

# BOLETIM 100:

## RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

Editores

Heitor Cantarella

José Antonio Quaggio

Dirceu Mattos Jr.

Rodrigo Marcelli Boaretto

Bernardo van Raij



INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC)  
CAMPINAS (SP)  
2022





**Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios  
Instituto Agronômico**

**Governador do Estado de São Paulo**  
Rodrigo Garcia

**Secretário de Agricultura e Abastecimento**  
Francisco Matturro

**Secretário-executivo de Agricultura e Abastecimento**  
Adriano Quércia Soares

**Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios**  
Sergio Luiz dos Santos Tutui

**Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agronômico**  
Marcos Guimarães de Andrade Landell



# **BOLETIM 100:**

## **RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E**

## **CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**

---

### **Editores**

Heitor Cantarella  
José Antonio Quaggio  
Dirceu Mattos Jr.  
Rodrigo Marcelli Boaretto  
Bernardo van Raij

Instituto Agronômico (IAC)  
Campinas (SP), 2022

Ficha elaborada pelo Núcleo de Documentação Científica do Instituto Agronômico

B688 Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo / Editores: Heitor Cantarella, José Antonio Quaggio, Dirceu Mattos Jr., et al. Campinas: Instituto Agronômico, 2022. 489p.

ISBN: 978-65-88414-09-5

1. Adubação. 2. Calagem. 3. Fertilizantes. I. Cantarella, Heitor.  
II. Quaggio, José Antonio. III. Mattos Jr., Dirceu. IV. Boaretto, Rodrigo Marcelli.  
V. Raij, Bernardo van. VI. Título.

CDD. 633

**O Conteúdo do Texto é de Inteira Responsabilidade dos Autores.**

**Comitê Editorial do Instituto Agronômico**

Lúcia Helena Signori Melo de Castro  
Fernando Alves de Azevedo  
Fernando César Bachiega Zambrosi  
Gabriel Constantino Blain  
Valéria Aparecida Modolo

**Equipe participante desta publicação**

Coordenação da Editoração: Silvana Aparecida Barbosa  
Editoração Eletrônica e Capa: Cíntia Rafaela Amaro - Amaro Comunicação

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

**Instituto Agronômico**

Caixa Postal 28  
13012-970 Campinas (SP) - Brasil  
[www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)

Tiragem: 7.500 exemplares (junho de 2022)

## EDITORES DO B-100

### **Heitor Cantarella**



Engenheiro Agrônomo pela Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (1974). Mestre (1981) e Ph.D. em Fertilidade do Solo pela Iowa State University, EUA (1983), Pesquisador Científico do IAC desde 1975, atua nas áreas de análise química de solo e planta, fertilidade do solo, adubação e nutrição de culturas, eficiência de uso de fertilizantes, pesquisas com nitrogênio e emissão de gases de efeito estufa.

### **José Antonio Quaggio**



Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Lavras (1977). Mestre (1983) e Doutor (1991) em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo. Pesquisador Científico do IAC de 1978 a 2019, tem experiência nas áreas de química e fertilidade do solo, acidez e calagem, manejo de adubação e construção do perfil de fertilidade de solos tropicais, eficiência de uso de fertilizantes e fertirrigação.

### **Dirceu Mattos Jr.**



Engenheiro Agrônomo pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (1989). Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo (1993) e Ph.D. em Ciência do Solo e Água pela University of Florida, EUA (2000). Pesquisador Científico do IAC desde 1994, atua nas áreas de nutrição de plantas, fisiologia do estresse, fertilidade do solo, adubo e adubações.

### **Rodrigo Marcelli Boaretto**



Engenheiro Agrônomo pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo (2000). Doutor em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, com doutorado sanduíche pela University of California, EUA. Pesquisador Científico do IAC desde 2008, atua nas áreas de nutrição de plantas, eficiência de uso de fertilizantes, adubação foliar, fertirrigação e uso de isótopos na agricultura.

### **Bernardo van Raij**



Engenheiro Agrônomo pela Escola Nacional de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1962). Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo (1967) e Ph.D. em Agronomia pela Cornell University, EUA (1971). Pesquisador Científico do IAC de 1963 a 2013, tem experiência na área de química e fertilidade do solo, adubação, manejo de solos tropicais, produção integrada e análise química de solo e planta.

## LISTA DE AUTORES

- Adalton Mazetti Fernandes  
Aildson Pereira Duarte  
Alexandre de Vicente Ferraz  
Alisson Fernando Chiorato  
Amarilis Beraldo Rós  
Anderson Tatsuo Watanabe  
André Cesar Vitti  
André Luis Trani  
Andréia Cristina Silva Hirata  
Angela Maria Cangiani Furlani  
Antonio Fernando Caetano Tombolato  
*(in memoriam)*  
Antonio Lúcio Mello Martins  
Arlete Marchi Tavares de Melo  
Arthur Bernardes Cecílio Filho  
Bernardo van Raij  
Carlos Alexandre Costa Cruscio  
Carlos Amano  
Carlos Eduardo de Oliveira Camargo  
*(in memoriam)*  
Carlos Eduardo Ferreira de Castro  
Caroline de Moura D'Andréa Mateus  
Ciro Antonio Rosolem  
Clarice Backes  
Claudimir Pedro Penatti  
Clóvis de Toledo Piza Junior  
Cristiaini Kano  
Danilo Eduardo Rozane  
Décio Leite  
Denizart Bolonhezi  
Dirceu Mattos Jr.  
Edmilson José Ambrosano  
Edson Akira Kariya  
Edson Shigueaki Nomura  
Eduardo Barreto Aguiar  
Eduardo Sawazaki  
Elaine Bahia Wutke  
Eliane Gomes Fabri  
Erasmo José Paioli Pires  
Erval Rafael Damatto Junior  
Estêvão Vicari Mellis  
Fabio Luiz Dias  
Fernando Cesar Bachiega Zambrosi  
Francisco Antonio Passos  
Gaspar Henrique Korndörfer  
Gilberto Job Borges de Figueiredo  
Glauber José de Castro Gava  
Godofredo Cesar Vitti  
Heitor Cantarella  
Henrique Bellinaso  
Henrique Coutinho Junqueira Franco  
Hilario Miranda da Silva Filho  
Humberto Sampaio de Araújo  
Ignácio José de Godoy  
Iraê Amaral Guerrini  
Issao Ishimura  
Joaquim Adelino de Azevedo Filho  
José Antonio de Fátima Esteves  
José Antonio Quaggio  
José Braga Semis  
José Carlos Arthur Junior  
José Carlos Cavichioli  
José Carlos Feltran  
José Eduardo Pereira  
José Guilherme de Freitas  
*(in memoriam)*  
José Henrique Tertulino Rocha  
José Leonardo de Moraes Gonçalves

José Luiz Hernandes  
José Maria Breda Júnior  
José Osmar Lorenzi  
Juliana Rolim Salomé Teramoto  
Laura Maria Molina Meletti  
Leandro Borges Lemos  
Leandro José Grava de Godoy  
Lucchesi Teodoro  
Luís Felipe Villani Purquerio  
Luís Fernando de Aguiar  
Luiz Antonio Ferraz Matthes  
Luiz Antonio Junqueira Teixeira  
Luiz Henrique Carvalho  
Marcelo Ronaldo Villa  
Marcelo Vieira  
Marcio Koiti Chiba  
Marco Antonio Tecchio  
Marcos José Perdoná  
Maria Cecília Cardoso  
Mário Ivo Drugowich  
Maurilo Monteiro Terra  
Mauro Sakai (*in memoriam*)  
Mônica Sartori de Camargo  
Nelson Machado da Silva  
Nelson Raimundo Braga  
Newton do Prado Granja  
Nobuyoshi Narita  
Oliveiro Basílio Bassetto Júnior  
Ondino Cleante Bataglia  
Orivaldo Arf  
Paulo Bardaul Alcântara  
Paulo Boller Gallo  
Paulo Cesar Ocheuse Trivelin  
Paulo César Reco  
Paulo Espíndola Trani  
Rafael Otto  
Raffaella Rossetto  
Ricardo Mikami  
Ricardo Moncorvo Tonet  
Roberto Antonio Thomaziello  
Roberto Botelho Ferraz Branco  
Roberto Hiroto Anbo  
Roberto Lyra Villas Bôas  
Rodrigo Marcelli Boaretto  
Rogério Peres Soratto  
Rogério Soares de Freitas  
Ronaldo Severiano Berton  
Sally Ferreira Blat  
Sebastião de Lima Júnior  
Sebastião Wilson Tivelli  
Sergio Augusto Moraes Carbonell  
Sérgio Minoru Hanai  
Simone da Costa Mello  
Tais Tostes Graziano  
Takenobu Miazato  
Thiago Leandro Factor  
Valdeir José dos Santos  
Valdemir Antonio Peressin  
Valdinei Tadeu Paulino  
Valéria Aparecida Modolo  
Vanderlei Barbosa  
Walter José Siqueira  
Willian Natale

## PREFÁCIO

É com enorme satisfação que a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo apresenta a edição 2022 das Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo, publicação tradicionalmente conhecida como Boletim 100.

Liderada por pesquisadores do Instituto Agronômico (IAC), um dos órgãos de pesquisa da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, esta obra, produzida a muitas mãos, traduz o esforço de cientistas e técnicos de várias instituições para trazer recomendações práticas para os agricultores paulistas e brasileiros. As recomendações englobam mais de 130 culturas e foram escritas com a colaboração de 127 cientistas e especialistas dos institutos de pesquisa da Secretaria, assim como de universidades e empresas.

Fertilizantes e corretivos de acidez são insumos sem substitutos para a agricultura. Esses produtos representam cerca de 30% dos custos de produção das lavouras e são fundamentais para garantir a produtividade agrícola e o retorno econômico para os agricultores. As recomendações deste Boletim 100 são apoiadas em conhecimentos científicos consolidados em décadas de pesquisa e servem de base segura para o manejo da nutrição das culturas agrícolas visando à produção com qualidade, lucratividade e respeito ao ambiente.

Esta obra é mais uma importante contribuição da Secretaria na sua missão de apoiar os agricultores e a agricultura de São Paulo e de todo o Brasil.

**Francisco Matturro**

Secretário de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo



# SUMÁRIO

página

<b>1. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.....</b>	1
Resumo .....	1
Abstract.....	2
1. Introdução .....	3
2. Amostragem de solo e de folhas .....	5
3. Representação dos resultados de análises de solos e folhas.....	6
4. Interpretação de resultados de análise de solo e de folhas .....	7
5. Produtividade esperada.....	8
6. Compondo as tabelas de adubação e calagem .....	9
7. Implementação das recomendações.....	13
7.1. Adubos simples .....	13
7.2. Fórmulas NPK.....	13
7.3. Adição de enxofre e de micronutrientes .....	14
7.4. Modos e épocas de aplicação dos corretivos e fertilizantes .....	15
<b>1.1. Amostragem do solo para fins de fertilidade.....</b>	17
1. Introdução .....	17
2. Definição de glebas para amostragem e registro de análises.....	18
3. Coleta das amostras de solo .....	19
3.1. Ferramentas para a amostragem.....	19
3.2. Cuidados na amostragem e identificação das glebas .....	19
3.3. Local de amostragem.....	20
3.4. Número de subamostras para compor a amostra composta .....	21
3.5. Frequência e época de amostragem.....	23
3.6. Profundidade de amostragem.....	24
3.7 Amostragem do solo para fins de fertilidade em ambiente protegido.	25
3.8. Avaliação da fertilidade do solo em agricultura de precisão .....	26
<b>1.2. Composição química de plantas, amostragem e diagnose do estado nutricional das plantas.....</b>	28
1. Introdução .....	28
2. Composição química das plantas .....	29
3. Amostragem de folhas para análise química .....	29
4. Diagnose foliar .....	31
Referências.....	32
<b>1.3. Fertilizantes - composição e garantias mínimas.....</b>	33
1. Compatibilidade entre fertilizantes sólidos em misturas .....	38
2. Fertilizantes para hidroponia e fertirrigação .....	38
3. Fatores de conversão .....	41
Referências.....	42

<b>1.4. Adubação orgânica .....</b>	43
1. Adubos orgânicos .....	43
2. Estercos de origem animal.....	44
3. Compostos.....	45
4. Resíduos urbanos e industriais .....	45
5. Adubos verdes.....	48
6. Adubos organominerais .....	49
Referências.....	52
<b>2. Conceitos de fertilidade do solo aplicados à calagem e adubação.....</b>	53
<b>2.1. O sistema IAC de análise de solo .....</b>	53
1. Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo.....	54
Referências.....	59
<b>2.2. Manejo da acidez do solo.....</b>	61
1. Acidez do solo e a agricultura brasileira .....	61
2. Interpretação dos atributos da acidez dos solos.....	62
3. Respostas das culturas à calagem .....	63
3.1. Sensibilidade das culturas à acidez dos solos .....	63
3.2. Subsolos ácidos e as barreiras químicas ao crescimento radicular ...	64
4. Métodos para avaliação da necessidade de calagem.....	67
5. Corretivos de acidez dos solos.....	69
6. Distribuição e incorporação do corretivo .....	73
6.1. Distribuição do calcário.....	73
6.2. Redução da acidez do subsolo.....	74
Referências.....	83
<b>2.3. Nitrogênio .....</b>	86
1. Nitrogênio na planta.....	86
2. Nitrogênio no solo e critérios para recomendações de adubação.....	87
3. Manejo da adubação com nitrogênio.....	89
4. Fertilizantes nitrogenados .....	91
Referências.....	94
<b>2.4. Fósforo .....</b>	95
1. Fósforo no solo .....	95
2. Fósforo na planta .....	98
3. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo e critérios para a interpretação de resultados.....	99
4. Fontes fertilizantes de fósforo.....	103
5. Manejo da adubação fosfatada .....	104
Referências.....	105

<b>2.5. Potássio .....</b>	106
1. Potássio no solo .....	106
2. Potássio na planta .....	107
3. Interpretação da análise de solo para potássio.....	108
4. Fontes de fertilizante com potássio para a agricultura .....	110
5. Manejo da adubação com potássio .....	111
Referências.....	112
<b>2.6. Cálcio, magnésio e enxofre .....</b>	113
1. Macronutrientes secundários .....	113
2. Cálcio e magnésio no solo.....	113
3. Enxofre no solo.....	114
4. Cálcio, magnésio e enxofre na planta .....	115
5. Interpretação da análise de solo para cálcio, magnésio e enxofre .....	116
6. Corretivos, condicionadores e fertilizantes como fontes de cálcio, magnésio e enxofre.....	118
7. Manejo diferencial de cálcio, magnésio e enxofre para a produção agrícola...	119
Referências.....	120
<b>2.7. Micronutrientes .....</b>	121
1. Introdução .....	121
2. Micronutrientes no solo.....	122
3. Micronutrientes na planta.....	123
4. Fertilizantes contendo micronutrientes .....	126
5. Fertilização com micronutrientes.....	127
<b>2.8. Manejo da fertirrigação em solos tropicais .....</b>	130
1. Introdução .....	130
2. Eficiência de uso de nutrientes .....	135
2.1. Citros.....	135
2.1.1. Demanda dos citros por nutrientes .....	135
2.1.2. Eficiência de uso de nutrientes na citricultura .....	136
2.2. Café .....	143
2.2.1. Demanda do cafeiro por nutrientes .....	143
2.3. Banana.....	147
2.3.1. Demanda da bananeira por nutrientes .....	147
2.3.2. Fertirrigação e efeitos em características químicas do solo..	148
2.3.3. Fertirrigação e efeitos na planta .....	149
2.4. Recomendações práticas para a fertirrigação de culturas perenes em solos tropicais .....	150
Referências.....	152

