reunião técnica de plantas medicinais e aromáticas, 2005, Cuiabá. Plantas aromáticas e medicinais (plantas bioativas). Série Reuniões técnicas, 10. Campinas: Consepa, 2005. p. 1-32.

CEE. Council of the European Communities. Council directive on the protection of the environment and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. Official Journal of the European Communities, nº L181 (29):6-12, 1986.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Norma Técnica P 4.231. Vinhaça: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. São Paulo: CETESB, 2006. 12p.

CFS-RS/SC (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC). Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2 ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128p.

CFS-RS/SC (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC). Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 3 ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1995. 224p.

CIPRANDI, M.A.O.; TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A. & SIQUEIRA, O.J.F. Alteração na recomendação de corretivo para solos dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: Reunião Sulbrasileira de Ciência do Solo, 2. Pelotas, RS. Anais... Pelotas, 1994. p. 40-41.

BIBLIOGRAFIA

- CONAMA. Resolução nº 420/2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas: Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>
- CONCEIÇÃO, F. T. & BONOTTO, D. M. Metais pesados e flúor em fertilizantes fosfatados e corretivos usados no Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29. Solo: Alicerce dos Sistemas de Produção. Ribeirão Preto, SBCS/UNESP, 2003. 4p (CDROM)
- COUTO, R.R.; BENEDET, L.; BRUNETTO, G.; COMIN, J.J.; FILHO, P.B.; MARTINS, S.R.; GATIBONI, L.C.; RADETSKI, M.; VALOIS, C.M. & AMBROSINI, V.G. Accumulation of copper and zinc fractions in vineyard soil in the mid-western region of Santa Catarina, Brazil. Environmental Earth Sciences, 73: 6379–6386, 2015.
- CQFS-RS/SC (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC). Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Porto Alegre: SBCS-Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- DENARDIN, J. E. & KOCHHANN, R. A. Fast no-till adoption in Brazil without subsidies; a successful partnership. In: NORTHWEST DIRECT SEED CROPPING SYSTEMS CONFERENCE 7 TRADE SHOW. Spokane, WA, 1999. p. 77-88
- DURKIN, D.J.R. In: LARSON, R.A. Introduction to Floriculture. 2nd. Ed. San Diego: Academic Press, 1992. Cap. 3, p.67-92.
- EFMA. Guidance for the compatibility of fertilizer blending materials. European Fertilizer Manufacturers' Association. Brussels, Belgium. 2006.
- ERNANI, P. R. & ALMEIDA, J. A. Avaliação de métodos de recomendação quantitativa de calcário para os solos do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC-Curso de Agronomia, 1986. 53p. (Boletim Técnico de Solos, 1)
- FATMA - FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. Instrução Normativa 11 versão outubro/2014. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br>
- FEPAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. Portaria N°85, 2014. Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para nove elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul.
- FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; DEL DUCA, L.J.; RODRIGUES, O.; PIRES, J.L.F.; TEIXEIRA, M.C.C.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; CAIERÃO, E.; OLIVEIRA, J.T.; PAZINATO, A.C.; MALDANER, G.L. & BARBIERI, N.L. Estabelecimento e manejo de cereais de duplo-propósito. In: FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. & FONTANELI, R.S. Eds. Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2012. Cap.5, p.173-218.
- FREEMAN, M.; URIU, K. & HARTMANN, H.T. Diagnosing and correcting nutrient problems. In: Sibbet, G.S. & Ferguson, L. (Eds.), Olive Production Manual. University of California, Agriculture and Natural Resources, Oakland, p. 83–92. 2005
- FREIRE, C. J. DA S. & MAGNANI, M. Adubação e correção do solo. In: RASEIRA, M. do C. B.; PEREIRA, J. F. M. & CARVALHO, F. L. C. (Ed.). Pessegueiro. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 259-281.
- FRESCURA, V. Parâmetros fitoquímicos, genotóxicos e de crescimento de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em diferentes salinidades e doses de nitrogênio. 2014. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- GATIBONI, L.C.; SMYTH, T.J.; SCHIMITT, D.E.; CASSOL, P.C. & OLIVEIRA, C.M.B. Proposta de Limites Críticos Ambientais de Fósforo para Solos de Santa Catarina. UDESC/CAV, Lages-SC. Boletim técnico nº 2, 2014, 38 p. Disponível em: <http://http://www.cav.udesc.br/?id=340>
- GIANELLO, C. & WIETHÖLTER, S. Novo sistema de adubação para as culturas de grãos nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do solo, 5. Resumos expandidos, Florianópolis:SBCS-NRS, 2004. CDROM

MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

- GOEDERT, W. J. & LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solos de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8:97-102. 1984.
- KAMINSKI, J. Fatores de acidez e necessidade de calcário em solos no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1974. 96p. (Dissertação de Mestrado em Agronomia - Solos)
- KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; BARTZ, H. R.; GATIBONI, L. C.; BISSANI, C. A. & ESCOSTEGUY, P. A. V. Proposta de nova equação para determinação do valor de H+Al pelo uso do índice SMP em solos do RS e de SC. In: Reunião Anual da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, 33. Ata... Frederico Westphalen, 2001. p. 21-26.
- KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R. dos; SANTANNA, M.A.; BRUNETO, G.; CASALI, C.A.; TIECHER, T.; TOLEDO, J.A. & FRIES, H. Determinação da acidez potencial dos solos com a solução tampão Sikora como alternativa à solução SMP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÉNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. Anais... Porto Alegre: SBCS, 2007. 1. (CD-ROM).
- KLAMT, E. & SANTOS, M.C.L. Amostragem de solos para recomendação de corretivos e fertilizantes. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Faculdade de Agronomia e Veterinária, 1974. 4p.
- KURTZ, C. & ERNANI, P.R. Produtividade de cebola influenciada pela aplicação de micronutrientes. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 34(1): 133-142. 2010.
- LUDWICK, A. E. Report to the soil fertility - soil testing technical committee. In: SILO soil fertility - Soil Testing Technical Committee Meeting. Rio de Janeiro: USAID/Brasil, 1968. v. 1, p. 63-75.
- MALAVOLTA, E. Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos.. São Paulo: Produquímica, 1994. 153p.
- MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 15:1409-1416, 1984.
- MIELNICZUK, J. & ANGHINONI, I. Avaliação das recomendações de adubo e calcário dos laboratórios oficiais de análise de solos. Trigo e Soja, 15:2-15, 1976.
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A.E. & BOHNEN, H. Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1969a. 29p. (Boletim Técnico, 2)
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. E. & BOHNEN, H. Recomendações de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS - Faculdade de Agronomia, 1969b. 39p. (Boletim Técnico, 2)
- MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A. E.; VOLKWEISS, S.J.; PATELLA, J.F. & MACHADO, M.O. Estudos iniciais de calibração de análises para fósforo e potássio do solo com a cultura do trigo. Porto Alegre: UFRGS/IPEAS, 1969c. 10p.
- MIELNICZUK, J.; RHEINHEIMER, D.S. & VEZZANI, F.M. Interações fertilidade e conservação do solo. In: Fertbio 2000. Resumos expandidos. Santa Maria: UFSM/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 15p. (CDROM)
- MOHR, W. Análises de solos para fins de assistência aos agricultores: sua técnica e interpretação. In: Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 1. Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 1950. p. 185-215.
- MOLIN, J.P. Agricultura de Precisão. Parte II: Diagnósticos, aplicação localizada e considerações agronômicas. Eng. Agric., Jaboticabal, v. 17, n.2, p. 108-121, dez. 1997.
- MOLIN, J.P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. Eng. Agric., Jaboticabal, 22(1): 83-92, 2002.
- MOTOS, J.R. & OLIVEIRA, M.J.G. de. Produção de Crisântemos em Vaso. Artur Nogueira: Flortec, s.d.
- MURDOCK, J.T.; PAVAGEAU, M.; RUCKHEIM FILHO, O.; FRASCA FILHO, A.; FRATTINI, C. & KALCKMANN, R. E. Determinação quantitativa da calagem. Porto Alegre: UFRGS - Faculdade de Agronomia e Veterinária, 1969. Mimeografado. 18p.