<b>2.9. Hidroponia .....</b>	154
1. Informações gerais.....	154
2. Manejo da solução nutritiva.....	155
2.1. Sais e fertilizantes recomendados.....	155
2.2. Monitoramento do pH e condutividade elétrica da solução nutritiva..	157
2.3. Faixa de concentrações de nutrientes na solução nutritiva para o cultivo de plantas em hidroponia .....	158
<b>3. Tabelas de recomendações de calagem do Boletim 100 .....</b>	160
<b>    3.1. Algodão .....</b>	160
1. Informações gerais.....	160
2. Exportação de nutrientes .....	161
3. Amostragem e análise química de folhas.....	161
4. Composição química e diagnose foliar do algodoeiro .....	161
5. Recomendações de adubação e calagem para o algodoeiro .....	162
<b>    3.2. Café .....</b>	165
1. Informações gerais.....	165
2. Exportação de nutrientes .....	166
3. Amostragem foliar para o cafeiro.....	166
4. Interpretação dos teores de nutrientes foliares .....	167
5. Amostragem de solo.....	167
6. Recomendações de adubação e calagem para o cafeiro.....	168
<b>    3.3. Cana-de-açúcar .....</b>	177
1. Considerações gerais .....	177
2. Composição química e diagnose foliar .....	178
3. Instruções para amostragem de folhas de cana-de-açúcar .....	179
4. Amostragem de solo e espaçamento da cultura .....	180
5. Uso de subprodutos da agroindústria canavieira e adubação verde ...	182
6. Adubação mineral de plantio .....	183
7. Adubação mineral da cana-soca .....	185
<b>    3.4. Citros .....</b>	187
1. Considerações gerais .....	187
2. Exportação de nutrientes .....	187
3. Amostragem e análise química de folha.....	188
4. Instruções para a amostragem foliar para citros.....	188
5. Amostragem de solo em pomares .....	190
6. Recomendações de adubação e calagem para os citros .....	191

<b>3.5. Milho .....</b>	199
1. Informações gerais.....	199
2. Composição química, amostragem de folhas e diagnose foliar.....	200
3. Milho para grãos e silagem.....	201
4. Milho pipoca .....	205
<b>3.6. Soja .....</b>	209
1. Informações gerais.....	209
<b>3.7. Cereais .....</b>	213
1. Informações gerais.....	213
2. Composição química, amostragem de folhas e diagnose foliar.....	214
3. Arroz de sequeiro .....	218
4. Arroz irrigado.....	220
5. Aveia e Centeio.....	223
6. Cevada .....	225
7. Sorgo granífero, forrageiro e vassoura .....	227
8. Sorgo sacarino e biomassa.....	230
9. Trigo e triticale de sequeiro.....	234
10. Trigo irrigado e triticale irrigado .....	236
<b>3.8. Leguminosas e oleaginosas .....</b>	239
1. Informações gerais.....	239
2. Composição química e diagnose foliar .....	240
3. Amendoin.....	243
4. Ervilha-de-grãos .....	245
5. Feijão .....	246
6. Feijão-adzuki e Feijão-mungo.....	249
7. Gergelim (ou Sésamo) .....	250
8. Girassol .....	252
9. Grão-de-bico.....	253
10. Leguminosas de adubos verdes: Crotárias, Ervilhaca, Feijão-de-porco, Feijão-guandu, Labe-labe, Mucuna preta, Mucuna anã e Tremoço .....	254
11. Mamona .....	255
12. Outras leguminosas graníferas: Caupi, Feijão-arroz, Guar e Lentilha..	257
<b>3.9. Frutíferas .....</b>	259
1. Informações gerais.....	259
1.1. Teores de macronutrientes primários em frutas.....	260
1.2. Amostragem de folhas e diagnose foliar .....	260

2. Abacate.....	265
3. Abacaxi .....	268
4. Acerola ou Cereja das Antilhas .....	270
5. Banana .....	272
6. Caqui .....	277
7. Coco.....	280
8. Frutas de clima temperado I: Ameixa, Nêspora, Pêssego, Nectarina e Damasco-Japonês (Umê).....	282
9. Frutas de clima temperado II: Figo, Maçã, Marmelo e Pêra em pomar compacto.....	285
10. Goiaba .....	287
11. Mamão .....	290
12. Manga .....	293
13. Maracujá.....	296
14. Macadâmia.....	300
15. Uvas comuns para mesa e vinho .....	303
16. Uvas finas para mesa e vinho.....	308
<b>3.10. Raízes e tubérculos.....</b>	<b>314</b>
1. Informações gerais.....	314
2. Composição mineral, amostragem de folhas e diagnose foliar.....	315
3. Batata .....	318
4. Mandioca de Mesa .....	321
5. Mandioca para Indústria.....	325
6. Batata-doce .....	329
7. Inhame.....	331
8. Mandioquinha-salsa.....	334
9. Araruta industrial.....	335
10. Taro .....	337
<b>3.11. Hortaliças .....</b>	<b>339</b>
1. Informações gerais.....	339
2. Abobrinha Italiana, Abobrinha Brasileira, Abóbora Seca, Moranga e Abóbora Híbrida Japonesa .....	353
2.1. Abobrinha Italiana .....	355
2.2. Abobrinha Brasileira, Abóbora Seca, Moranga e Abóbora Japonesa ..	356
3. Aipo (Salsão).....	358
4. Alcachofra.....	360
5. Alface, Almeirão, Agrião D'água, Chicória, Coentro, Espinafre e Rúcula ..	362
6. Alho .....	366
7. Alho-poró e Cebolinha.....	369
8. Aspargo .....	371

9. Berinjela e Jiló .....	373
10. Beterraba .....	377
11. Brócolis, Couve-Flor e Repolho .....	379
12. Cebola .....	382
13. Cenoura .....	386
14. Chuchu .....	388
15. Couve de folha .....	392
16. Feijão-Vagem, Feijão-Fava, Feijão-de-Lima e Ervilha Torta (ou Ervilha-de-Vagem) .....	395
17. Melancia e Melão .....	398
18. Morango.....	401
19. Nabo e Rabanete .....	404
20. Pepino.....	406
21. Pimentão e Pimenta-Hortícola.....	410
22. Quiabó.....	414
23. Salsa .....	416
24. Tomate de Mesa .....	419
25. Tomate para Indústria .....	424
<b>3.12. Forrageiras.....</b>	<b>428</b>
1. Informações gerais.....	428
2. Composição química, amostragem de folhas e limites de interpretação.....	429
3. Recomendações de adubação e calagem .....	431
<b>3.13. Plantações florestais e seringueira.....</b>	<b>437</b>
1. Introdução .....	437
2. Fases nutricionais do povoamento florestal .....	438
3. Avaliação da necessidade de fertilização.....	439
3.1. Análise química do solo .....	439
3.2. Análise foliar .....	440
4. Eucalipto e Pinus.....	442
4.1. Calagem.....	442
4.2. Aplicação de gesso e suprimento de enxofre.....	443
4.3. Recomendações de fertilização nitrogenada, fosfatada e potássica.....	444
4.4. Fertilização de plantio ou de base .....	446
4.5. Fertilização de cobertura.....	446
4.6. Época de aplicação.....	447
4.7. Fertilização com micronutrientes .....	447
4.7.1. Forma e época de aplicação dos micronutrientes .....	448
5. Fertilização da brotação do eucalipto.....	448
5.1. Calagem.....	449
5.2. Recomendações de fertilização .....	449

6. Reflorestamento misto com espécies típicas da Mata Atlântica.....	451
6.1. Calagem.....	451
6.2. Fertilização nitrogenada, fosfatada e potássica.....	451
6.3. Micronutrientes .....	452
6.4. Forma e época de aplicação dos fertilizantes .....	452
7. Seringueira .....	453
<b>3.14. Ornamentais, flores e palmito pupunha .....</b>	<b>457</b>
1. Informações gerais e diagnose foliar .....	457
2. Uso de substratos comerciais.....	459
3. Amarílis.....	459
4. Antúrio.....	461
5. Crisântemo.....	462
6. Gladiólo .....	463
7. Gloxinia.....	464
8. Gypsophila .....	465
9. Plantas ornamentais arbóreas .....	466
10. Plantas ornamentais arbustivas e herbáceas.....	467
11. Rosa.....	468
12. Violeta-africana.....	470
13. Palmito pupunha.....	471
13.1. Informações gerais.....	471
13.2. Recomendações de adubação e calagem para a pupunha .....	472
<b>3.15. Gramados .....</b>	<b>475</b>
1. Informações gerais.....	475
2. Composição química, amostragem de folhas e diagnose foliar.....	476
2.1. Composição química.....	476
2.2. Amostragem de folhas .....	477
2.3. Diagnose foliar.....	477
3. Recomendações de calagem e adubação .....	478
<b>3.16. Plantas estimulantes.....</b>	<b>483</b>
1. Informações gerais.....	483
2. Composição química e diagnose foliar .....	483
3. Cacau.....	485
4. Chá .....	487
5. Fumo.....	488

# 1. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

---

## Editores

Heitor Cantarella (<sup>1</sup>)  
José Antonio Quaggio (<sup>1</sup>)  
Dirceu Mattos Jr. (<sup>1</sup>)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (<sup>1</sup>)  
Bernardo van Raij (<sup>1</sup>)

## RESUMO

O Boletim 100 - Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo (B-100) integra dados sobre nutrição e adubação de plantas com a finalidade de traduzir, em recomendações práticas, conhecimentos gerados na pesquisa e extensão sobre o manejo nutricional das culturas no estado de São Paulo e regiões subtropicais do Brasil. A edição 2022 do B-100 dá sequência às edições anteriores de 1985 e 1996, e traz recomendações para mais de 130 espécies de interesse econômico que englobam desde as principais culturas em área plantada, como soja, café, citros, cana-de-açúcar, algodão, cereais, leguminosas e oleaginosas, frutas, raízes e tubérculos, além de forrageiras, florestas, gramados, plantas ornamentais e estimulantes, como cacau e chá. As recomendações estão ancoradas em princípios sólidos como análise de solo e de plantas, e dados experimentais do Brasil, bem como compilados da literatura internacional.

As tabelas de recomendações desta edição foram revisadas para atender as necessidades nutricionais e os altos patamares de produtividade da moderna agricultura brasileira, assim como o retorno econômico para o agricultor. Além disso, essas tabelas foram simplificadas para evitar um grande e desnecessário número de combinações de formulações de fertilizantes que dificultam a implementação das melhores recomendações de manejo.

Ao mesmo tempo, as recomendações visam preservar a fertilidade e produtividade do solo em médio e longo prazo, e evitar acúmulos

---

(<sup>1</sup>) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

injustificados de nutrientes no solo que possam comprometer a lucratividade e gerar legados ambientalmente prejudiciais.

Os capítulos conceituais foram bastante expandidos para permitir a melhor compreensão das recomendações deste B-100. Os tópicos abordados incluem informações sobre métodos de análise de solo, instruções para amostragem de solo e folhas, critérios para correção de acidez, comportamento dos nutrientes no solo e nas plantas, composição e garantias mínimas legais de fertilizantes minerais e orgânicos, uso de fertirrigação e hidroponia. Foram compilados e organizados os valores de referência de teores adequados de nutrientes nas folhas e as quantidades de nutrientes extraídas e exportadas pelas colheitas. Esses dados, nem sempre acessíveis aos não especialistas, permitem que técnicos e agricultores tenham informações adequadas para acompanhar o desenvolvimento de suas lavouras e para tomar decisões embasadas tecnicamente para o manejo de suas lavouras por meio do balanço de entradas e saídas de nutrientes.

**Palavras-chave:** recomendações de adubação, calagem, análise de solo, estado nutricional, exportação de nutrientes, fertilizantes.

## ABSTRACT

### FERTILIZER AND LIME RECOMMENDATION FOR THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

The Boletim 100 - Fertilizer and Lime Recommendations for the State of São Paulo (B-100) integrates data on plant nutrition and fertilization to translate into practical recommendations, the knowledge generated in research and extension on crop nutrition in the State of São Paulo and the subtropical regions of Brazil. The 2022 Edition of B-100 follows the previous editions of 1985 and 1996, and brings recommendations for more than 130 crop species of economic interest that encompass the main crops in planted area, such as soybeans, coffee, citrus, sugarcane, cotton, cereals, legumes and oilseeds, fruits, roots and tubers, in addition to forage species, forests, lawns, ornamental plants, and stimulant crops such as cocoa and tea. The fertilizer guidelines are supported by solid principles on soil and plant analysis, experimental data from Brazil, and information compiled from the Brazilian and international literature.

The fertilizer guidelines have been revised to meet the nutritional needs and high levels of productivity of the modern Brazilian agriculture, as well as the economic return for farmers. In addition, the guidelines have been simplified to reduce a large and unnecessary number of combinations of fertilizer formulations and to facilitate the implementation of the best recommendations.

At the same time, the recommendations aim to preserve soil fertility and productivity in the medium and long term, and to avoid the unjustified soil accumulation of nutrients that could compromise profitability and generate environmentally detrimental legacies.

The conceptual chapters have been greatly expanded to allow a better understanding of the recommendations of the B-100. Topics covered include information on methods of soil analysis, instructions for soil and leaf sampling, criteria for acidity correction, the reaction and functioning of nutrients in soils and plants, the composition, and minimum legal guarantees of nutrients in mineral and organic fertilizers, the use of fertigation, and hydroponics. Reference values for adequate leaf nutrient contents and the amounts of nutrients extracted and exported by crops were compiled and organized. These data, not always accessible to non-specialists, allow technicians and farmers to monitor the development of their crops and make informed decisions for crop management based on the balance of nutrient inputs and outputs.

**Key words:** fertilizer recommendations, fertilizer guidelines, liming, soil analysis, nutritional status, nutrient extraction and export, fertilizers.

## 1. INTRODUÇÃO

Esta é a edição 2022 do Boletim 100 (B-100), revisada e atualizada. Desde a segunda edição, publicada em 1997, a agricultura paulista e brasileira passou por grandes mudanças, bem como por avanços no conhecimento sobre manejo da fertilidade do solo, as quais justificaram a atualização desta publicação, que se tornou referência para as recomendações de adubação e calagem.