BIBLIOGRAFIA

- NABINGER, C; BOLDRINI, I.I.; CARVALHO, P.C.F. & DALL'AGNOL, M. Melhoramento do campo nativo. Porto Alegre: Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia - UFRGS, 2000.15p (não publicado)
- NELSON, W.L.; MEHLICH, A. & WINTERS, E. The development, evaluation and use of soil tests for phosphorus availability. In: PIERRE, W.H.; NORMAN, A.G. (eds.). Soil fertilizer phosphorus. New York: Academic Press, 1953. p. 153-188. (Agronomy Series, 14)
- NICOLODI, M. Indicadores para a tomada de decisão para a calagem no sistema plantio direto. Porto Alegre: UFRGS - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2003.102p. (Dissertação de Mestrado)
- NICOLODI, M.; ANGHINONI, I. & SALET, R.L. Alternativa à coleta de uma secção transversal, com pá-de-corte, na largura da entrelinha, na amostragem do solo em lavouras com adubação na linha no sistema plantio direto. Revista Plantio Direto, 69: 22-28, 2002.
- NICOLODI, M.; SALET, R.L. & BISSO, F.P. Variabilidade da amostragem de solo com trado no sistema plantio direto. In: Fertbio, 2000. Resumos expandidos. Santa Maria:SBCS/UFSM, 2000. (CDROM)
- PATELLA, J.F. Sugestões para adubação: Rio Grande do Sul. Pelotas: UFPEL/IPEAS, 1972. 9p.
- PANDOLFO, C.M. & TEDESCO, M.J. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcário na correção da acidez do solo. Pesquisa Agropecuária Catarinense, 31:753-758, 1996.
- PEDROSA, M.W. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela *Gypsophilapaniculata* L. em cultivo hidropônico. Dissertação de mestrado, UFV, 1998. 70p.
- PIERZYNSKI, G.M.; SIMS, J.T. & VANCE, G.F. Soils and Environmental quality. 2 ed. CRC Press LLC, USA. 2000.
- PUNDEK, M. Revisão de trabalho. pundek@zaz.com.br. Comunicação pessoal. 16 fev. 2000.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.L. Recomendações de adubação e de calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)
- RAIJ, B. van. Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. São Paulo: ANDA, 1988. 88p.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. 1983. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- RECOMENDAÇÕES de adubação: adubos corretivos para fósforo e potássio. Porto Alegre: UFRGS-Faculdade de Agronomia e Veterinária, 1967. 4 f.
- REISENAUER, H.M. (Ed.) Soil and plant tissue testing in Califórnia. Berkeley: University of California, 1983. 56p. (Bulletin 1879)
- REUNIÃO DA REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA - ROLAS, 18, 1986, Passo Fundo. Ata [S.I.: s.n., s.d.] 8p
- ROLAS-RS/SC. Manual de adubação e calagem para cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Trigo e Soja, 56:5-34. 1981.
- SAVVAS, D.; GIANQUINTO, G.; TUZEL, Y. & GRUDA, N. Soil less culture, 12. In: Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops. FAO, Rome: 2013. p. 303-354.
- SCHERER, E. E. Acidez de sete latossolos do Planalto Sulriograndense e avaliação de dois métodos para a determinação de suas necessidades de calagem. Porto Alegre: UFRGS - Departamento de Solos, 1976. 96p. (Dissertação de Mestrado)
- SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para soja em latossolo húmico de Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22:57-62. 1998.
- SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. & DIAS, L. F. X. Caracterização e avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de suínos da Região Oeste Catarinense. Revista Agropecuária Catarinense, 8:35-39, 1995a.

MANUAL DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

SCHERER, E. E. ; BALDISSERA, I. T. & DIAS, L. F. X. Método rápido para determinação da quantidade de fertilizante do esterco de suínos a campo. Revista Agropecuária Catarinense, 8:40-43, 1995b.

SCHLINDWEIN, J.A., & ANGHINONI, I. Tamanho da subamostra e representatividade da fertilidade do solo no sistema plantio direto. Ciência Rural, 32:963-968, 2002.

SHOEMAKER, H.E; McLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. Soil Science Society of American Proceedings, 25:274-277, 1961.

SCHONINGER, E.L.; GATIBONI, L.C. & LINHARES, D. Método Mehlich 3 como substituinte ao HCl para extração de Cobre e Zinco em solos com alto teor de matéria orgânica do sul do Brasil, Ciência Rural, 42(7):1200-1203, 2012.

SIKORA, F.J. A buffer that mimics the SMP buffer for determining lime requirement of soil. Soil Sci. Soc. Am. J., v. 70, p. 474-486, 2006.

SIQUEIRA, O.J.F.; SCHERER, E.E.; TASSINARI, G.; ANGHINONI, I.; PATELLA, J.F.; TEDESCO, M.J.; MILAN, P.A. & ERNANI, P.R. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1987. 100p.

SOSBAI (SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO). Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Bento Gonçalves: Sosbai, 2014. 179p.

TAVEIRA, J.A.; MEDINA, C.L.; ABREU, M.F.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; PIRES, R.C.M. Apostila VII - Curso de manejo de nutrientes em cultivo protegido. Campinas, 209. 203p.

TEDESCO, M. 1987. Orientação aos laboratórios da ROLAS para a implantação do método de determinação da argila por densímetro. IN: ATA 19ª Reunião da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos e Tecido Vegetal dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. p 28-35. 1987. Porto Alegre.

TEDESCO, M.J.; BOHNEN, H.; COELHO DE SOUZA, L.F. & PATELLA, J.F. A Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina - passado e presente. In: Reunião Sul-Brasileira de Fertilidade do Solo, 1. Anais... Pelotas: Núcleo Regional Sul - SBCS/UFPel - FAEM, 1994. p. 1-4.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995.174p. (Boletim Técnico, 5)

THE WATER PROTECTION ACT (C.C.S.M. c. W65) Nutrient Management Regulation. (2008) Disponível em <http://web2.gov.mb.ca/laws/regulations/pdf-reg.php?reg=62/2008>

TOLEDO, J.A. Solução Tampão que mimetiza as características ácido-base do tampão em resposta à acidez de solos brasileiros. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2011.

UNECE. Guidance Document on Preventing and Abating Ammonia Emissions from Agricultural. ECE/EB.AIR/120. 7 February 2014. UNECE, Geneva, p. 100, 2014.

UFRGS/Departamento de Solos. Tabelas de adubação corretiva e adubação de manutenção para os solos e culturas dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: 1973. 11p.

UFRGS/Departamento de Solos. Tabelas de adubação corretiva e adubação de manutenção para solos e culturas dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: 1976. 15p.

UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Recomendações de adubação. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1968. 3p.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Standards for the use and disposal of sewage sludge. Washington: EPA, 1996. (Code of Federal Regulations, 40 CFR Part 503)

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Method 3051A – Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. 1998. Revision 1 Fev 2007. 30p. Disponível em: <http:/

BIBLIOGRAFIA

- / www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf. Acesso em 4 out 2013.
- USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Method 3050 B.1998. Disponível em: http://www.epa.gov/SW_846/pdfs/3050b.pdf. Acesso em: 4 out. 2013.
- VAN GRINSVEN, H.J.M.; ten BERGE, H. F. M.; DALGAARD, T.; FRATERS, B.; DURAND P.; HART, A.; HOFMAN, G.; JACOBSEN, B. H.; LALOR, S. T. J.; LESSCHEN, J. P.; OSTERBURG, B.; RICHARDS, K. G.; TECHEN, A.-K.; VERT, F.; WEBB J. & WILLEMS, W. J. Management, regulation and environmental impacts of nitrogen fertilization in northwestern Europe under the Nitrates Directive: a benchmark study. *Biogeosciences*, 9, 5143–5160, 2012.
- VOLKWEISS, S.J. & KLAMT, E. "Operação Tatu": um programa de aumento da produtividade. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 22, n. 250, p. 37-41, 1969.
- VOLKWEISS, S.J. & KLAMT, E. "Operação Tatu": um programa de aumento da produtividade. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 12. Curitiba. Resumos. Curitiba: SBCS, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1971. p. 52-53.
- VOLKWEISS, S.J. & LUDWICK, A.E. O melhoramento do solo pela calagem. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/FECOTRIGO - Departamento Técnico, 1976. 30p. (Boletim Técnico, 1)
- ZIMATH, D.A. & VEIGA, M. Assistência técnica e extensão rural em ciência do solo: a experiência de Santa Catarina. Boletim Informativo da SBCS. 38(3): 18-21. 2013.
- WHIPKER, B.E.; CAVINS, T.J. & FONTENO, W.C. Pour Thru nutritional monitoring manuals. North Carolina State University. 2001. 4p.
- WIETHÖLTER, S. Uso dos teores de potássio e de argila do solo na recomendação de potássio para a cultura do trigo. In: I REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 1996, Lages. Manejo de solo em sistemas conservacionistas - resumos expandidos. Lages: SBCS-NRS, 1996. p. 108-109.
- WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: Aldeia Norte Editora. (Org.). V Curso de Fertilidade do Solo em Plantio Direto. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2002, p. 14-53.
- WIETHÖLTER, S. Revisão das recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.. In: IV REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2002, Porto Alegre. IV REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Anais, CD-ROM, 2002. p. 1-29.
- WIETHÖLTER, S. & DAHMER, M. Programa de controle de qualidade da ROLAS – 2009. In: 41ª Reunião Anual da ROLAS. Santa Cruz do Sul - RS, 2009. (não publicado)



Anexos

ANEXO 1

EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DAS TABELAS DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

Um exemplo de utilização das tabelas de calagem e adubação na recomendação de insumos para quatro glebas (ou lavouras) é detalhado, a seguir, com os resultados de análise apresentados na Tabela A.1.

Tabela A.1. Resultados de análise do solo de quatro glebas de lavouras

Parâmetro	Gleba			
	1	2	3	4
Argila (%)	65	45	12	27
pH_{água} (1:1)	5,4	5,1	5,8	5,3
Índice SMP	5,9	5,8	5,9	5,4
P (mg/dm³)	2,0	6,2	12,5	13,1
K (mg/dm³)	65	50	25	44
Máteria Orgânica (%)	4,0	2,9	1,9	2,1
Ca (cmol_c/dm³)	5,7	2,1	2,0	2,5
Mg (cmol_c/dm³)	3,4	1,4	1,1	1,3
Al (cmol_c/dm³)	0,2	1,0	0,0	1,1
CTC_{pH7,0} (cmol_c/dm³)	14,2	8,5	4,7	12,7
CTC_{efetiva} (cmol_c/dm³)	9,5	4,6	3,2	5,1
Saturação por Bases (%)	65	43	67	31
Saturação por Al (%)	2	22	0	22

A.1.1 - Interpretação de valores de pH do solo e necessidade de calagem

A interpretação dos resultados para fins de calagem depende das culturas que serão implantadas, do sistema de cultivo e de outros fatores expostos no Capítulo 5, onde se encontram as tabelas para a interpretação do pH e da necessidade de calagem.

Caso as glebas fossem utilizadas para cultivo de grãos, a Tabela 5.3 seria a primeira a ser consultada. Se as quatro glebas fossem manejadas em sistema de cultivo convencional, para as Glebas 1, 2 e 4 seria recomendada a calagem, já que estão com o pH_{água} menor que 5,5, enquanto a Gleba 3 não necessitaria calagem. A quantidade de calcário recomendada para as Glebas 1, 2 e 4 seria de “1 SMP para pH_{água} 6,0”, incorporado ao solo e as doses correspondentes seriam buscadas na Tabela 5.2. Usando os valores do índice SMP das análises de solo, a tabela 5.2 indica para as Glebas 1, 2 e 4 as quantidades de 3,7; 4,2 e 6,8 t/ha de calcário (PRNT 100%), respectivamente. Se as glebas fossem cultivadas em sistema de plantio direto consolidado, sem restrições na camada de 10 a 20 cm (ver tabela 5.3), seria recomendada calagem também para as Glebas 1, 2 e 4, as quais estão com o pH_{água} menor que 5,5, porém a dose recomendada seria “1/4 SMP para pH_{água} 6,0”, que corresponderia a 0,9; 1,0 e 1,7 t/ha de calcário (PRNT 100%), a serem aplicados superficialmente (Tabela 5.2).

Caso as glebas fossem cultivadas com espécies florestais, por exemplo, as quais são resistentes à acidez e cuja resposta à calagem está mais relacionada com o suprimento de Ca e Mg, não há pH de referência e a interpretação é baseada na saturação por bases e teores de Ca e Mg (Tabela 5.6). Nessa situação, se recomendaria calagem apenas para a Gleba 4, a qual tem saturação por bases menos que 40% e teor de Ca menor que 4,0 cmol_c/dm³ (embora tenha teor de Mg maior que 1,0 cmol_c/dm³). Usando a fórmula NC=(40-V%)/100*CTC_{pH7,0}, a dose de calcário recomendada para a gleba 4 seria de 1,1 t/ha de calcário (NC=(40-31)/100*12,7).

Para as demais culturas o procedimento é semelhante, onde primeiramente se usam as Tabelas 5.3 a 5.7, dependendo da cultura, para a tomada de decisão, e depois se utiliza a Tabela 5.2 ou a fórmula da saturação por bases para ser calculada a dose de calcário, caso esse seja recomendado.