A evolução da agricultura brasileira tem sido notável. Novos insumos, novas cultivares e híbridos, mais exigentes, têm sido lançados. Os agricultores brasileiros se tornaram mais receptivos à adoção de novas tecnologias e informações para se manterem competitivos. Com

isso, os patamares de produção e produtividade da maior parte das culturas no país cresceram consistentemente. Como consequência, as plantas passaram a extrair mais nutrientes do solo e exportá-los com as maiores colheitas. Assim, as recomendações de adubação devem acompanhar estas mudanças, que são justamente o que esta edição do B-100 contempla.

Os princípios não mudaram, mas as recomendações evoluíram para maior precisão. A análise de solo baseada no "Sistema IAC de Análises de Solo" continua sendo o ponto central para o diagnóstico da disponibilidade de nutrientes no solo e recomendações de uso de calcário e fertilizantes, exceto para o nitrogênio (N). O diagnóstico da fertilidade do solo e da disponibilidade de nutrientes para as plantas permitem otimizar as doses de insumos recomendadas para aumentar a produtividade e o retorno econômico para os agricultores, ao mesmo tempo que permitem evitar doses excessivas que, além de antieconômicas, podem causar impactos ambientais indesejados.

A boa avaliação da fertilidade começa com métodos de análise apropriados para solos tropicais. As recomendações do B-100 têm por base critérios de interpretação de resultados de análises realizadas com o Sistema IAC de Análise de Solos, desenvolvido há décadas para privilegiar a qualidade do diagnóstico.

O B-100 faz uso de uma ampla gama de elementos e indicadores fornecidos pela análise de solo. As determinações básicas são a matéria orgânica, o pH em cloreto de cálcio (Ca), o fósforo (P) extraído do solo com resina trocadora de íons, os teores trocáveis de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al) e a acidez total a pH 7 (H+Al). Os valores calculados são a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases (V).

O uso da análise de solo nesta publicação inclui também determinações de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), para amostras da camada arável do solo, e argila e interpretação da disponibilidade de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e alumínio trocável em amostras do subsolo.

Além da análise de solo, a análise foliar tem papel relevante para orientar as adubações de várias culturas, não só para definir doses de nutrientes, como o N, mas também para corrigir deficiências que possam aparecer durante o ciclo das espécies agrícolas. Para isso, o B-100 traz

tabelas com os teores foliares adequados de macro e micronutrientes para mais de uma centena de culturas.

A produtividade esperada tem um papel relevante na definição das doses de nutrientes, pois a extração dos elementos do solo e a exportação pelas colheitas são aproximadamente proporcionais à expectativa de produtividade.

O novo B-100 traz recomendações para uma grande variedade de culturas. Para as culturas de maior importância, como algodão, café, cana-de-açúcar, citros, milho e soja, para as quais há ampla experimentação, as recomendações são apresentadas em capítulos individuais. Contudo, para outras espécies, cujo dados disponíveis na literatura local são limitados, as recomendações estão apresentadas em grupos que possuem características comuns, como cereais, leguminosas e oleaginosas, hortaliças, frutíferas e ornamentais. Então, para as recomendações nesses casos, os autores recorrerem à literatura e informações de várias fontes. A decisão de incluir recomendações para culturas com poucos dados se deve ao fato que é mais fácil para os especialistas sugerirem adubações do que deixar o problema para técnicos e extensionistas com limitado acesso à literatura especializada.

Os resultados de análises de solo e de plantas apresentam-se no Sistema Internacional de Unidades (SI). No caso de corretivos e fertilizantes isso ainda não é possível, e as recomendações são dadas nos moldes antigos, empregando-se as notações de óxidos. Nos capítulos mais gerais avançam-se um pouco em indicar conteúdos e cálculos para corretivos e fertilizantes com base no Sistema Internacional de Unidades. O capítulo sobre Fertilizantes - composição e garantias mínimas, traz uma tabela de conversão de unidades para facilitar a transformação pelo usuário.

## 2. AMOSTRAGEM DE SOLO E DE FOLHAS

A amostragem de solo é a primeira etapa em um bom programa de calagem e adubação. Nunca é demais lembrar que, por melhor que seja a análise química, ela não pode corrigir falhas na coleta da amostra ou na sua representatividade. Os mesmos conceitos para coleta e representatividade da amostra de solo são aplicados à amostragem de folhas para fins de avaliação do estado nutricional das culturas.

Via de regra, deve-se procurar estabelecer sistemas de amostragem de solo e folhas que contemplem mesma área de produção ou áreas bastante similares (solo, cultivar ou a combinação copa e porta-enxerto e manejo, por exemplo), para que seja possível avaliar a evolução da reserva de nutrientes no solo e o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, que definirão produtividade e servirão de base para as recomendações da adubação das culturas.

Além da amostragem de folhas, a amostragem de planta inteira ou parte colhida para análise química é realizada para se estimar a exportação de nutrientes pelas colheitas. Devido à importância do assunto, a amostragem de solo e folhas são tratadas em capítulos à parte no B-100 2022.

### 3. REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLOS E FOLHAS

As bases de representação de unidades são o quilograma (kg) ou o decímetro cúbico ( $\text{dm}^3$ ) para sólidos e o litro (L) para líquidos. Concentrações de nutrientes são expressas em quantidade de matéria, podendo ser usados mol de carga (mol<sub>c</sub>) ou milimol de carga (mmol<sub>c</sub>). Para massa, empregam-se grama (g) ou miligrama (mg). Medidas de concentração em porcentagem são evitadas conforme as normas SI, mas foram preservadas em tabelas que reproduzem dados de instruções normativas legais, como a legislação sobre fertilizantes.

Os resultados de cátions trocáveis, cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), de acidez total a pH 7 ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ), de soma de bases (SB) e de capacidade de troca de cátions (CTC) são apresentados em  $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Os resultados de P, de S ( $\text{S-SO}_4^{2-}$ ) e dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn são apresentados em  $\text{mg dm}^{-3}$ . A representação em ppm tem sido usada de forma ambígua e, por isso, o seu uso foi descontinuado.

Os resultados de matéria orgânica (MO) são apresentados em  $\text{g dm}^{-3}$ . A saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m) são expressas em porcentagem (%). Note-se que estes são índices calculados e não representações de concentrações ou teores. Nesses casos, é admitido o uso da porcentagem.

Para folhas, as porcentagens (%), outrora comuns, foram substituídas por g kg<sup>-1</sup> para os macronutrientes, e por mg kg<sup>-1</sup> para os micronutrientes.

#### 4. INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE FOLHAS

Além da interpretação da análise de solo para teores disponíveis de P, K e Mg, há também tabelas de interpretação para teores de S e micronutrientes. A tabela de interpretação de P é subdividida para quatro grupos de culturas, de acordo com o grau de exigência ao nutriente.

Para Ca, uma forma prática para a interpretação da disponibilidade do nutriente no solo é feita por meio da saturação por bases do solo (V). Também, resultados da análise química de amostras do subsolo são interpretados.

A presente edição mantém as interpretações para respostas a N da versão anterior. Destaca-se que o teor de matéria orgânica do solo não revelou ser, no estado de São Paulo, um índice adequado para predizer a disponibilidade de N em solos e, consequentemente, não tem sido usado para essa finalidade.

O teor de matéria orgânica geralmente está associado ao teor de argila e pode ser útil para dar ideia da textura do solo, com valores até de 15 g dm<sup>-3</sup> para solos arenosos, entre 16 e 30 g dm<sup>-3</sup> para solos de textura média e de 31 a 60 g dm<sup>-3</sup> para solos argilosos. Valores muito acima de 60 g dm<sup>-3</sup> indicam acúmulo de matéria orgânica no solo por condições localizadas, em geral por má drenagem ou acidez elevada.

É importante obter determinações dos teores de argila do solo, não somente da camada arável, mas também em profundidade. Os resultados são expressos em g kg<sup>-1</sup>.

A interpretação da análise química de folhas é apresentada para macro (N, P, K, Ca, Mg e S, em g kg<sup>-1</sup>) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, em mg kg<sup>-1</sup>). Micronutrientes como cloro (Cl) e níquel (Ni), embora requeridos pelas plantas, de acordo com os critérios de essencialidade, normalmente não são limitantes à produção da maioria das culturas no campo, em vista da baixa demanda ou do suprimento indireto que ocorre, por exemplo quando da aplicação de cloreto de K.

Níveis críticos da concentração de nutrientes nas folhas, determinados experimentalmente por curvas de resposta, permitem a interpretação de valores, abaixo ou acima dos quais, a produção é comprometida.

Assim, o B-100 apresenta faixas de teores adequados, com as quais o programa de adubação das culturas deve ser ajustado para a máxima produção econômica. Para culturas com maior experimentação, são apresentadas faixas de concentração que permitem definir se a concentração do nutriente é baixa, adequada ou alta, com as quais, as doses de fertilizantes são mais bem ajustadas para máxima produção econômica.

Devido à importância do assunto, interpretações desses resultados de análises químicas são apresentadas em capítulos à parte nesta edição do B-100.

## 5. PRODUTIVIDADE ESPERADA

O conceito de produtividade esperada como um critério para determinar as doses de nutrientes está bem estabelecido. Há razões objetivas para considerar a produtividade esperada nas adubações: a) culturas mais produtivas requerem maiores quantidades de nutrientes; b) com maiores produções, há maior renda, o que permite a aquisição de maiores quantidades de fertilizantes.

É importante entender que a produtividade esperada não é função apenas das doses aplicadas de fertilizantes. Esta depende também de diversos fatores, tais como tipo de solo, potencial genético da planta cultivada, condições do clima durante o ciclo da cultura e o manejo, incluindo neste o controle de pragas, moléstias e plantas daninhas, e o fornecimento ou não de água de irrigação. O solo pode, em parte, ser melhorado com o manejo, fator este sob o controle do produtor, mas também apresentar limitações intrínsecas impossíveis de serem alteradas, como textura, por exemplo. Portanto, produtividade esperada não deve ser confundida com produtividade desejada.

A definição da produtividade esperada deve levar em conta informações sobre o histórico das colheitas obtidas nos anos anteriores, pois o conjunto dos anos reflete o potencial produtivo da área e o nível tecnológico empregado no campo. Assim, a meta de produtividade esperada deve ser estabelecida entre a média dos últimos anos e a maior

produtividade obtida. Dessa maneira, garante-se o suprimento adequado de nutrientes para produções crescentes. Se as metas de produtividade esperada forem atingidas, poder-se-á aumentá-las para as colheitas seguintes.

Embora a escolha de uma produtividade esperada seja um difícil exercício de prever o futuro, não existe alternativa melhor para as recomendações de adubação em condições de produtividade muito diversa das culturas. É melhor errar um pouco para mais, para não deixar de ganhar em anos bons, lembrando que os aumentos de produção, geralmente, têm valores muitas vezes maiores que o gasto com adubos. Além disso, P e K permanecem no solo, no caso de menor utilização, em anos de produtividades inferiores às previstas, não ocorrendo perdas significativas destes nutrientes.

O problema maior passa a ser o manejo do N, que não se acumula no solo em formas minerais, ficando sujeito à lixiviação, além de não existir método de análise de solo para o nutriente em nossas condições. Por outro lado, como a aplicação do N é feita de forma parcelada, com as maiores doses aplicadas quando o desenvolvimento da cultura já está em estado adiantado, é possível alterar sua dosagem mesmo após o plantio, nas adubações de cobertura, caso se preveja produtividade esperada menor do que a inicialmente prevista. Para algumas culturas perenes, como café e citros, por exemplo, é possível utilizar um critério mais técnico, que é a análise foliar, mas também vinculado à produtividade esperada.

O histórico de produção das glebas ou talhões é, consequentemente, um fator muito importante para a melhor definição de um programa de adubação. Espera-se que, com o tempo, a previsão de produtividade possa se embasar, de forma crescente, em elementos técnicos cada vez melhores, que incluem modelos agroclimáticos, levantamentos detalhados de solos, sensoriamento remoto com ferramentas multiespectrais, por exemplo, e outros.

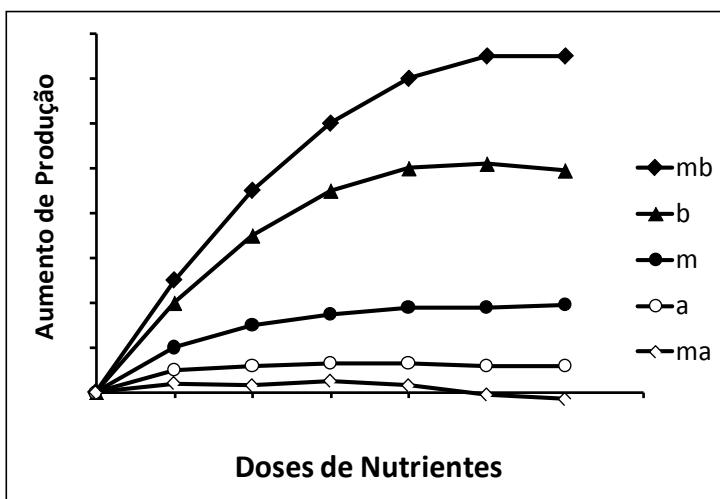
## 6. COMPOndo AS TABELAS DE ADUBAÇÃO E CALAGEM

As tabelas de adubação do B-100 são montadas com base na análise de solo - o principal diagnóstico da disponibilidade de nutrientes para as

plantas. Além da análise de solo, outros critérios são utilizados, os quais incluem o estado nutricional das plantas, avaliado pela análise química de folhas (especialmente no caso do N), a expectativa de produtividade, as curvas de respostas obtidas experimentalmente, particularidades da cultura e, em alguns casos, relações de nutrientes no solo e nas plantas. As faixas de teores de macro e micronutrientes no solo são apresentadas no capítulo sobre conceitos da fertilidade do solo aplicados à calagem e adubação do B-100 (Capítulo 2).

A definição das faixas de teores de nutrientes no solo, obtidas por experimentação, estabelece pontos importantes para guiar a confecção das tabelas de recomendações de calagem e adubação (Figura 1). Por exemplo, as faixas de teores "muito baixos" (mb) implicam que o solo não tem quantidades de nutrientes disponíveis para sustentar altas produtividades. As respostas à aplicação de nutrientes são bastantes altas. Solos nessas faixas de teores devem receber doses de nutrientes que supram a extração e exportação do nutriente em questão e deixam um adicional para enriquecer o solo de modo que ele passe, com o tempo, para faixas superiores. O mesmo se aplica para os teores "baixos" (b); porém o excedente de nutrientes pode ser menor.