A.1.2 - Interpretação dos teores de P e K

A interpretação dos teores de P e K são dependentes do teor de argila, no caso do P, e da CTC_{pH7,0}, no caso do K; além disso, os teores críticos desses nutrientes são dependentes da cultura a ser utilizada. Todas essas informações estão descritas no Capítulo 6. Para a interpretação do teor de P do solo, inicialmente é necessário enquadrar a cultura segundo o seu grupo de exigência de P (Tabela 6.2) e, posteriormente, usar as Tabelas 6.3 a 6.6

para encontrar as classes de disponibilidade. Semelhantemente é realizado para o K, sendo inicialmente a cultura enquadrada pelo grupo de exigência em K (Tabela 6.7) e, posteriormente, encontrada as classes de disponibilidade de K (Tabelas 6.8 a 6.10). Usando essa sistemática, nas tabelas abaixo são apresentadas as interpretações de P (Tabela A.2) e K (Tabela A.3) para as Glebas 1 a 4 do exemplo, considerando as culturas do alho, milho, trigo e eucalipto. Pelas classificações de disponibilidade de P e K para as glebas do exemplo (Tabelas A.2 e A.3), observa-se de maneira geral que, para a mesma análise de solo, a interpretação varia com a cultura, sendo o solo classificado como mais pobre para culturas mais exigentes e mais rico para culturas menos exigentes no nutriente.

Tabela A.2. Interpretação dos teores de fósforo das análises de solo das quatro glebas apresentadas na Tabela A.1, considerando as culturas do alho, milho, trigo e eucalipto

Cultura	Grupo de exigência em P (Tabela 6.2)	Gleba			
		1	2	3	4
Alho	1 (Tabela 6.3)	MB ⁽¹⁾	MB	MB	B
Milho	2 (Tabela 6.4)	MB	B	B	M
Trigo	2 (Tabela 6.4)	MB	B	B	M
Eucalipto	3 (Tabela 6.5)	B	A	M	A

⁽¹⁾ MB = Muito baixo, B = Baixo, M = Médio, A = Alto, MA = Muito alto.

Tabela A.3. Interpretação dos teores de potássio das análises de solo das quatro glebas apresentadas na Tabela A.1, considerando as culturas do alho, milho, trigo e eucalipto

Cultura	Grupo de exigência em K (Tabela 6.7)	Gleba			
		1	2	3	4
Alho	1 (Tabela 6.8)	B ⁽¹⁾	B	MB	MB
Milho	2 (Tabela 6.9)	M	B	B	B
Trigo	2 (Tabela 6.9)	M	B	B	B
Eucalipto	3 (Tabela 6.10)	A	M	B	M

⁽¹⁾ MB = Muito baixo, B = Baixo, M = Médio, A = Alto, MA = Muito alto.

A.1.3 – Recomendações de N, P₂O₅ e K₂O

As recomendações de nitrogênio são individualizadas por cultura (Capítulos 6.1 até 6.9) e são dependentes dos teores de matéria orgânica do solo, da expectativa de rendimento e, em alguns casos, dependentes também da cultura antecessora. Já as quantidades de fósforo (P₂O₅) e de potássio (K₂O), também são individualizadas por cultura e dependentes da classificação da disponibilidade de P e K no solo (vistas anteriormente, no Item A.1.2) e da

expectativa de rendimento da cultura.

Cabe ressaltar que ajustes menores na adubação sugerida podem ser feitas conforme a disponibilidade de recursos financeiros para investimento, já que a relação entre o preço do fertilizante e o preço do produto colhido depende de vários fatores de mercado, podendo as doses serem ajustadas conforme a expectativa de retorno líquido.

Na Tabela A.4 são mostradas as recomendações de N, P₂O₅ e K₂O para a cultura do alho (cultura 6.3.4) e para o eucalipto (cultura 6.6.6), usando os resultados de análise das Glebas 1 a 4 do exemplo.

Tabela A.4. Recomendações de N, P₂O₅ e K₂O para a culturas do alho (cultura 6.3.4) e eucalipto (cultura 6.6.6), usando os resultados de análise das glebas 1 a 4

Cultura	Nutriente	Gleba			
		1	2	3	4
.....kg/ha.....					
Alho	N ⁽¹⁾	300	300	350	350
	P ₂ O ₅	570	570	570	435
	K ₂ O	440	440	530	530
Eucalipto	N ⁽¹⁾	60	60	90	90
	P ₂ O ₅	90	50	70	50
	K ₂ O	50	70	90	70

⁽¹⁾ As quantidades de N devem ser fracionadas em adubação de plantio e cobertura(s), conforme recomendações da cultura.

Na recomendação de P e K para as culturas de grãos, há possibilidade de realizar a adubação corretiva total ou gradual (ver capítulo 6.1). Na Tabela A.5, são apresentadas as quantidades de N, P₂O₅ e K₂O considerando a adubação corretiva gradual para P e K para as Glebas 1 a 4 do exemplo. Para tal, foi considerada uma sucessão de culturas milho/trigo, sendo o milho o 1º cultivo, antecedido por uma gramínea com produção média de massa seca. No exemplo, estipulou-se que as áreas têm expectativa de rendimento de 8 t/ha de grãos de milho e 3 t/ha de grãos de trigo.

Tabela A.5. Recomendações de N, P₂O₅ e K₂O para uma sucessão milho/trigo, usando os resultados de análise das glebas 1 a 4.

Cultura	Nutriente	Gleba			
		1	2	3	4
.....kg/ha.....					
Milho (1º cultivo)	N ⁽¹⁾ (2)	100	100	120	120
	P ₂ O ₅ ⁽¹⁾	230	150	150	140
	K ₂ O ⁽¹⁾	110	110	110	110
Trigo (2º cultivo)	N ⁽²⁾	60	60	80	80
	P ₂ O ₅	95	75	75	45
	K ₂ O	30	50	50	50

⁽¹⁾ Aos valores de N, P₂O₅ e K₂O constantes na tabela do milho (cultura 6.1.14) foram acrescentados 30 kg/ha de N, 30 kg/ha de P₂O₅ e 20 kg/ha de K₂O, em razão de ser prevista uma produtividade de 8 t/ha de grãos de milho (2 t/ha além da produtividade de referência).

⁽²⁾ As quantidades de N para o milho (cultura 6.1.14) e trigo (cultura 6.1.21) levaram em consideração que a cultura antecessora era uma gramínea. As quantidades de N devem ser fracionadas em adubação de plantio e cobertura(s), conforme recomendações da cultura.

A.1.4 – Recomendações de fertilizantes

A partir das doses de N, P₂O₅ e K₂O (obtidas conforme mostrado no item A.1.3), deve-se buscar no mercado fertilizantes comerciais para suprir as quantidades requeridas ou utilizar resíduos orgânicos como fonte de nutrientes. Alguns fertilizantes minerais e suas concentrações médias de nutrientes são apresentados no Capítulo 8 deste Manual, porém ressalta-se que há grande variedade de produtos disponíveis no mercado e sua escolha é um critério técnico importante. Já os adubos e adubação orgânica são abordados no Capítulo 9 deste manual.