Para solos com teores "médios" (m), as respostas à adubação esperadas são pequenas. As doses de nutrientes devem suprir as exportações, com um pequeno adicional para a manutenção dos teores no solo e, para culturas mais exigentes, elevar este teor. Quando o solo tiver teores "altos" (a), a adubação deve ser aproximadamente aquela necessária para repor as quantidades de nutrientes exportadas pelas colheitas. Para culturas de baixo valor econômico, as doses podem ser um pouco menores do que as necessárias para repor a exportação. Em solos com teores "muito altos" (ma), as doses devem ser menores do que as exportações. Nesse caso, não há aumento de produção em função da adubação e a manutenção dos teores muito altos no solo, além de ser onerosa, pode aumentar o risco de perdas de nutrientes por lixiviação, se tornando desnecessária. Esses critérios gerais devem ser balanceados com as características das culturas, retorno econômico e dados experimentais disponíveis.



**Figura 1.** Curvas teóricas de aumento de produção em função de doses de nutriente e das faixas de teores disponíveis para as plantas, apontadas pela análise de solo. Legenda: mb = muito baixo; b = baixo; m = médio; a = alto; ma = muito alto.

Destacam-se que as tabelas desta edição do B-100 foram montadas de forma simplificada em relação àquelas anteriores para facilitar a implementação das recomendações. O número de faixas de interpretação dos resultados de análises químicas do solo foi reduzido, assim as combinações entre as doses de N, P e K diminuíram. As recomendações para solos com teores muito baixos e baixos foram juntadas. Da mesma maneira, as faixas de teores altos e muito altos passaram a ser uma só. Com isso, o número de formulações de fertilizantes diminui, sem perder qualidade de informação.

As doses de nutrientes para cada faixa de produtividade esperada foram estabelecidas de modo que em solos com teores baixos (por exemplo,  $<16 \text{ mg dm}^{-3}$  de P ou  $<1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K) as quantidades de P e de K recomendadas excedem as exportações com a colheita. Isto permite aumentar o estoque desses nutrientes no solo e melhorar a fertilidade.

Para os solos com teores médios, as doses recomendadas foram equivalentes à exportação, acrescidas de uma pequena quantidade de nutrientes para compensar a eficiência de uso e não empobrecer o solo. Para solos com teores altos, as doses são ligeiramente inferiores à exportação, pois não faz sentido, do ponto de vista econômico, aumentar os teores disponíveis ou o estoque de nutrientes nesses solos.

Para solos com teores muito altos ( $>80 \text{ mg dm}^{-3}$  de P ou  $6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K), a recomendação é para não aplicar os nutrientes ou aplicar apenas uma pequena dose de arranque nas culturas anuais, ou manutenção, em culturas mais exigentes. Essa estratégia concilia o fornecimento de nutrientes para otimizar a produtividade, o retorno econômico e a preservação da fertilidade do solo, evitando excessos que possam ter efeitos negativos sobre o ambiente ou a construção de legados de nutrientes desnecessários no solo.

As recomendações de fertilizantes e corretivos visam também preservar a fertilidade do solo a médio e longo prazo, mantendo os teores de nutrientes disponíveis e o pH do solo em níveis médios a altos, situação em que as produtividades são otimizadas. Manter a fertilidade do solo é importante para dar flexibilidade às adubações em tempos de crise. Por exemplo, aumentos repentinos de custo de fertilizantes, baixo suprimento no mercado ou desbalanceamento entre preços de insumos e produtos agrícolas podem ser compensados reduzindo, por algum tempo, as doses de fertilizantes, sem comprometer significativamente a produtividade. Nota-se na figura 1, que as respostas à adubação são pequenas em solos com teores médios ou altos, ou seja, é possível economizar ou flexibilizar a adubação em épocas de preços desfavoráveis. Quando os preços voltam ao normal, é necessário recompor a fertilidade.

Cuidado especial foi tomado com as recomendações de micronutrientes. A elevação dos patamares de produtividade, a exploração contínua dos solos e o uso de cultivares e híbridos mais exigentes tornam o fornecimento de micronutrientes cada vez mais crítico para a produção agrícola. Além de levar em consideração os resultados de análise de solo, para as culturas mais sensíveis a deficiências, foi adotada a estratégia de recomendação preventiva de micronutrientes.

## 7. IMPLEMENTAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES

Uma das etapas críticas da adubação é a sua implementação. O grande número de combinações de recomendações derivadas das tabelas de adubação contrapõe-se à falta de diversidade de formulações de fertilizantes. Isso resulta na dificuldade de conciliar as quantidades recomendadas de nutrientes e as efetivamente aplicadas.

Contudo, considerando-se que nas recomendações de adubação existe certo grau de incerteza, pode-se chegar a implementações de práticas muito mais simples do que em geral se imagina. Serão discutidos os casos dos adubos simples, das fórmulas NPK, e da aplicação de S e de micronutrientes sem comprometer a qualidade.

### 7.1. ADUBOS SIMPLES

No caso de adubos simples, a quantidade a aplicar é calculada multiplicando-se a dose recomendada do nutriente por 100 e dividindo-se pelo teor do nutriente, em porcentagem, no adubo escolhido.

Como exemplo, considerou a adubação, em kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, de 20-130-70. Pretende-se utilizar os seguintes fertilizantes: sulfato de amônio (20% de N), superfosfato triplo (41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O). As quantidades a aplicar serão as seguintes (arredondando em dezenas):

sulfato de amônio: 100 kg ha<sup>-1</sup>  
superfosfato triplo: 320 kg ha<sup>-1</sup>  
cloreto de potássio: 120 kg ha<sup>-1</sup>

### 7.2. FÓRMULAS NPK

Para utilizar fórmulas NPK, o primeiro passo é estabelecer a relação aproximada de nutrientes e procurar uma fórmula com a mesma relação ou próxima. No exemplo dado acima, a relação 1-6-3 é bastante próxima, sendo representada, como uma opção possível, pela fórmula 5-30-15.

A quantidade necessária é encontrada multiplicando-se a soma dos nutrientes recomendados por 100 e dividindo-se pela soma dos nutrientes da fórmula. Para atender a recomendação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 130 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 70 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, o cálculo é o seguinte:

$$\text{Dose da fórmula} = \frac{(20+130+70) \times 100}{(5+30+15)} = 440 \text{ kg ha}^{-1}$$

Para conferir as quantidades de nutrientes que serão aplicadas com 440 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-30-15, multiplicar o teor de cada nutriente na fórmula pela quantidade correspondente e dividir por 100. Obtém-se 22 kg ha<sup>-1</sup> de N, 132 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 66 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, muito próximas das recomendadas.

### 7.3. ADIÇÃO DE ENXOFRE E DE MICRONUTRIENTES

A adição de S pode ser feita por adubos simples ou fórmulas. Nos dois casos, é necessário conhecer a recomendação de S e o teor do nutriente contido no adubo. O cálculo é similar ao mostrado para N, P e K. Exemplificando com o caso acima, a adição de 100 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio (22% de S), resulta na aplicação de 22 kg ha<sup>-1</sup> de S. Outra forma de se fornecer o S é por meio do gesso agrícola, na qual a dose a ser aplicada é definida pelo teor de argila do solo. Contudo, como a solubilidade do gesso é inferior à de fontes solúveis, a quantidade de S aportada via gessagem é bastante superior àquela quando aplicada via fertilizantes solúveis.

No caso dos micronutrientes, para adição ao solo, as necessidades em adubos simples são também feitas por cálculo similar ao mostrado para NPK. Para aplicação em formulações NPK é preciso calcular o teor aproximado que a fórmula deve conter dos micronutrientes.

Suponha que a adubação acima: 440 kg ha<sup>-1</sup> de 5-30-15, necessite carrear para o solo 1 kg ha<sup>-1</sup> de B e 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. Para determinar o teor desses nutrientes, contidos na fórmula, multiplicar a quantidade necessária por 100 e dividir pela quantidade da fórmula que será aplicada. Resulta em 0,23% de B e 0,45% de Zn. Ou seja, a fórmula deve conter em torno de 0,25% de B e 0,5% de Zn.

#### 7.4. MODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DOS CORRETIVOS E FERTILIZANTES

As tabelas de recomendações, em geral, indicam modos e épocas de aplicação de corretivos e fertilizantes. O modo de aplicação também é discutido nos capítulos que tratam da correção do solo e dos diferentes nutrientes. Aqui estão resumidos os aspectos mais importantes. O calcário deve ser incorporado ao solo com a maior antecedência possível ao plantio, para melhor reação do corretivo. É importante um bom contato do calcário com o solo e, para isso, recomenda-se a pré-incorporação com grade e depois a aração profunda ou aplicar metade antes da aração e metade depois, para incorporação com a gradagem. A incorporação profunda também é importante. Não é aconselhável a incorporação rasa, com grade, principalmente em solos que estão sendo corrigidos pela primeira vez, pois pode resultar em excesso de calagem próximo à superfície do solo, acarretar deficiências de micronutrientes e limitar o aprofundamento do sistema radicular.

Em culturas perenes formadas ou em sistemas de plantio direto (SPD), nos quais não vai ser feita a aração, o calcário deve ser aplicado em área total e, quando possível, em quantidades maiores nas partes adubadas do terreno. Se possível, incorporar levemente com grade, sem danificar as raízes das plantas. É importante lembrar que é preciso incorporar muito bem o calcário antes da implantação de culturas perenes ou no início do SPD, já que aplicações superficiais atuam lentamente nas camadas mais profundas do solo e um solo mal corrigido no início comprometerá a produtividade por muito tempo.

Em culturas anuais os adubos são aplicados 5 cm ao lado e abaixo das sementes. Normalmente se aplica pouco N, quantidades altas de P e moderadas de K, dependendo da análise de solo. Aplicações elevadas de cloreto de potássio no sulco de plantio podem causar dano às plantas pelo alto índice salino deste adubo. Cabe ressaltar a importância da aplicação localizada do P, principalmente em solos com teores baixos do nutriente. Nesses casos, a fonte deve ter predominância de P solúvel em água. Fosfatos insolúveis em água são mais eficientes em mistura com o solo e em condições de maior acidez.

Em lavouras extensivas há tendência de aplicação de fertilizantes a lanço, em pré-plantio, por facilidade operacional. Em SPD os fertilizantes assim aplicados tendem a permanecer próximo à superfície pois não há incorporação mecânica. Nesses casos, o cuidado deve ser com o

P, que é pouco móvel no solo. As camadas subsuperfícies podem não conter P suficiente para sustentar altas produtividades em curto prazo. A estratégia de aplicar P a lanço só é recomendada para solos com teores médios ou altos desse nutriente pois, nesse caso, o solo é capaz de suprir as necessidades de P das culturas, que não dependem tanto do aporte feito naquela safra (Figura 1). O fertilizante aplicado na superfície fará efeito em médio prazo.

A adubação fosfatada corretiva pode ser feita quando se pretende obter, já no primeiro ano, altas produtividades em solos muito deficientes em P. Isso não será conseguido apenas com a adubação no sulco de plantio ou a lanço, em superfície, havendo a necessidade de incorporação prévia de P no solo, em área total.

O N de qualquer fonte aplicada ao solo, converte-se rapidamente em nitrato, forma móvel, sujeita a perdas por lixiviação, em períodos em que o regime hídrico favorece a percolação do excesso de água. Por essa razão, a maior parte do N recomendado é aplicada normalmente em cobertura após o plantio de culturas anuais, em épocas nas quais as plantas já possuem sistema radicular bem desenvolvido, portanto, em condições de absorver rapidamente as formas minerais do nutriente. Em culturas perenes, a aplicação é parcelada em várias vezes, com maior número de aplicações em solos de textura mais leve.

Há uma tendência, para algumas culturas, de parte do K ser aplicado em cobertura. Esse adubo não se movimenta com facilidade no solo e, assim, a cobertura será mais eficiente para doses altas e de forma localizada no terreno, ou se a adubação for acompanhada de uma operação que enterre o adubo. Em solos argilosos e deficientes é preferível aplicar o K antes do plantio. No geral, em solos mais arenosos, recomenda-se parcelar a adubação com K em mais vezes.

Em plantas perenes, a tendência é aplicar os três nutrientes parceladamente, mas pode-se aplicar o P de uma só vez no início das águas, mantendo o parcelamento do N e K. Isso resulta em diversas opções que flexibilizam a prática da adubação.

Os micronutrientes como B, Cu, Mn, molibdênio (Mo) e Zn podem ser aplicados ao solo, por meio de diferentes fontes ou via foliar.

A aplicação foliar é adequada para corrigir problemas de deficiências durante o ciclo da cultura. A adubação com B deve ser feita preferencialmente via solo. O B pode também ser aplicado junto aos herbicidas e o Mo, juntamente com as sementes.

## 1.1. AMOSTRAGEM DO SOLO PARA FINS DE FERTILIDADE

---

José Antonio Quaggio (¹)  
Marcio Koiti Chiba (¹)

### 1. INTRODUÇÃO

**E**m seu estado natural, o solo apresenta variações nas características químicas, físicas e biológicas em função da ação diferencial de fatores como o tempo, o material de origem (rocha), a topografia, o clima e os organismos que nele vivem (plantas e animais). O cultivo de diferentes espécies de plantas e o manejo das adubações e correções de acidez também introduzem variações espaciais na fertilidade do solo. Assim, a amostragem do solo é a primeira etapa fundamental para um programa eficiente de adubação e calagem. Nem os modernos equipamentos e técnicas analíticas atualmente disponíveis podem corrigir os erros associados à amostragem.

Decisões importantes são tomadas com base na análise de solo. Assim, a amostragem deve ser vista como uma etapa que merece atenção especial. Por exemplo, uma amostra composta de 250 g, coletada na camada de 0-20 cm em uma área de 10 hectares, representará um volume de solo milhares de vezes maior a ser corrigido e adubado. Todo sucesso do programa de fertilidade do solo está baseado na informação que essa amostra irá fornecer e na confiabilidade com que ela representa a gleba.

Os solos têm variabilidade espacial na superfície. Embora em muitas situações os solos sejam parecidos em suas características visuais como cor, topografia e vegetação, diferenças nos processos de formação do solo

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

e a ação do homem com o cultivo e a aplicação de insumos agrícolas resultam em variação nas propriedades químicas, físicas e biológicas.

Além da dimensão horizontal, a área a ser amostrada tem uma terceira dimensão oculta: a profundidade. Sabe-se que camadas mais profundas têm grande importância para a capacidade de suprimento de água e nutrientes para as plantas tanto que em estudos de solos, o parâmetro profundidade efetiva caracteriza a profundidade de um solo na qual se encontram raízes ativas.

O conhecimento dessas variabilidades é necessário para estabelecer esquemas de amostragem adequados que possibilitem a adoção de programas robustos de correção da fertilidade do solo para otimizar a produção agrícola.

## 2. DEFINIÇÃO DE GLEBAS PARA AMOSTRAGEM E REGISTRO DE ANÁLISES

A princípio, a definição de glebas para amostragem deve seguir critérios que visem reduzir ao máximo a variabilidade. Como critério geral é recomendado que sejam separadas glebas com tamanho nunca superior a 20 hectares, amostrando cada uma isoladamente. Em propriedade de grande porte, a gleba de manejo pode ser maior, desde que ela seja homogênea.

Se a propriedade rural tiver mapa de solos, este pode ser utilizado inicialmente como base para a definição das áreas de amostragem, separando-as em função do tipo de solo ou glebas de manejo. As glebas escolhidas também devem ser homogêneas em relação à sua posição na topografia. Desta forma, recomenda-se separar os solos de topo de morro, meia encosta e baixada; separar em função da cor; separar em função da textura (exemplo: argilosos, arenosos). Um aspecto relevante é separar em glebas em função do histórico de produtividade. Convém ainda separar as áreas manejadas de acordo com o sistema de plantio direto (SPD) daquelas que são anualmente aradas e gradeadas. Em áreas com culturas perenes, a separação das glebas também deve considerar a cultivar, a idade das plantas e a produtividade.

Para que essa estratificação na definição das glebas homogêneas seja eficiente, é importante identificá-las de maneira clara e definitiva em um mapa. É fundamental manter o histórico das análises e da fertilidade do solo ao longo dos anos, o que além de aumentar a confiabilidade do diagnóstico, serve como critério de rejeição de resultados discrepantes devido a erros de amostragem ou analíticos do laboratório.

### 3. COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

#### 3.1. FERRAMENTAS PARA A AMOSTRAGEM

A coleta das amostras representativas de solo pode ser feita utilizando preferencialmente trado específico ou de forma alternativa, enxadão comum ou pá reta.

Existem vários tipos de trados: de rosca, caneco, holandês e sonda, sendo os dois últimos os mais difundidos no Brasil para a coleta de amostras de solo para fins de fertilidade. Há no mercado trados mecanizados manuais ou acoplados em quadriciclos. Esses equipamentos têm vantagens operacionais, como rapidez e maior uniformidade na profundidade e quantidade da amostra colhida em todos os pontos amostrais. A coleta de amostras sempre deve ser feita com equipamentos limpos, sem resíduos de amostragens anteriores e contaminantes e de preferência confeccionados em aço inox, importante para os micronutrientes. Isso também vale para baldes que preferencialmente devem ser de plástico para receber e armazenar as subamostras. Deve-se evitar utilizar equipamentos trados, baldes, etc. feitos com material galvanizado.

#### 3.2. CUIDADOS NA AMOSTRAGEM E IDENTIFICAÇÃO DAS GLEBAS

Em cada ponto de coleta de solo, deve-se primeiramente afastar os detritos e os restos vegetais que estejam na superfície do solo e evitar locais próximos a cupinzeiros, formigueiros, carreadores, trilha de animais, construções, currais, canais escoadouros e locais onde foram depositados adubos e corretivos. A coleta com o trado é feita introduzindo o mesmo até a profundidade desejada, geralmente 20 cm,

para a camada arável. No caso de coleta de amostras de camadas mais profundas com o trado tipo holandês, deve-se descartar a terra lateral do trado coletando apenas a porção central da amostra.

Coletar 15 a 20 subamostras por gleba homogênea e combiná-las para formar a amostra composta, que vai para o laboratório. As subamostras devem ser bem misturadas, quebrando-se os torrões e retirando-se gravetos e outros resíduos que estejam presentes. Separar de 250 e 500 gramas da amostra composta e transferir para caixa de papelão apropriada para análise de solo ou para saco plástico limpo.

Essa porção de terra será enviada para o laboratório e por isso é importante que esteja identificada com o nome da propriedade, data da amostragem, gleba amostrada e profundidade. É necessário também manter na propriedade um registro das amostras enviadas ao laboratório com a sua identificação. Essas anotações são importantes porque servem para localizar as glebas homogêneas da propriedade para posterior aplicação de corretivos e adubos. O registro das quantidades de corretivos e fertilizantes aplicados a cada ano é útil para o acompanhamento da evolução da fertilidade do solo ao longo do tempo e para o cálculo do balanço de entradas e saídas de nutrientes removidos com a colheita.

### 3.3. LOCAL DE AMOSTRAGEM

Em áreas de culturas anuais ou antes da implantação de culturas perenes, a amostragem deve ser realizada em área total percorrendo a gleba homogênea em zigue-zague. Em locais com culturas perenes já implantadas, como frutíferas, café, eucalipto e seringueira, a amostragem deve ser feita ao longo da faixa adubada, que concentra o maior volume radicular e reflete melhor o efeito das aplicações anteriores de corretivos e adubos. Deve-se atentar que o local de amostragem do solo pode interferir no resultado das recomendações de manejo da fertilidade do solo.

Para melhor representar o sistema radicular das plantas perenes em geral e não fertirrigados, as subamostras devem ser retiradas na faixa de adubação, sendo uma coletada cerca de 50 cm para dentro e outra 50 cm para fora da projeção da copa das árvores. Para plantas fertirrigadas, a coleta das subamostras devem ser retiradas em pontos do lado de fora

do bulbo úmido, distante cerca de 2/3 da largura do bulbo da linha de emissores. Geralmente essa distância é de 30 cm a 50 cm da linha de gotejadores.

### 3.4. NÚMERO DE SUBAMOSTRAS PARA COMPOR A AMOSTRA COMPOSTA

É importante destacar que a amostragem deve ser composta por 15 a 20 subamostras, pois a redução do número de pontos amostrais implica no aumento do erro de amostragem conforme detalhado a seguir. A definição do número de subamostras para compor uma amostra composta baseia-se em estudos estatísticos, que buscam conciliar o número mais viável de subamostras a serem coletadas com a menor variabilidade aceitável.

A equação 1 permite calcular o número mínimo de amostras de solo ( $N$ ) levando em consideração valores máximos admitidos do coeficiente de variação (CV) em torno da média para o máximo erro aceitável na amostragem. Para tanto, parte-se do conceito de erro padrão da média (E%), conforme a equação 1:

$$E\% = \frac{(CV\%)}{\sqrt{N}}$$

Onde CV% é o coeficiente de variação e N é o número de subamostras.

O intervalo de confiança (IC) em torno da média ( $m$ ) de um dado atributo do solo é expresso pelo próprio valor médio mais ou menos o desvio calculado pela estatística  $t$  multiplicada pelo erro padrão da média (E%), conforme a equação 2:

$$IC = \left[ m - t \frac{E\%}{100} m, m + t \frac{E\%}{100} m \right]$$

Disto, pode-se definir que a amplitude do intervalo de confiança (AIC) da média pode ser estimada pela equação 3:

$$AIC = 2t \frac{E\%}{100} m$$

Desta forma a variação aceitável para mais ou para menos ao redor da média será dada pelo termo  $\left[2t \frac{E\%}{100}\right]$ , que pode ser simplificado substituindo a equação 1 na equação 3, conforme a equação 4:

$$\frac{AIC}{m} = f = 2 \frac{t}{100} \frac{CV\%}{\sqrt{N}}$$

Onde  $f$  é a variação aceitável.

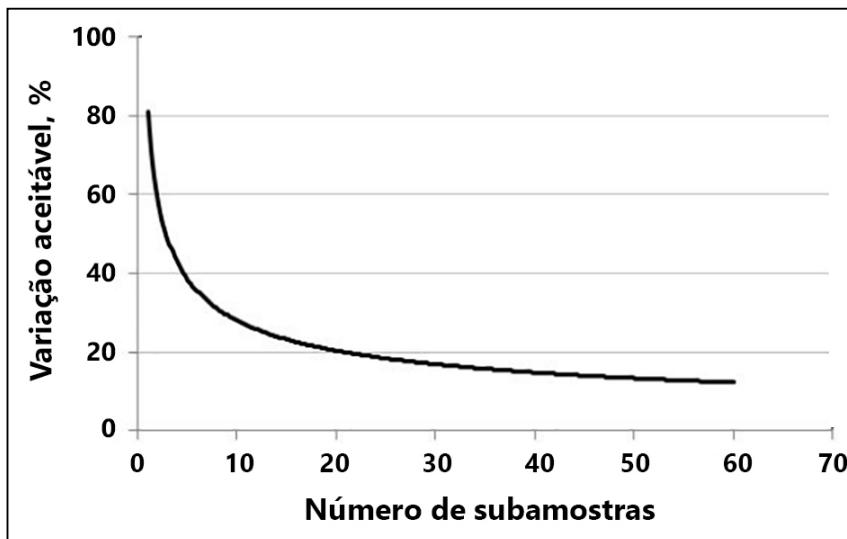
Isolando o termo referente ao número de amostras ( $N$ ), obtém-se a equação 5:

$$N = \left[ \frac{[(2t)(CV\%)])}{E\%} \right]^2$$

Onde  $N$  é o número de amostras a ser coletado;  $t$  é o valor tabelado do teste de probabilidade  $t$  para um determinado número de graus de liberdade (GL), do quadrado médio do erro e nível de significância  $1-\alpha$ ;  $CV$  é o coeficiente de variação e  $E\%$  é a variação aceitável em torno da média, em percentagem, do parâmetro em questão.

Por exemplo, para determinar a variação em um determinado atributo do solo, com a coleta de uma amostra composta de vinte amostras simples ( $N = 20$ ) e admitindo um coeficiente de variação máximo de 20%, foram calculados para os valores de  $1-\alpha$  iguais a 0,90, 0,95 e 0,80, respectivamente, variações em torno da média de cerca de 90%, 60% e 35%. Como os valores da estatística  $t$  para um número de amostras igual a 20 decrescem de 2,09 para 1,96 quando  $N$  tende ao infinito, é razoável inferir que o fator de maior peso na determinação do número ideal de amostras para um dado valor de  $E$  é o coeficiente de variação (CV%, na Equação 1).

Estudo realizado no Instituto Agronômico (IAC) para teores de fósforo no solo (P resina) demonstra a relação entre o número de subamostras de solo e a variação aceitável de erro (Figura 1).



**Figura 1.** Variação aceitável de erro na estimativa da média do teor de P resina em função do número de subamostras para a definição de uma amostra composta de solo.

Observa-se pela figura que, acima de 20 subamostras, a variação aceitável em torno da média diminui muito pouco, enquanto o trabalho de amostragem aumenta muito. Por esta razão, e porque os demais atributos como pH, matéria orgânica, alumínio, cálcio, potássio e magnésio tendem a apresentar menor variabilidade que o fósforo, o número de 20 amostras simples para compor uma amostra composta se justifica para a maior parte das situações.

### 3.5. FREQUÊNCIA E ÉPOCA DE AMOSTRAGEM

As amostragens e análises de solo para fins de fertilidade devem ser realizadas em intervalos que podem variar em anos, dependendo do número de aplicações de fertilizantes, do número consecutivo de culturas de ciclo curto ou do estágio de desenvolvimento das culturas perenes. É conveniente amostrar com maior frequência os locais mais intensamente cultivados e que recebem aplicações mais frequentes de fertilizantes.

Geralmente, para culturas anuais e perenes recomenda-se a amostragem anual na camada de 0-20 cm e a cada dois anos na camada de 20-40 cm. No caso da horticultura, em campo ou cultivo protegido, a amostragem pode ser anual ou ainda menor, amostrando o solo a cada ciclo de cultivo, dependendo da espécie cultivada.

A amostragem deve ser feita pelo menos dois meses antes do plantio da cultura, porque várias providências dependem do resultado da análise de solo. Para culturas em rotação com duas safras por ano, por exemplo, o cultivo da safrinha é preferível retirar as amostras de solo antes da safra de verão, pelo maior tempo para a aplicação de corretivos e fertilizantes do que no intervalo das duas culturas. Em culturas perenes a amostragem deve ser feita preferencialmente no final da estação chuvosa, geralmente entre março e abril. É importante ter um período de 30 a 40 dias entre a amostragem de solo e aplicação de fertilizantes. Amostragens realizadas mais cedo têm a vantagem de permitir maior tempo para compra e o transporte de corretivos e fertilizantes.

### 3.6. PROFUNDIDADE DE AMOSTRAGEM

Para fins de avaliação da fertilidade do solo e visando as recomendações de calagem e adubação, a amostragem deve ser feita na camada arável, ou seja, de 0-20 cm de profundidade. Para o sistema plantio direto, recomenda-se manter a camada de 0-20 cm como referência, pois as curvas de calibração de nutrientes no solo e a produtividade das culturas foram estabelecidas com base nas características químicas desta camada.

A coleta de amostras em camadas abaixo de 20 cm tem como objetivo diagnosticar a existência de barreiras químicas ao crescimento de raízes no subsolo, tais como acidez, deficiências de fósforo e cálcio, e toxicidade por alumínio. De modo geral, ocorre forte adsorção do íon sulfato em camadas mais profundas e, por essa razão, a camada de 20-40 cm é mais adequada para o diagnóstico deste nutriente. Além disso, a amostragem de camadas mais profundas é conveniente quando se pretende aplicar gesso agrícola como condicionador da fertilidade do subsolo.

Após a coleta na camada de 0-20 cm, retirar a terra da superfície que tenha caído no buraco e inserir o trado até a profundidade de 40 cm, tomando o cuidado de não derrubar mais solo da superfície e das paredes. De maneira semelhante ao realizado para a amostra coletada na camada de 0-20 cm, recolher apenas a porção central da amostra descartando também a terra lateral do trado. Preparar amostras compostas de modo semelhante ao indicado para as amostras superficiais.

### 3.7. AMOSTRAGEM DO SOLO PARA FINS DE FERTILIDADE EM AMBIENTE PROTEGIDO

O cultivo em ambiente protegido é um sistema de produção agrícola especializado que fornece proteção em relação a alguns fenômenos climáticos, otimiza o aproveitamento dos insumos e o controle de pragas e doenças. Com isso, têm-se ganhos na produtividade e diminuição na sazonalidade da oferta. Por outro lado, o cultivo protegido tem elevado custo de instalação e necessita de conhecimento multidisciplinar para que os manejos do solo, da adubação e das plantas sejam bem conduzidos.

Muitos agricultores fazem uso de grandes quantidades de fertilizantes, para garantir elevadas produtividades, promovendo a salinização dos solos em ambientes protegidos após curto tempo de exploração. O processo de salinização é agravado com o cultivo de plantas de ciclo rápido, adubadas a cada novo plantio. Assim, em estufas agrícolas salinizadas, são comuns teores de nutrientes bastante elevados deixando o solo com características semelhantes às daqueles de regiões semi-áridas, em comparação. De maneira geral, no campo, o processo de salinização é evitado ou desacelerado pelas ocorrências de chuvas que promovem a lavagem natural do perfil do solo.