Abaixo será apresentado um exemplo de recomendação de fertilizantes para a sucessão milho/trigo na Gleba 1, pressupondo o uso de cama de frango (5 – 6 lotes) e complementação com fertilizantes minerais, usando as fórmulas de cálculo e procedimentos do Capítulo 9:

a) supondo o uso de cama de frango (5 - 6 lotes), as doses necessárias para fornecer as quantidades de nutrientes podem ser calculadas com base nos teores de N, de P₂O₅ e de K₂O apresentados na Tabela 9.1. Assim, o cálculo das doses da cama de frango que deverão ser utilizadas para os dois cultivos serão:

**Quantidade de cama de frango para o primeiro cultivo
(milho) – Gleba 1:**

$$A = QD / ((B/100) \times (C/100) \times D)$$

- Para atender a demanda de N: $A = 100 / ((75/100) \times (3,5/100) \times 0,5) = 7.619 \text{ kg/ha.}$

- Para atender a demanda de P: $A = 210 / ((75/100) \times (3,8/100) \times 0,8) = 9.210 \text{ kg/ha.}$

- Para atender a demanda de K: $A = 100 / ((75/100) \times (3,0/100) \times 1,0) = 4.444 \text{ kg/ha.}$

**Quantidade de cama de frango para o segundo cultivo
(trigo) – Gleba 1:**

Para o segundo cultivo (trigo), a cama de frango fornecerá ainda 23 kg/ha de N e 25 kg/ha de P_2O_5 como efeito residual da adubação orgânica na cultura antecedente (milho).

$$A = QD / ((B/100) \times (C/100) \times D)$$

- Para atender a demanda de N: $A = (60-23)/((75/100) \times (3,5/100) \times 0,5) = 2.819 \text{ kg/ha.}$

- Para atender a demanda de P: $A = (95-25)/((75/100) \times (3,8/100) \times 0,8) = 3.070 \text{ kg/ha.}$

- Para atender a demanda de K: $A = 30/((75/100) \times (3,0/100) \times 1,0) = 1.333 \text{ kg/ha.}$

b) para definir a quantidade de adubo orgânico indicada para o suprimento de nutrientes para as culturas de milho e de trigo na Gleba 1 se deve considerar, em ambos os cultivos, a recomendação de potássio, que nesse exemplo demandou a menor quantidade do adubo orgânico para suprir totalmente o nutriente pela cama de frango. Poderia ter sido outro nutriente e o princípio a ser utilizado seria o mesmo.

A dose de cama de frango a ser aplicada no milho será então de 4,44 t/ha que fornecerá 58, 100 e 100 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, para o milho no primeiro cultivo. Ainda, deverão ser aplicados 42 kg/ha de N e 110 kg/ha de P_2O_5 via fertilizantes minerais para suprir a demanda total destes

ANEXO 1 - EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DAS TABELAS DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

nutrientes pelo milho. Neste caso, a demanda de N e P₂O₅ para o milho poderá ser suprida, por exemplo, com a aplicação de aproximadamente 93 kg/ha de ureia (45% de N) e 268 kg/ha de superfosfato triplo (41% de P₂O₅).

A dose de cama de frango a ser aplicada no trigo será de 1,33 t/ha, que fornecerá 17, 30 e 30 kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Ainda deverão ser aplicados no trigo 20 kg/ha de N via fertilizantes minerais (o equivalente a aproximadamente 44 kg/ha de ureia com 45% de N) e 40 kg/ha de P₂O₅ (o equivalente a aproximadamente 97 kg/ha de superfosfato triplo com 41% de P₂O₅).

É importante considerar que para o estabelecimento de outro programa de adubação para novas culturas (3º cultivo), após o trigo, a cama de frango deixará um residual de 7 kg/ha de N e 8 kg/ha de P₂O₅ que deverão ser subtraídos da quantidade total de nutrientes a serem aplicados na próxima cultura. Na Tabela A.6 é apresentado um resumo das quantidades requeridas pelas culturas e das supridas pelos fertilizantes orgânicos e minerais no presente exemplo.

Tabela A.6. Recomendações de adubação e quantidades de nutrientes supridos pela adubação orgânica (cama de frangos de 5 - 6 lotes) e complementações com fertilizantes minerais para uma sequência de dois cultivos (milho/trigo) na gleba 1

Cultura	Cama de frango t/ ha	Recomendação			Nutrientes supridos pela adubação					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Milho (1º cultivo)	4,44	100	210	100	58	100	100	42	110	0
Trigo (2º cultivo)	1,33	60	95	30	23+17	25+30	30	20	40	0

⁽¹⁾ Considerando, no segundo cultivo, o efeito residual da adubação orgânica do primeiro cultivo, acrescido do efeito imediato da adubação orgânica do segundo cultivo.

ANEXO 2

NOME COMUM, NOME CIENTÍFICO E GRUPO DE EXIGÊNCIA EM P E K (CAPÍTULO 6) DE CADA CULTURA CONSTANTE NO MANUAL.

NOME COMUM (outros nomes)	NOME CIENTÍFICO	GRUPO DE EXIGÊNCIA	
	GRÃOS	P	K
Amendoim	<i>Arachis hypogaea</i>	2	2
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	2	2
Arroz irrigado	<i>Oryza sativa</i>	4	2
Aveia branca	<i>Avena sativa</i>	2	2
Aveia preta	<i>Avena strigosa</i>	2	2
Canola	<i>Brassica napus</i> var. <i>oleifera</i>	2	2
Centeio	<i>Secale cereale</i>	2	2
Cevada	<i>Hordeum vulgare</i>	2	2
Ervilha seca e forrageira	<i>Pisum sativum, P. arvense</i>	2	2
Ervilhaca	<i>Vicia sativa</i>	2	2
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	2	2
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	2	2
Linho	<i>Linum usitatissimum</i>	2	2
Milho	<i>Zea mays</i>	2	2
Milho pipoca	<i>Zea mays</i> var. <i>everta</i>	2	2
Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus</i> var. <i>oleiferus</i>	2	2
Painço	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	2	2
Soja	<i>Glycine max</i>	2	2
Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>	2	2
Tremoço	<i>Lupinus spp</i>	2	2
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	2	2
Triticale	X <i>Triticosecale</i> Wittmack	2	2