#### **Recomendações para amostragem em cultivo em ambientes protegidos:**

- Amostrar cada estrutura de ambiente protegido individualmente, separando-as em função do histórico de uso, da espécie e do estádio vegetativo das plantas que se encontram nelas cultivadas. Se uma estrutura for grande e tiver mais de uma espécie, fazer as amostragens por cultura;

- Coletar 20 subamostras, por estrutura, ao longo de toda a extensão do canteiro, para compor uma amostra composta. Para tanto, retirar as amostras de solo das linhas de cultivo visando caracterizar o efeito residual das adubações anteriores;
- Não coletar amostras de locais que apresentem manchas ou "reboleiras" que podem estar relacionadas com a ocorrência de doenças e pragas, especialmente de nematoides;
- Realizar a amostragem do solo dos canteiros em intervalos de no mínimo seis meses a um ano, ou, dependendo da espécie cultivada a cada ciclo produtivo. Por exemplo: produtor de alface de seis meses a um ano; produtor de tomate a cada ciclo (aproximadamente 150 dias).

### 3.8. AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO

O termo “agricultura de precisão” (AP) ganhou destaque nos últimos anos em função dos avanços trazidos com a evolução dos aparelhos eletrônicos acoplados aos implementos agrícolas. Sistemas de posicionamento global (GPS) e uma vasta gama de sensores cada vez mais refinados possibilitam guiar tratores no campo e medir produções colhidas, ou quantidades de insumos aplicados com precisão em tempo real.

Vários estudos têm mostrado que áreas aparentemente homogêneas podem apresentar grande variabilidade em características químicas ou físicas do solo, que afetam a produtividade das culturas devido à ocorrência de manchas de solo com atributos distintos. Os mapas de fertilidade do solo obtidos por técnicas de AP permitem orientar o manejo de insumos, homogeneizar a produção e melhorar o aproveitamento dos recursos investidos.

Pesquisas têm sido realizadas com o uso sensores espectrais para identificar solos com teores adequados ou deficientes de nutrientes. Apesar de resultados iniciais promissores, não há consenso sobre procedimentos e muitos estudos ainda precisam ser realizados. Desta forma, os atuais programas de AP ainda seguem a rotina em que é necessário fazer a coleta das amostras de solo, encaminhá-las para um

laboratório e, somente com os dados analíticos em mãos, processar mapas temáticos georreferenciados.

Os mapas de nutrientes no solo permitem, então, fazer aplicações localizadas de fertilizantes em taxa variável. A exatidão no mapeamento da fertilidade do solo em AP está condicionada ao número de amostras coletadas e à variabilidade inerente ao parâmetro que está sendo analisado. Quanto maior o número de amostras, maior é a resolução obtida permitindo, assim, delimitar com maior precisão os limites associados a faixas de teores de nutrientes.

A amostragem do solo para fins de fertilidade dentro de um sistema AP pode ser realizada seguindo diferentes esquemas de distribuição dos pontos amostrais ou *grid*. Ainda existe indefinição sobre o tamanho ideal do *grid* de amostragem, embora alguns estudos indiquem um ponto de amostragem para cada 5 a 10 hectares como o mínimo por gleba. Porém, não há resultados conclusivos para a quantidade mínima de pontos amostrais para as características dos solos brasileiros. É evidente que o maior o número de pontos amostrais tende a aumentar a precisão dos mapas obtidos. Porém, há aumento proporcional de custos com amostragem e análises laboratoriais. Ao que tudo indica, o ponto de equilíbrio pode ser definido em função de questões técnicas relativas ao ajuste de modelos de variabilidade espacial e do retorno econômico a ser obtido.

## 1.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PLANTAS, AMOSTRAGEM E DIAGNOSE DO ESTADO NUTRICIONAL DAS PLANTAS

---

Dirceu Mattos Jr. (¹)  
Ondino Cleante Bataglia (¹)

### 1. INTRODUÇÃO

**C**erca de 5% da matéria seca total das plantas é composta por nutrientes minerais, cujas concentrações dos macros (N, P, K, Ca, Mg e S) ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Cl, Mo e Ni) ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) variam grandemente (até 10.000 vezes), assim como variam entre diferentes partes (folhas, ramos e raízes) e entre espécies.

O estado nutricional das plantas pode ser definido pelos níveis de ocorrência dos nutrientes no tecido vegetal e as interações entre eles determinando o crescimento, a produtividade e a qualidade da produção. O diagnóstico do estado nutricional é realizado por comparação entre amostra ou indivíduo (= planta isolada ou população) de interesse com um padrão, geralmente, obtido por meio de resultados experimentais.

Fato que a carência ou excesso dos nutrientes causam perdas de produtividade das culturas por limitar diretamente a formação da produção e/ou causar indiretamente desordens caracterizadas por desbalanços nutricionais. Enquanto a ocorrência de níveis adequados pode ser correlacionada à produtividade máxima de cada cultura.

Além disso, as quantidades totais exigidas por uma cultura dependem da produtividade. Assim, é importante conhecer o conteúdo mineral das plantas e das partes colhidas para poder avaliar a remoção de nutrientes da área de cultivo. Destaca-se que a avaliação do estado nutricional das plantas pode ser feita pela diagnose foliar.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

## 2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS PLANTAS

O B-100 apresenta dados organizados em tabelas com a composição química das plantas, para os nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S), e para algumas espécies, também com a composição química para micronutrientes, para a planta inteira e a parte colhida, ou apenas para a parte colhida. Em ambos os casos, os valores referem-se a uma tonelada de produto colhido.

As tabelas de composição química das plantas estão distribuídas nos capítulos das culturas ou grupos de culturas.

Essas informações permitem confrontar as adubações com as extrações e exportações de nutrientes pelas culturas e preparar balanços nutricionais, que são úteis, juntamente com outras informações do campo e do mercado de insumos, para o ajuste das doses recomendadas para as adubações.

As quantidades de nutrientes necessárias para as recomendações econômicas das adubações não dependem apenas da reposição do que é exportado pelas colheitas. No desenvolvimento das culturas, quantidades importantes de nutrientes são necessárias à formação da parte vegetativa das plantas e para órgãos que concentram nutrientes, tais como frutos e grãos, raízes e tubérculos, etc. No caso das culturas perenes, a reserva de nutrientes nas folhas e raízes é importante para a sustentação das novas safras, considerando-se por exemplo, que N, P, K e magnésio (Mg) podem ser remobilizados para os novos pontos de crescimento.

Ainda, há a interação dos nutrientes com o solo, como fixação ou lixiviação, entre outros processos, que resulta, assim, num sistema complexo, em que a composição química da parte aérea das plantas é apenas um dos componentes do sistema de diagnose e recomendações das adubações. De qualquer forma, essa composição química é uma indicação útil, desde que não seja usada isoladamente como critério de recomendações de fertilizantes.

## 3. AMOSTRAGEM DE FOLHAS PARA ANÁLISE QUÍMICA

A análise foliar determina o teor total de nutriente no tecido vegetal, diferentemente, da análise de solo que determina o teor de nutriente disponível para as plantas.

A folha é parte da planta mais sensível ao suprimento de nutrientes e pode servir como um bom indicador da ocorrência da concentração de nutrientes minerais, uma vez que alterações fisiológicas em razão de desordens nutricionais tornam-se mais evidentes neste órgão comparado a outros como ramos e raízes. Assim, a análise foliar é uma ferramenta útil para o diagnóstico nutricional das plantas e consequente recomendações de adubação.

A composição do tecido foliar, além da espécie, é influenciada pela idade, estágio de maturação e interações que envolvem a absorção e transporte dos nutrientes. Além disso, contaminações por pulverizações com defensivos e nutrientes podem prejudicar a interpretação dos resultados da análise realizada pelo laboratório, por isso, deve-se evitar coletar amostras logo após essas operações.

Do mesmo modo que a análise de solo, erros de amostragem não podem ser corrigidos no laboratório. Assim, a validade do uso do resultado da análise química de folhas depende da obtenção de uma amostra confiável que represente, então, a população de plantas no campo, dentro de parâmetros estatísticos. Para isso, a intensidade de amostragem (exemplo, número de plantas amostradas e folhas coletadas) é definida para cada cultura, para que a variabilidade amostral seja pequena. Com base nessas questões, são estabelecidos critérios que orientam a coleta de folhas ou parte de folhas recém maduras, e os valores de referência da análise foliar estão juntos aos capítulos de recomendações de adubação das diferentes culturas do B-100. A amostragem de folhas para fins de recomendações de adubações deve ser realizada em acompanhamento como a análise química do solo, para que seja possível avaliar a evolução da produtividade e da qualidade das culturas.

Em caso de ocorrência de desordens nutricionais não identificadas pelos resultados de análise da folha-diagnóstico, retirar amostras pareadas, ou seja, uma amostra de plantas afetadas e outra de plantas sadias, como base de comparação e possível identificação do problema.

No caso de plantas ainda não contempladas com critérios de amostragem e interpretação, seguir as recomendações para plantas que mais se assemelham, retirando folhas preferencialmente recém-maduras.

Por último, a interpretação correta da análise química das plantas, determinada em amostras coletadas conforme critérios de coleta, está associada também a cuidados no envio do material para o laboratório.

Enviar as amostras em sacos de papel limpos, evitando que o material demore mais de 48 h entre a coleta e o processamento no laboratório. Se houver necessidade, as folhas podem ser armazenadas em geladeira por algum tempo até completar a amostragem. Esse tempo, entretanto, não pode ser muito longo, para evitar a deterioração do material.

#### 4. DIAGNOSE FOLIAR

A diagnose foliar pode ser feita por meio da observação visual de sintomas de desordens nutricionais (diagnose visual) ou por meio de procedimentos mais precisos, envolvendo por exemplo a análise química das folhas.

Outros métodos, como anatômicos, bioquímicos, ou determinação de extrato de seiva, são disponíveis, contudo, mais viáveis para aplicação em pesquisa e menos aplicáveis em rotina para o agricultor.

Os nutrientes minerais estão relacionados, direta ou indiretamente, ao metabolismo nas plantas, assim, desordens nutricionais induzem o aparecimento de sintomas visuais, com padrões básicos (característicos) para as plantas. Contudo, essa é possível apenas quando os sintomas de deficiência ou excesso se manifestam visualmente. Nesse estágio, muitas vezes já é inevitável a perda de produção.

Em muitas situações, também verificam-se prejuízos à produtividade das culturas devido à falta de um nutriente, sem que estas demonstrem sintomas visuais de deficiência, o que também é conhecido como "fome oculta". Ademais, para alguns nutrientes, principalmente com alta mobilidade no floema, é comum ocorrer casos nos quais os teores de nutrientes nas folhas de diagnose estejam dentro da faixa de valores considerados adequados, enquanto a planta apresenta algum tipo de sintoma visual de deficiência mineral nas folhas mais velhas. Desse modo, a diagnose visual pode auxiliar no manejo da adubação das culturas.

A diagnose foliar via análise química permite identificar o nível de resposta da produtividade, em função da concentração de nutrientes nas folhas. A interpretação correta dos resultados de uma análise depende de experimentação para o estabelecimento de índices de calibração que refletem o estado nutricional das plantas.

Na prática, os critérios para isso variam bastante, mas há um acervo de informações na literatura mundial, em geral reproduzidas de uma publicação para outra, com acréscimos de informações regionais. No caso desta publicação, foram utilizados limites de teores da literatura e do próprio acervo de dados do Instituto Agronômico. Geralmente se estabelecem um ou mais níveis críticos ou faixas de concentração que permitem definir se a concentração do nutriente é adequada, deficiente ou excessiva.

Para diversos grupos de culturas, são apresentadas as tabelas de interpretação visando servir de subsídio para o acompanhamento dos resultados das adubações. Os resultados são usados para recomendações das doses de fertilizantes apenas para N em algumas culturas perenes. Nos demais casos, a diagnose foliar é usada para avaliar se as adubações estão sendo adequadas, como também para alterar as rotinas de adubação.

Para culturas anuais, o diagnóstico do estado nutricional pode não ser tão ágil para a revisão de doses de fertilizantes recomendadas no mesmo ano agrícola. Contudo, deve ser considerado como uma ferramenta para avaliação da qualidade das práticas de cultivo adotadas naquele momento, e assim auxiliar nas tomadas de decisões da safra seguinte, com base nas colheitas alcançadas.

Para culturas perenes, esse diagnóstico é bastante adotado, haja vista da possibilidade para o ajuste de doses de fertilizantes, que normalmente são parceladas ao longo do ano. A diagnose foliar também é útil para a manutenção do histórico de evolução da produtividade e qualidade das safras, com vista às práticas realizadas no campo.

## REFERÊNCIAS

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de Análise Química de Plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim técnico, 78)

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 2012. 651 p.

## 1.3. FERTILIZANTES - COMPOSIÇÃO E GARANTIAS MÍNIMAS

Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

Heitor Cantarella (¹)

Dirceu Mattos Jr. (¹)

**O**s fertilizantes são compostos químicos utilizados na agricultura que fornecem um ou mais nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. De forma geral, a maior parte dos solos agrícolas brasileiros são intemperizados e possuem baixa fertilidade natural, sendo necessária a aplicação de fertilizantes para a manutenção de produtividade das culturas.

Os fertilizantes minerais são classificados quanto à natureza física, sendo sólido (granulados, mistura de grânulos, microgranulados, pó, farelados e pastilhas) ou fluido (solução, suspensão e suspensão concentrada).

As fontes fertilizantes podem ser classificadas como simples ou complexa. Nos fertilizantes simples todos os nutrientes estão em uma mesma fonte, podendo ser mononutriente (exemplo: nitrato de amônio ou ureia) ou binário - dois ou mais nutrientes em um mesmo composto (exemplo: nitrato de potássio, MAP ou MKP). Os fertilizantes compostos contêm misturas de duas ou mais fontes de matéria prima.

Os fertilizantes complexos ou mistos podem ser granulados, com todos os nutrientes declarados em um mesmo grânulo, ou a mistura de grânulos, em que cada grânulo não necessariamente contenha todos os elementos declarados ou garantidos do produto.

Além dos macros e micronutrientes, provenientes de diferentes fontes de matérias-primas, outros componentes podem ser adicionados

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

aos fertilizantes, tais como agentes quelantes ou complexantes e aditivos (acidificantes, alcalinizantes, aderentes, recobridores, conservantes, dispersantes, estabilizantes, secantes, tamponantes, tensoativos, inibidores de urease e corantes). No caso dos fertilizantes para a aplicação via solo também são aprovados o uso de cargas (granalha, calcário granulado, quartzo, argila entre outros materiais) para o fechamento de formulações.

Os fertilizantes também podem ser classificados quanto ao modo de aplicação - via solo, via foliar, via semente, via fertirrigação e via hidroponia. As garantias mínimas dos nutrientes e a solubilidade das fontes podem variar em função do modo de aplicação.

As garantias dos teores dos nutrientes contidos nos fertilizantes são expressas pela porcentagem do elemento, exceto para o P e o K, que são expressos, respectivamente, em  $P_2O_5$  e  $K_2O$ . Os principais fertilizantes comercializados no Brasil bem como as garantias mínimas de teores de nutrientes, estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estão listados na tabela 1 (macronutrientes) e na tabela 2 (micronutrientes).