FORRAGEIRAS

Alfafa	<i>Medicago sativa</i>	2	2
Amendoim forrageiro	<i>Arachis pintoi</i>	2	2
Aveias	<i>Avena spp</i>	2	2
Aveia perene	<i>Arrhenatherum elatius</i>	2	2
Azevém	<i>Lolium multiflorum,</i> <i>L. perenne</i>	2	2
Braquiárias	<i>Brachiaria spp</i>	2	2
Capim colonião (capim tanzânia, capim mombaça, aruana)	<i>Panicum maximum</i>	2	2
Capim elefante (napier, cameron)	<i>Pennisetum purpureum</i>	2	2
Capim lanudo	<i>Holcus lanatus</i>	2	2
Capim quicuió	<i>Pennisetum clandestinum</i>	2	2
Capim-de-Rhodes	<i>Chloris gayana</i>	2	2
Capim sudão	<i>Sorghum sudanense</i>	2	2
Cevada forrageira	<i>Hordeum vulgare</i>	2	2
Cevadilha	<i>Bromus unioloides</i>	2	2
Cornichão	<i>Lotus corniculatus, L. maku</i>	2	2
Desmódio (pega-pega)	<i>Desmodium spp</i>	2	2
Dáctilo	<i>Dactylis glomerata</i>	2	2
Estilosantes	<i>Stylosanthes spp.</i>	2	2
Faláris	<i>Phalaris tuberosa</i>	2	2
Feijão miúdo (Caupi)	<i>Vigna unguiculata</i>	2	2
Festuca	<i>Festuca arundinacea</i>	2	2
Grama bermuda (tifton, coast-cross, jiggs)	<i>Cynodon spp</i>	2	2
Grama missioneira	<i>Axonopus spp</i>	2	2
Guandú (feijão guandú)	<i>Cajanus cajan</i>	2	2
Hemátria	<i>Hemarthria altissima</i>	2	2
Labe-labe	<i>Dolichos lablab</i>	2	2
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>	2	2
Milheto	<i>Pennisetum americanum</i>	2	2
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>	2	2
Papuã	<i>Brachiaria plantaginea</i>	2	2
Pensacola (grama forquilha)	<i>Paspalum notatum</i>	2	2
Pastagem natural (campo nativo)	Diversas espécies	3	3
Setária	<i>Setaria anceps</i>	2	2
Siratro	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	2	2
Soja perene	<i>Neonotonia wightii</i>	2	2
Sorgo forrageiro	<i>Sorghum bicolor</i>	2	2

ANEXO 2 - NOME COMUM, NOME CIENTÍFICO E GRUPO DE EXIGÊNCIA EM P E K (CAPÍTULO 6) DE CADA CULTURA CONSTANTE NO MANUAL.

Teosinto	<i>Zea mexicana</i>	2	2
Trevos	<i>Trifolium spp</i>	2	2

HORTALIÇAS

Abóbora	<i>Cucurbita moschata</i>	2	2
Alcachofra	<i>Cynara scolymus</i>	2	2
Alface	<i>Lactuca sativa</i>	2	2
Alho	<i>Allium sativum</i>	1	1
Aspargo	<i>Asparagus officinalis</i>	2	2
Beringela	<i>Solanum melongena</i>	2	2
Beterraba	<i>Beta vulgaris</i>	1	1
Brócolis (brócolo)	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	2	2
Cenoura	<i>Daucus carota</i>	1	1
Cebola	<i>Allium cepa</i>	2	2
Chicória (almeirão, almeirão-bravo, radiche)	<i>Cichorium intybus</i>	2	2
Chuchu	<i>Sechium edule</i>	2	2
Couve-flor	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	2	2
Ervilha	<i>Pisum sativum</i>	2	2
Mandioquinha salsa (batata-baroa, batata-salsa)	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	2	1
Melancia	<i>Citrullus lanatus</i>	2	2
Melão	<i>Cucumis melo</i>	2	2
Moranga	<i>Cucurbita maxima</i>	2	2
Nabo	<i>Brassica rapa</i>	2	2
Palmeira real australiana	<i>Archontophoenix alexandrae</i>	2	2
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	2	2
Pimentão	<i>Capsicum annuum</i>	2	2
Pupunheira	<i>Bactris gasipaes</i>	2	2
Rabanete	<i>Raphanus sativus</i>	2	2
Repolho	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	2	2
Rúcula	<i>Eruca sativa</i>	2	2
Salsa	<i>Petroselinum sativum</i>	2	2
Tomateiro	<i>Licopersicum esculentum</i>	2	1

TUBÉRCULOS E RAÍZES

Batata-doce	<i>Ipomoea batatas</i>	3	1
Batata	<i>Solanum tuberosum</i>	1	1
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	3	2

FRUTÍFERAS

Abacateiro	<i>Persea spp</i>	2	2
Ameixeira	<i>Prunus domestica, P. salicina</i>	2	2
Amoreira-preta	<i>Rubus spp</i>	2	2
Bananeira	<i>Musa spp</i>	2	2
Caquizeiro	<i>Diospyros kaki</i>	2	2
Citros	<i>Citrus spp</i>	2	2
Figueira	<i>Ficus carica</i>	2	2
Macieira	<i>Malus domestica</i>	2	2
Maracujazeiro	<i>Passiflora edulis</i>	2	2
Mirtileiro (blueberry)	<i>Vaccinium ashei</i>	2	2
Moranguinho	<i>Fragaria spp</i>	2	2
Nectarineira	<i>Prunus persica</i> var. <i>nucipersica</i>	2	2
Nogueira pecã	<i>Juglans spp</i>	2	2
Oliveira	<i>Olea europaea</i>	2	2
Palmeira Juçara	<i>Euterpe edulis</i>	2	2
Pereira	<i>Pyrus communis, P. pyrifolia</i>	2	2
Pessegoiro	<i>Prunus spp</i>	2	2
Quivizeiro	<i>Actinidia deliciosa</i>	2	2
Videira	<i>Vitis spp</i>	2	2

FLORESTAIS

Acácia-negra	<i>Acacia mearnsii</i>	3	3
Araucária (pinheiro brasileiro)	<i>Araucaria angustifolia</i>	3	3
Bracatinga	<i>Mimosa scabrella</i>	3	3
Cedro Australiano	<i>Toona ciliata</i>	3	3
Erva-mate (chá-mate, erva, mate)	<i>Ilex paraguariensis</i>	3	3
Eucalipto	<i>Eucalyptus spp</i>	3	3
Pinus	<i>Pinus spp</i>	3	3

MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES

Alfavaca (manjericão)	<i>Ocimum basilicum</i>	3	3
Calêndula (mal-me-quer)	<i>Calendula officinalis</i>	3	3
Camomila (camomila-alemã)	<i>Matricaria chamomilla</i>	3	3
Capim-limão (erva-cidreira, capim-santo)	<i>Cymbopogon citratus</i>	3	3
Citronela-de-java (capim citronela)	<i>Cymbopogon witerianus</i>	3	3
Cardamomo	<i>Elettaria cardamomum</i>	3	3

ANEXO 2 - NOME COMUM, NOME CIENTÍFICO E GRUPO DE EXIGÊNCIA EM P E K (CAPÍTULO 6) DE CADA CULTURA CONSTANTE NO MANUAL.