**Tabela 1.** Garantias mínimas dos principais fertilizantes minerais, contendo macronutrientes, destinados à agricultura, de acordo com a Instrução Normativa nº 39, de 08/08/2018 do MAPA

Fertilizante	Fórmula química	N	$P_2O_5$	$K_2O$	Ca	Mg	S
<b>Nitrogenados</b>		— garantia mínima, % —					
Ureia	$(NH_2)_2CO$	45	-	-	-	-	-
Nitrato de amônio	$NH_4NO_3$	32	-	-	-	-	-
Sulfato de amônio	$(NH_4)_2SO_4$	20	-	-	-	-	22
Nitrato de cálcio	$Ca(NO_3)_2$	14	-	-	16	-	-
Nitrato de magnésio	$Mg(NO_3)_2$	10	-	-	-	8	-
Nitrato de amônio e cálcio (CAN)*	50% $N-NO_3^-$ e 50% $N-NH_4^+$	20	-	-	2	-	-
Amônia anidra	$NH_3$	82	-	-	-	-	-
Aquamônia	$NH_3$ em solução aquosa $(NH_4OH)$	10	-	-	-	-	-
Solução nitrogenada	compostos nitrogenados em solução aquosa	14	-	-	-	-	-

Continua

**Tabela 1.** Conclusão

Fertilizante	Fórmula química	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
<b>Fosfatados</b>							
Superfosfato simples	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O + CaSO <sub>4</sub>	-	18	-	16	-	10
Superfosfato triplo	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	-	41	-	10	-	-
Fosfato monoamônico (MAP)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	17	45	-	-	-	-
Fosfato diamônico (DAP)	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	9	48	-	-	-	-
Fosfato monopotássico (MKP)	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-	51	33	-	-	-
Fosfato natural**	rocha fosfática moída	-	5	-	-	-	-
Fosfato natural reativo**	rocha fosfática beneficiada	-	27	-	28	-	-
Termofosfatos**	rocha fosfática e outros compostos sob tratamento térmico	-	12-17	3	16	4	-
Ácido fosfórico	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-	40	-	-	-	-
<b>Potássicos</b>							
Cloreto de potássio***	KCl	-	-	50	-	-	-
Nitrito de potássio	KNO <sub>3</sub>	12	-	44	-	-	-
Sulfato de potássio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	48	-		15
Sulfato de potássio e magnésio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .2MgSO <sub>4</sub>	-	-	20	-	10	20
Sulfato de potássio, cálcio e magnésio (polialita)	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .2CaSO <sub>4</sub> .MgSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	-	-	14	12	3	19
<b>Macronutrientes secundários</b>							
Enxofre elementar	S <sup>0</sup>	-	-	-	-	-	95
Enxofre granulado	S <sup>0</sup> (+ argila)	-	-	-	-	-	90
Sulfato de cálcio (gesso agrícola)	CaSO <sub>4</sub>	-	-	-	16	-	13
Sulfato de magnésio	MgSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	-	-	-	-	9	11

\* Apesar da garantia mínima de N, exigida pelo MAPA, no CAN ser de 20% a maior parte desses fertilizantes são comercializados com garantias de N entre 24% a 27%. O CAN normalmente é feito com a adição de dolomita ou calcário, fornecendo, além do N, 4% de Ca e 2% de Mg; há também formulação de CAN com gesso no lugar do calcário: 5% Ca e 3,7% S.

\*\* Para o fosfato natural e fosfato natural reativo as garantias mínimas do teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total solúvel em ácido cítrico são, respectivamente, de 15% e 30%. No caso dos termofosfatos a garantia mínima de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total solúvel em ácido cítrico (2%) varia de 6% a 16%. Para os termofosfato há também garantia mínima para Si (8%).

\*\*\* A garantia mínima para o KCl pelo MAPA é de 50% de K<sub>2</sub>O; contudo, esse fertilizante é comumente comercializado com garantias entre 58% a 60% de K<sub>2</sub>O.

**Tabela 2.** Garantias mínimas dos principais fertilizantes minerais, contendo micronutrientes, destinados à agricultura, de acordo com a Instrução Normativa nº 39, de 08/08/2018 do MAPA

<b>Nutriente Fertilizante</b>	<b>Fórmula química</b>	<b>Garantia mínima</b>	<b>Solubilidade em água</b>
<b>Boro</b>			<b>% B</b>
Ácido bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	17	Solúvel
B-MEA	Éster de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> com monoetanolamina	8	Solúvel
Bórax	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·nH <sub>2</sub> O	10	Solúvel
Pentaborato de sódio	NaB <sub>5</sub> O <sub>8</sub> ·5H <sub>2</sub> O	18	Solúvel
Octaborato de sódio	Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> O <sub>13</sub> ·4H <sub>2</sub> O	20	Solúvel
Ulexita	NaCaB <sub>5</sub> O <sub>9</sub> ·8H <sub>2</sub> O	8	Insolúvel
Colemanita	CaO·3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O ou CaB <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·15H <sub>2</sub> O	8	Insolúvel
Hidroboracita	CaO·MgO·3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	7	Insolúvel
<b>Cobre</b>			<b>% Cu</b>
Sulfato de cobre	CuSO <sub>4</sub> ·nH <sub>2</sub> O	24	Solúvel
Nitrito de cobre	Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·3H <sub>2</sub> O	22	Solúvel
Cloreto de cobre	CuCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	20	Solúvel
Quelato de cobre	Cu solúvel ligado a um agente quelante	5	Solúvel
Óxido de cobre	CuO	70	Insolúvel
Carbonato de cobre	CuCO <sub>3</sub> ·Cu(OH) <sub>2</sub>	48	Insolúvel
<b>Ferro</b>			<b>% Fe</b>
Sulfato de ferro	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·4H <sub>2</sub> O	23	Solúvel
Nitrito de ferro	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	11	Solúvel
Cloreto de ferro	FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	15	Solúvel
Quelato de ferro	Fe solúvel ligado a um agente quelante	5	Solúvel

Continua

**Tabela 2.** Conclusão

<b>Nutriente Fertilizante</b>	<b>Fórmula química</b>	<b>Garantia mínima</b>	<b>Solubilidade em água</b>
<b>Ferro</b>			<b>% Fe</b>
Óxido de ferro	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	45	Insolúvel
Carbonato de ferro	FeCO <sub>3</sub>	41	Insolúvel
<b>Manganês</b>			<b>% Mn</b>
Sulfato de manganês	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	26	Solúvel
Nitrito de manganês	Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	16	Solúvel
Cloreto de manganês	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	25	Solúvel
Quelato de manganês	Mn solúvel ligado a agente quelante	5	Solúvel
Óxido de manganês	MnO	50	Insolúvel
Carbonato de manganês	MnCO <sub>3</sub>	40	Insolúvel
<b>Molibdênio</b>			<b>% Mo</b>
Molibdato de amônio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·2H <sub>2</sub> O	52	Solúvel
Molibdato de sódio	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	39	Solúvel
Molibdato de potássio	K <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	28	Solúvel
Trióxido de molibdênio	MoO <sub>3</sub>	57	Insolúvel
<b>Zinco</b>			<b>% Zn</b>
Sulfato de zinco	ZnSO <sub>4</sub> ·nH <sub>2</sub> O	20	Solúvel
Nitrito de zinco	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	18	Solúvel
Cloreto de zinco	ZnCl <sub>2</sub>	24	Solúvel
Quelato de zinco	Zn solúvel ligado a um agente quelante	7	Solúvel
Borato de zinco	2ZnO·3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·nH <sub>2</sub> O	29 (14% B)	Insolúvel
Óxido de zinco	ZnO	72	Insolúvel
Carbonato de zinco	ZnCO <sub>3</sub>	49	Insolúvel

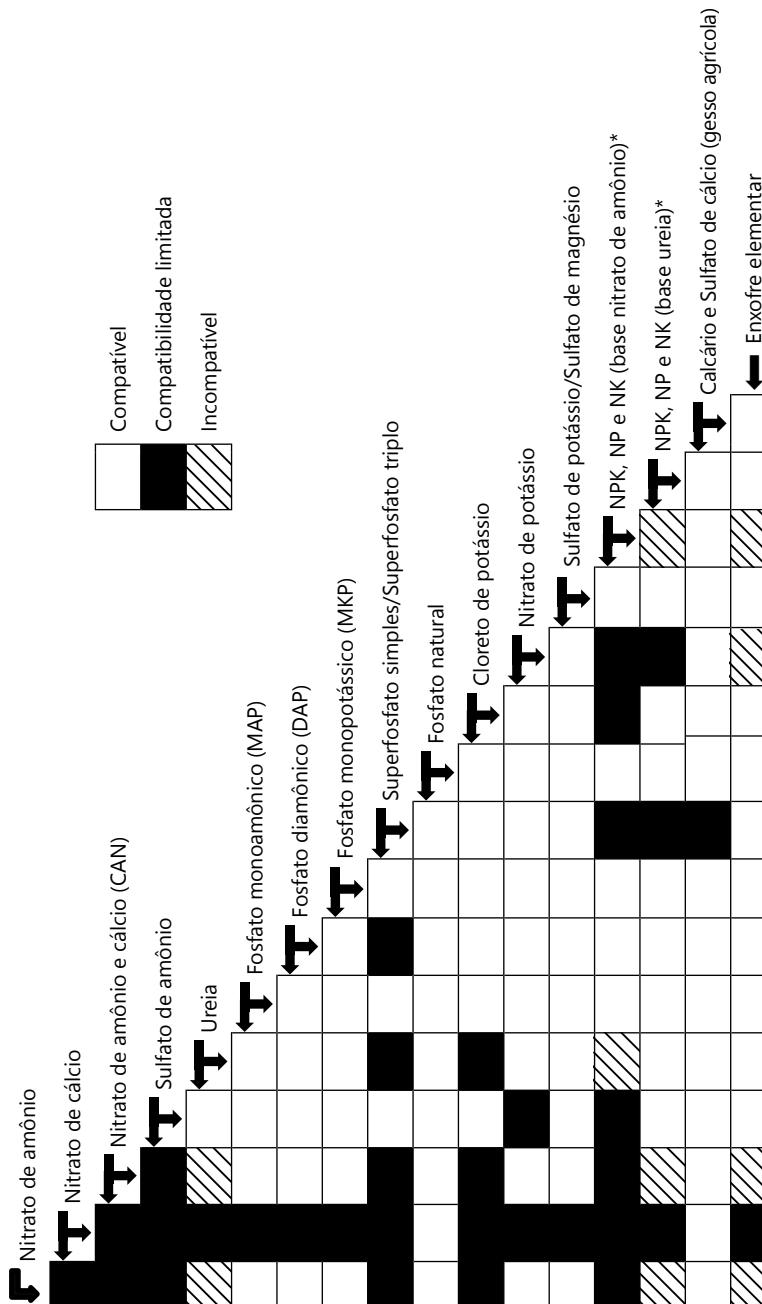
## 1. COMPATIBILIDADE ENTRE FERTILIZANTES SÓLIDOS EM MISTURAS

Para o preparo de misturas ou *blends* de fertilizantes é necessário observar a compatibilidade entre eles (Figura 1). A falta de compatibilidade pode ser devido à higroscopidez que afeta a capacidade de estocagem e/ou a estabilidade física da mistura. Este é o caso de várias misturas contendo nitrato de amônio. Misturas de ureia e superfosfatos podem conduzir ao empastamento (*caking*) de formulações. Algumas misturas com nitrato de amônio podem aumentar os riscos de explosão.

Aspectos relacionados às propriedades físicas do material também podem limitar a compatibilidade entre fertilizantes. O tamanho das partículas está entre os mais importantes. Misturas de grânulos de tamanhos diferentes favorecem a segregação das fontes fertilizantes que podem ocasionar uma distribuição desigual dos nutrientes no campo. Além do tamanho das partículas, outros fatores como densidade, forma e dureza dos grânulos, conteúdo de poeira e a fluidez do fertilizante no momento da aplicação, também podem reduzir a compatibilidade da mistura.

## 2. FERTILIZANTES PARA HIDROPONIA E FERTIRRIGAÇÃO

Os fertilizantes para a aplicação via fertirrigação e hidroponia devem possuir maior solubilidade em água do que aqueles recomendados para aplicação no solo, e consequentemente, podem ter garantias diferentes. A tabela 3 apresenta a lista dos principais fertilizantes utilizados para o preparo de soluções nutritivas usadas em fertirrigação ou hidroponia e suas garantias mínimas.



**Figura 1.** Compatibilidade de fertilizantes inorgânicos sólidos em misturas.

\* Fertilizante granulado: constituído de partículas em que cada grânulo contenha todos os elementos declarados ou garantidos do produto. Adaptado de Gilbertson e Vallin (2016).

**Tabela 3.** Garantias mínimas dos principais fertilizantes utilizados para o preparo de soluções nutritivas usadas em fertirrigação ou hidroponia, de acordo com a Instrução Normativa nº 39, de 08/08/2018 do MAPA

Fertilizante	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
garantia mínima, %							
<b>Nitrogenados</b>							
Nitrato de cálcio	14	-	-	-	16	-	-
Nitrato de amônio	16	16	-	-	-	-	-
Nitrato de magnésio	10	-	-	-	-	8	-
Sulfato de amônio	-	20	-	-	-	-	22
Ureia (N amídico - garantia é para N total)		45	-	-	-	-	-
<b>Fosfatados</b>							
Fosfato monoamônico purificado (MAP cristal)	11	-	60	-	-	-	-
Fosfato monopotássico (MKP)	-	-	51	33	-	-	-
*Ácido fosfórico 85% D17	-	-	46	-	-	-	-
<b>Potássicos</b>							
Cloreto de potássio (branco)	-	-	-	50	-	-	-
Nitrato de potássio	12	-	-	44	-	-	-
Sulfato de potássio	-	-	-	48	-	-	15
<b>Macros secundários</b>							
Cloreto de cálcio	-	-	-	-	24	-	-
Cloreto de magnésio	-	-	-	-	-	10	-
Sulfato de magnésio	-	-	-	-	-	9	11
<b>Micronutrientes</b>							
garantia mínima, %							
Ácido bórico	17	-	-	-	-	-	-
Octaborato de sódio	20	-	-	-	-	-	-
Sulfato de cobre	-	24	-	-	-	-	11% S
Nitrato de cobre	-	22	-	-	-	-	9% N-NO <sub>3</sub>
Cloreto de cobre	-	20	-	-	-	-	23% Cl
Quelato de cobre	-	5	-	-	-	-	-
Sulfato ferroso	-	-	19	-	-	-	10% S
Quelato de ferro	-	-	5	-	-	-	-
Sulfato de manganês	-	-	-	26	-	-	16% S

Continua

**Tabela 3.** Conclusão

Micronutrientes	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Outros
garantia mínima, %							
Nitrato de manganês	-	-	-	16	-	-	8% N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Cloreto de manganês	-	-	-	25	-	-	32% Cl
Quelato de manganês	-	-	-	5	-	-	-
Molibdato de amônio	-	-	-	-	52	-	5% N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Molibdato de sódio	-	-	-	-	39	-	-
Sulfato de zinco	-	-	-	-	-	20	9% S
Cloreto de zinco	-	-	-	-	-	24	26% Cl
Nitrato de zinco	-	-	-	-	-	18	8% N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Quelato de zinco	-	-	-	-	-	7	-

\* Classificado pelo MAPA como aditivo para uso em fertilizantes minerais (IN nº 39 de 2018).