Carqueja (Bacanta, vassoura)	<i>Baccharis trimera</i>	3	3
Chá (chá da índia, chá preto)	<i>Camellia sinensis</i>	3	3
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	3	3
Curcuma (falso-açafrão)	<i>Curcuma longa</i>	3	3
Erva-doce (anis-verdeiro, anis-verde)	<i>Pimpinella anisum</i>	3	3
Estévia (funcho-doce, erva-doce)	<i>Stevia rebaudiana</i>	3	3
Funcho	<i>Foeniculum vulgare</i> var. <i>dulce</i>	3	3
Hortelãs (hortelã apimentada, hortelã cheirosa, menta)	<i>Mentha spp.</i>	3	3
Gengibre (gengivre, gingibre)	<i>Zingiber officinale</i>	2	3
Guaco	<i>Mikania glomerata</i>	3	3
Palma-rosa	<i>Cymbopogon martinii</i>	3	3
Piretro (cinerária)	<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	3	3
Urucum (colorau, urucu, açafrão)	<i>Bixa orellana</i>	3	3
Vetiver (capim-de-cheiro, raiz-de-cheiro)	<i>Vetiveria zizanioides</i>	3	3

ORNAMENTAIS

Crisântemo de corte	<i>Dendranthema grandiflora</i>	3	3
Roseira de corte	<i>Rosa spp.</i>	1	1

OUTRAS CULTURAS COMERCIAIS

Cana-de-açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	3	3
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	3	3

ANEXO 3

INSTITUIÇÕES E COLABORADORES NAS ATUALIZAÇÕES DAS EDIÇÕES DE 2004 E DE 2016 DO MANUAL

Instituições e empresas que colaboraram com esta e edições anteriores:

Alliance One Brasil (AOB)
Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Cooperativa Central Gaúcha Ltda (CCGL)
China Brasil Tabacos (CBT)
Celulose Riograndense (CMPC RS)
Drakkar Agricultura de Precisão
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo)
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (Embrapa Clima Temperado)
Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (Embrapa Uva e Vinho)
Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Embrapa Florestas)
Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (Embrapa Suíno e Aves)
Centro de Pesquisa de Pecuária dos Campos Sulbrasileiros (Embrapa Pecuária Sul)
Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER, RS)
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. (EPAGRI)
Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (CEPAF-EPAGRI)
Estação Experimental de Caçador
Estação Experimental de Campos Novos
Estação Experimental de Itajaí
Estação Experimental de Ituporanga
Estação Experimental de Lages

Estação Experimental de São Joaquim
Estação Experimental de Urussanga
Estação Experimental de Videira
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)
Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa da FECOTRIGO (FUNDACEP)
Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO, RS)
Instituto Federal Catarinense - Rio do Sul (IFC)
Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA) - Estação Experimental do Arroz
Japan Tobacco International (JTI)
Klabin S.A.
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)
Philip Morris Brasil (PMB)
Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco (SINDITABACO)
Sindicato da Indústria de Adubos do Rio Grande do Sul (SIARGS)
Sindicato da Indústria e da Extração de Mármore, Calcário e Pedreiras do Estado do Rio Grande do Sul (SINDICALC)
Universal Leaf Tabacos (ULT)
Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ) - Faculdade de Agronomia
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) - Centro de Ciências Agroveterinárias - Departamento de Solos
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Departamento de Solos
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Departamento de Fitotecnia
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Faculdade de Agronomia - Departamento de Solos
Faculdade de Agronomia - Departamento de Horticultura e Silvicultura
Faculdade de Agronomia - Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Departamento de Engenharia Rural
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Centro de Ciências Rurais - Departamento de Solos
Centro de Ciências Rurais - Departamento de Fitotecnia
Centro de Ciências Rurais - Departamento de Ciências Florestais
Universidade de Passo Fundo (UPF) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária
Yara Brasil Ltda.

**ANEXO 3 - INSTITUIÇÕES E COLABORADORES NAS ATUALIZAÇÕES DAS
EDIÇÕES DE 2004 E DE 2016 DO MANUAL**

Colaboradores - Edição 2016

Ângelo Albérico Alvarenga	EPAMIG
Airton Rodrigues Salerno	EPAGRI
Alexandre Koop	ULT
Alexandre Visconti	EPAGRI
Amaury Silva Junior	EPAGRI
Anderson LuisFeltrim	EPAGRI
Carlos Alberto Bissani	UFRGS
Carlos Alberto Ceretta	UFSM
Carlos Augusto Posser Silveira	Embrapa Clima Temperado
Celso Aita	UFSM
Claudinei Kurtz	EPAGRI
Cledimar Rogério Lourenzi	UFSC
Cleverson Marcelo Panzera	PMB
Clovis Orlando Da Ros	UFSM
Daniel Vinícius Teixeira	AOB
Danilo Rheinheimer dos Santos	UFSM
Darci José da Silva	SINDITABACO
Darlan Rodrigo Marchesi	EPAGRI
Delmar Santin	UDESC
Diniz Fronza	UFSM
Eduardo Franchini	JTI
Eduardo Moisés Muller	CBT
Elias Frank de Araújo	CMPC RS
Eliseo Soprano	EPAGRI
Enilto de Oliveira Neubert	EPAGRI
Enilton Fick Coutinho	Embrapa Clima Temperado
Euclides Shallenberger	EPAGRI
Evandro Spagnollo	EPAGRI
Everaldo Zonta	UFRRJ
Fabiana Schmidt	EPAGRI
Fabiano Daniel de Bona	Embrapa Trigo
Fábio Martinho Zambonim	EPAGRI
Faustino Andreola	EPAGRI
Fernanda A. A. L. Backes	UFSM
Flávio A. O. Camargo	UFRGS
George Wellington Bastos de Melo	Embrapa Uva e Vinho
Gilberto Nava	Embrapa Clima Temperado
Gilmar Arduino Bettio Marondin	UFRGS
Gilmar Nachtigall	Embrapa Uva e Vinho
Gustavo Brunetto	UFSM
Henrique Belmonte Petry	EPAGRI
Henrique Bley	MAPA
Henrique Gustavo Kothe	PMB
Ibanor Anghinoni	UFRGS
Ivan dos Santos Pereira	Embrapa Clima Temperado
Jackson Ernani Fiorin	CCGL e UNICRUZ
James Stahl	Klabin
Jamil Abdalla Fayad	EPAGRI

Jeronimo Andriolo	UFSM
João Kaminski	UFSM
Jonas Janner Hamann	UFSM
José Alan de Almeida Acosta	Drakkar
Jucinei José Comin	UFSC
Juliano Corulli Correa	Embrapa Suínos e Aves
Leandro Hahn	EPAGRI
Leandro Souza da Silva	UFSM
Ledemar Carlos Vahl	UFPel
Luciano Colpo Gatiboni	UDESC
Luis Eduardo Corrêa Antunes	Embrapa Clima Temperado
Luís Otávio da Costa de Lima	CCGL
Marcelo Antônio Rodrigues	UFSM
Marcelo Zanella	EPAGRI
Marlise Nara Ciotta	EPAGRI
Mateus Pereira Gonzatto	UFRGS
Mauro Luiz Feuerborn	JTI
Nelson Horowitz	Yara Brasil
Paulo Cezar Cassol	UDESC
Paulo Emilio Lovato	UFSC
Paulo Márcio Norberto	EPAMIG
Paulo Roberto Ernani	UDESC
Paulo Sérgio dos Santos Leles	UFRRJ
Paulo Vitor Dutra de Souza	UFRGS
Paul Richard Momsen Miller	UFSC
Pedro Alexandre Varella Escosteguy	UPF
Rafael Gustavo Ferreira Morales	EPAGRI
Rafael Ricardo Cantú	EPAGRI
Roberta Marins Nogueira Peil	UFPel
Robinson Jardel Pires de Oliveira	IFC
Rodrigo da Silveira Nicoloso	Embrapa Suínos e Aves
Rogério Antônio Bellé	UFSM
Rogério Oliveira de Sousa	UFPel
Rosane Martinazzo	Embrapa Clima Temperado
Sandro José Giacomini	UFSM
Sérgio Delmar dos Anjos e Silva	Embrapa Clima Temperado
Vilmar Müller Júnior	UFSC
Walkyria Bueno Scivittaro	Embrapa Clima Temperado
Zilmar da Silva Souza	EPAGRI

**ANEXO 3 - INSTITUIÇÕES E COLABORADORES NAS ATUALIZAÇÕES DAS
EDIÇÕES DE 2004 E DE 2016 DO MANUAL**

Colaboradores - Edição 2004

Alberto V. Inda Jr.	Leandro Souza da Silva
Algenor da Silva Gomes	Ledemar Carlos Vahl
Antônio L. Diedrich	Márcio Luís Paveglio da Silva
Atsuo Suzuki	Márcio Voss
Ben Hur Benites Alves	Marco Antonio Dal Bó
Carla Maria Pandolfo	Marcos Salvadego
Carlos Alberto Bissani	Margarete Nicolodi
Carlos Alberto Ceretta	Marino José Tedesco
Carlos Alberto Flores	Mauri Onofre Machado
Carlos Antônio Saraiva Osório	Maurício Fischer
Carlos Nabinger	Miguel Dall'Agnol
Celso Aita	Milton Segnfredo
Ciro Petrere	Murillo Pundek
Claudio José da Silva Freire	Nelson Horowitz
Clesio Gianello	Névio João Nuernberg
Clori Basso	Norman Simon
Danilo dos Santos Rheinheimer	Odoni L.P. de Oliveira
Delmar Pöttker	Osmar Souza dos Santos
Edemar V. Streck	Otávio João W. de Siqueira
Egon José Meurer	Otto Carlos Köller
Egon Klamt	Paulo Anísio Milan
Eliezer I. Guimarães Winkler	Paulo Cezar Cassol
Elmar Luiz Floss	João Paulo Cassol Flores
Eóli Erhard Scherer	Paulo Roberto Ernani
Elvio Giasson	Paulo Roberto Simonetto
Enilson Luiz Saccò de Sá	Paulo Schneider
Flávio A.O. Camargo	Paulo Vitor Dutra de Souza
George Wellington B. de Melo	Pedro Roberto de Souza
Geraldino Peruzzo	Pedro A.V. Escosteguy
Gilberto Nava	Rainoldo Alberto Kochhann
Gilmar Ribeiro Nachtigall	Richard E. Bacha
Gilmar Schafer	Roberto Luiz Salet
Hardi Renê Bartz	Ronaldir Knoblauch
Hilmar Ilson Stapenhorst	Ronaldo Boettcher
Humberto Bohnen	Rosa Maria Vargas Castilhos
Ibanor Anghinoni	Sergio Schwarz
Ingrid Bergman I. de Barros	Silvio Aymone Genro Jr
Irineo Fioreze	Sílvio Túlio Spera
Itamar Gislón	Sirio Wiethölter
Itavor Nummer Filho	Tania Beatriz G. Araújo Morselli
Jackson Ernani Fiorin	Tassio D. Rech
Jair Antônio Pimentel	Telmo Jorge Carneiro Amado
João Kaminski	Valmir G. Menezes
João Maçãs	Valmir José Vizzoto
Jorge Malburg	Vera R. M. Macedo
João Mielniczuk	Waldemar Ercílio de Freitas
José Alberto Petrini	Walkyria Bueno Scivittaro
José Eloir Denardin	

ANEXO 4

LISTA DOS LABORATÓRIOS CADASTRADOS NA ROLAS-RS/ SC (2016) – em ordem alfabética

APERFEISOLO Laboratório de Análises de Solo Aperfeisolo Ltda
São Jorge, RS
Tel: 54-3271-1043

BASE Laboratório de Solos
Silveira Martins, RS
Tel: 55-3224-1234

CCGL-TEC Laboratório de Solos
Cruz Alta, RS
Tel: 55-3321-9449

***Embrapa-CNPT** Laboratório de Solos
Passo Fundo, RS
Tel: 54-3316-5896

***Embrapa-CNPUV** Laboratório de Solos
Bento Gonçalves, RS
Tel: 54-3455-8000

Embrapa-CPACT Laboratório de Fertilidade do Solo
Pelotas, RS
Tel: 53-3275-8231

EPAGRI-CEPAF Laboratório de Solos
Chapecó, SC
Tel: 49-2049-7570

EPAGRI-EEIT Laboratório de Solos
Ituporanga, SC
Tel: 47-3533-8844

EPAGRI-EESJ Laboratório de Análises de Solo e Tecido Vegetal
São Joaquim, SC
Tel: 49-3233-8448

FEPAGRO Laboratório de Química Agrícola
Porto Alegre, RS
Tel: 51-3288-8038

IFF Laboratório de Analise de Solos
São Vicente do Sul, RS
Tel: (55) 3257-4156

IRGA-EEA Laboratório de Solos
Cachoeirinha, RS
Tel: 51-3470-0615

LABFERTIL Laboratório de Solos
Coxilha, RS
Tel: 54-3379-1073

LASSUL Lassul Produtos e Serviços
São Borja, RS
Tel: 55-3431-2073

SETREM Laboratório de Solos
Três de Maio, RS
Tel: 55-3535-4624

TERRANALISES Terranálises Laboratório de Análises Ambientais
Fraiburgo, SC
Tel: 49-3246-6243

UCS Laboratório de Química e Fertilidade do Solo
Caxias do Sul, RS
Tel: 54- 3218-2630

UFPEL Laboratório de Solos
Pelotas, RS
Tel: 53-3275-7269

UFRGS Laboratório de Solos
Porto Alegre, RS
Tel: 51-3308-6023

UFSM Laboratório de Análises de Solos
Santa Maria, RS
Tel: 55-3220-8153

ANEXO 4 - LISTA DOS LABORATÓRIOS CADASTRADOS NA ROLAS-RS/SC (2016)
em ordem alfabética

UNICRUZ Laboratório de Análise de Solo e de Tecido
Cruz Alta, RS
Tel: 55-3321-1520

UNIJUI Laboratório de Solos, Corretivos e Tecido Vegetal
Ijuí, RS
Tel: 55-3332-0422

UNISC Laboratório de Solos
Santa Cruz do Sul, RS
Tel: 51-3717-7511

UNOESC Laboratório de Solos Campos Novos
Campos Novos, SC
Tel: 49-3541-6321

UPF Laboratório de Solos, Plantas, Adubos e Corretivos
Passo Fundo, RS
Tel: 54-3316-8166

URCAMP Laboratório de Análise de Solos e Corretivos
Bagé, RS
Tel: 53-3242-8244 R251

URI Laboratório de Solos
Frederico Westphalen, RS
Tel: 55-3744-9204

Os laboratórios marcados com * não realizam análises para produtores.

Atualizações da lista e as análises realizadas por cada laboratório constam no cadastro dos laboratórios da ROLAS-RS/SC disponível no link: <https://rolas.cnpt.embrapa.br/publico/pListaEnderecosLaboratorios>

O link para acessar a lista dos laboratórios com direito ao Selo de Qualidade da ROLAS-RS/SC é:
<https://rolas.cnpt.embrapa.br/publico/pFormRelatorioSeloQualidade>