### 3. FATORES DE CONVERSÃO

A representação de concentrações geralmente é feita em várias unidades em diferentes publicações. Algumas convenções antigas ainda prevalecem, como é o caso da expressão da concentração de nutrientes em fertilizantes e calcários em forma de óxidos, embora tais óxidos não existam nos materiais. A tendência é que os resultados sejam expressos em concentração dos elementos. Muitas publicações científicas já exigem desta maneira.

A expressão de resultados em porcentagem ou proporções (ppm, ppb) pode causar interpretações ambíguas e é desaconselhada nas normas do Sistema Internacional de Unidades (SI), do qual o Brasil é signatário. As proporções podem se referir a relações massa/massa, massa/volume, volume/massa, volume/volume. Dependendo da densidade do material, erros de interpretação das relações podem levar a variações importantes no resultado final. Assim, o SI recomenda que sejam usadas unidades bem definidas de massa e volume, como na coluna B da tabela 4.

Há alguns anos era comum o uso de miliequivalente para expressar grandezas químicas para explicar o conceito de íons trocáveis, especialmente em análise de solo. Como o uso de miliequivalente é desaconselhado pelas normas SI, passou-se a utilizar mol de carga (mol<sub>c</sub>) ou milimol de carga (mmol<sub>c</sub>). Porém, algumas instituições preferiram adotar o centimol de carga (cmol<sub>c</sub>) a fim de manter as tabelas de interpretação de resultados em uso no passado e às quais os técnicos já estavam acostumados. Embora o SI recomende o uso de múltiplos de mil nas unidades de representação, o cmol<sub>c</sub> ainda é bastante empregado no Brasil.

A tabela 4 apresenta alguns fatores de conversão entre unidades comumente utilizadas no Brasil.

**Tabela 4.** Fatores para conversão de unidades comumente utilizadas em recomendações de adubação e calagem

<b>Medida</b>	<b>Unidade A</b>	<b>Unidade B<sup>(1)</sup></b>	<b>Fator de conversão (f)</b>
	<b>(A)</b>	<b>(B)</b>	<b><math>A \times f = B</math></b>
<b>Análise de solo</b>			
Matéria orgânica e textura	%	g dm <sup>-3</sup> ; g kg <sup>-1</sup> ; g L <sup>-1</sup>	10
P e Micronutrientes	ppm	mg dm <sup>-3</sup> ; mg kg <sup>-1</sup>	1
Cátions e ânions	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ; cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	10 10
<b>Análise de planta</b>			
Macronutrientes	%	g kg <sup>-1</sup>	10
Micronutrientes	ppm, m/m	mg kg <sup>-1</sup>	1
Metais pesados	ppb, m/m	µg kg <sup>-1</sup>	1
<b>Fertilizantes/corretivos<sup>(2)</sup></b>			
Fósforo	kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg de P	0,437
Potássio	kg de K <sub>2</sub> O	kg de K	0,830
Cálcio	kg de CaO	kg de Ca	0,715
Magnésio	kg de MgO	kg de Mg	0,602
<b>Solução nutritiva</b>			
Macronutrientes	cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	10
Micronutrientes	ppm, m/v	mg L <sup>-1</sup>	1

<sup>(1)</sup> O Sistema Internacional de Unidades (SI) recomenda o uso de múltiplos de mil. Assim, as unidades da coluna B são mais aderentes às normas SI do que as da coluna A.

<sup>(2)</sup> A representação de concentração de nutrientes na forma de óxidos é uma convenção antiga, mas, ainda é adotada na legislação brasileira. A tendência é que esses valores sejam expressos na forma elementar, como já ocorre com a análise de plantas, o cálculo de extração de nutrientes do solo e a exportação de nutrientes pelas colheitas.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa nº 39**, de 08 de agosto de 2018. Brasília: MAPA. 49 p.  
 GILBERTSON, J.; VALLIN, E. **Handbook of solid fertiliser blending: Code of good practice for quality**. 3. ed. European Fertilizer Blenders Association, Laval, France. 2016. 49 p.

## 1.4. ADUBAÇÃO ORGÂNICA

---

Ronaldo Severiano Berton (¹)

**H**á um interesse crescente na utilização de adubos orgânicos pelo seu reconhecido efeito benéfico na produtividade das culturas. Neste capítulo, são dadas informações não só sobre os adubos orgânicos mais tradicionais, mas também sobre o uso de resíduos diversos na agricultura, considerando que sua aplicação ao solo é, muitas vezes, uma maneira conveniente de reciclagem desses materiais orgânicos.

Adubos orgânicos de origem animal, como estercos frescos ou compostados, têm sido comumente utilizados na agricultura. Porém, a logística de produção e transporte muitas vezes dificulta seu uso em muitas propriedades rurais. Recentemente, as preocupações ambientais e lei de disposição de resíduos sólidos têm incentivado a produção de fertilizantes orgânicos à base de vários resíduos urbanos, incluindo materiais de podas e lodos de esgoto tratados. Esses materiais têm valor como condicionador de solos e fonte de nutrientes para as plantas; porém, têm também limitações de uso. A legislação brasileira estabelece regras para o emprego desses materiais na agricultura, discutidas no presente capítulo.

### 1. ADUBOS ORGÂNICOS

O principal efeito da adubação orgânica é a melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo. Embora os adubos orgânicos mais utilizados possuam nutrientes em teores geralmente baixos e desbalanceados, necessitando de suplementação com fertilizantes minerais para a maioria das culturas, as aplicações carreiam nutrientes que devem ser considerados nas adubações.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Os nutrientes presentes em adubos orgânicos, principalmente o nitrogênio e o fósforo, possuem liberação mais lenta que a dos adubos minerais, dependente da mineralização da matéria orgânica, proporcionando maior disponibilidade ao longo do tempo, o que muitas vezes favorece ao melhor aproveitamento.

Uma composição típica de vários materiais orgânicos, usados para melhorar a fertilidade do solo, é apresentada na tabela 1.

Algumas características importantes das principais práticas utilizadas no manejo da matéria orgânica do solo com respeito à adição e à liberação de nutrientes às plantas são consideradas a seguir.

## 2. ESTERCOS DE ORIGEM ANIMAL

Embora os estercos possuam praticamente todos os elementos necessários ao desenvolvimento das plantas, as quantidades normalmente aplicadas não são suficientes para suprir as necessidades das culturas. Os estercos são considerados, em geral, como fontes de nitrogênio, seu constituinte mais importante, mas outros nutrientes não podem ser desprezados, tais como fósforo e potássio, além de cobre e zinco nos estercos de galinha e de porco.

O nitrogênio dos estercos e de outros materiais orgânicos pode ser manejado mediante a taxa de mineralização (TM) que estes apresentam. O Instituto Agronômico realiza experimentos para a determinação da TM para o nitrogênio e também para obtenção do Índice de Eficiência Agronômica (IEA), o qual compara a eficiência do material orgânico em liberar o nitrogênio, ou qualquer outro nutriente, em relação a um adubo químico convencional.

A TM é determinada para o primeiro ano de cultivo e diminui para os anos seguintes. De modo geral, o esterco de galinha apresenta TM de 40% e o esterco de curral 20%, ou seja, 40% e 20% do N total presente no esterco de galinha e no esterco de curral, respectivamente, estarão disponíveis às plantas no primeiro ano de aplicação destes materiais ao solo agrícola.

Com relação ao P e ao K, pode-se assumir que 70% do P e praticamente todo o K estarão disponíveis no primeiro ano de aplicação.

A mistura de adubos fosfatados com esterco, além de aumentar a disponibilidade de fósforo, ajuda a reter amônia, reduzindo as perdas de

nitrogênio por volatilização. É importante curtir os estercos para evitar danos às plantas.

As quantidades normalmente aplicadas variam de 10 a 100 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino e pelo menos 4 vezes menos de esterco de galinha. As quantidades dependem da cultura e do grau de pureza do esterco.

### 3. COMPOSTOS

Qualquer material vegetal pode ser utilizado para a produção de composto. A aceleração do processo de compostagem dos resíduos vegetais e o enriquecimento do produto final são conseguidos com o uso de estercos de animais ou de terra retirada da camada superficial do solo, ricos em microrganismos, ou de corretivos e adubos como calcário, ureia e os superfosfatos. Condições adequadas de aeração, umidade (60%) e de temperatura também auxiliam a ação dos microrganismos na estabilização do composto.

Compostos com relação C/N menor que 25 e relação C/P menor que 200 em geral, liberam a maior parte do N e do P no primeiro ano de aplicação. As dosagens de composto comumente empregada variam de 30 a 50 t ha<sup>-1</sup> aplicados em área total.

A compostagem, utilizando-se a poda de árvores juntamente com o lodo de esgoto, já vem sendo adotada por vários municípios do estado de São Paulo com bons resultados. Essa prática está sendo adotada em virtude da economia com o transporte e disposição desses materiais para aterros sanitários. Compostos de boa qualidade feitos com material de poda podem ser utilizados para o plantio de árvores em projetos de arborização urbana ou vendidos para terceiros. Mais informações sobre a técnica da compostagem podem ser encontradas no livro "Compostagem para fins agrícolas", publicado por Berton et al. (2021).

### 4. RESÍDUOS URBANOS E INDUSTRIALIS

Enquadram-se nessa classificação o lixo urbano, o lodo de esgoto (LE), a vinhaça, a torta de filtro, as borras, os resíduos de laticínios, etc. Em geral, esses produtos têm teores de nutrientes desbalanceados em

relação às necessidades das plantas, precisando de suplementação na adubação com fontes minerais. Os lodos são pobres em potássio (K) devido à perda do mesmo em solução durante o processamento deste material. Em compensação, lodos podem apresentar teores elevados de fósforo (P), às vezes superiores ao de nitrogênio (N). Além disso, mais de 80% do P pode estar disponível no primeiro ano de aplicação. O composto de lixo urbano tem se comportado de forma similar ao esterco de curral, obtendo-se um efeito significativo na produção já no primeiro ano com dosagens de 40 t ha<sup>-1</sup>.

O composto de lixo urbano e o lodo de esgoto, por apresentarem risco de conter patógenos, substâncias orgânicas de difícil decomposição no solo e metais pesados, como o cádmio, o níquel e o crômio, devem ser empregados preferencialmente em parques e jardins e em culturas que não sejam de consumo direto, como o algodão, a seringueira, a cana-de-açúcar e os cereais, a fim de que a cadeia alimentar fique protegida de uma possível contaminação. Assim, a utilização de resíduos urbanos na agricultura deve prever um monitoramento constante, para evitar a contaminação tanto do solo como do aquífero. No caso do lodo de esgoto, já existe no Brasil legislação pertinente para uso diretamente no solo (resolução CONAMA nº 498 de 19/08/2020) ou para uso como matéria-prima para produção de composto (Instrução Normativa SDA nº 61 de 08/07/2020).

A resolução CONAMA nº 498 de 19/08/2020 estabelece critérios e procedimentos para o uso, em áreas agrícolas, do biossólido gerado em estações de tratamento de esgoto sanitário, visando beneficiar a agricultura e evitar riscos à saúde pública e ao ambiente. O termo biossólido refere-se ao lodo de esgoto tratado para atender aos critérios químicos e microbiológicos daquela norma e, assim, estar apto para aplicação em solos agrícolas. Entre outras restrições, essa resolução estabelece requisitos mínimos de qualidade do LE, tais como substâncias químicas, para as quais o biossólido é classificado em duas classes (Classe 1 e Classe 2), apresentadas na tabela 2. O biossólido Classe 2, por conter uma concentração mais elevada de substâncias químicas, somente poderá ser aplicado em solos se a taxa máxima anual e a carga máxima acumulada dessas substâncias não exceder os limites apresentados na tabela 3.

A IN nº 61 de 08/07/2020 tem como novidade a definição do biofertilizante, produto que contém princípio ativo ou agente orgânico,

isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre as plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem levar em conta o seu valor hormonal ou estimulante. O biofertilizante é subdividido nos seguintes grupos: biofertilizante de aminoácidos; biofertilizante de substâncias húmicas; biofertilizante de extratos de algas ou algas processadas; biofertilizante de extratos vegetais; biofertilizante composto e outros biofertilizantes que venham a ser aprovados pela pesquisa brasileira oficial ou credenciada.

Outra novidade da IN nº 61 é a classificação dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais em apenas duas classes, de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção, a saber:

**Classe "A":** Produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima gerada nas atividades extractivas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo aquelas de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais de sistema de tratamento de águas residuárias com uso autorizado pelo órgão ambiental, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada, todos isentos de despejos ou contaminantes sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

**Classe "B":** Produto que utiliza, em sua produção, quaisquer quantidades de matérias-primas orgânicas geradas nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional, lodos gerados em estações de tratamento de esgotos, lodos industriais e agroindustriais gerados em sistemas de tratamento de águas residuárias contendo qualquer quantidade de despejos ou contaminantes sanitários, todos com seu uso autorizado pelo órgão ambiental, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Podem ser utilizados como matéria-prima para a produção de fertilizante orgânico Classe "A" os resíduos provenientes de serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, desde que estes serviços contemplam a segregação na fonte geradora e a coleta diferenciada de resíduos em, no mínimo, três frações: resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e rejeitos, evitando qualquer tipo de contaminação sanitária.

Assim, os fertilizantes orgânicos que utilizarem qualquer quantidade da fração orgânica do lixo doméstico pertencem à Classe "B" quando não há coleta seletiva e à Classe "A" se for feita a correta segregação do lixo nas residências. Os fertilizantes orgânicos que utilizarem o lodo de esgoto ou biossólido serão classificados sempre como Classe "B".

A IN nº 27 de 05/06/2006 alterada pela IN nº 7 de 12/04/2016 é a instrução normativa que estabelece os limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos regulamentados pela IN nº 61 de 08/07/2020, os quais são apresentados na tabela 4. Comparando-se os valores mostrados nas tabelas 2 e 4, nota-se que os limites para teores máximos de substâncias químicas dessa IN são mais restritivos que os estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 498.

A vinhaça é, principalmente, uma fonte de potássio, com disponibilidade similar ao cloreto de potássio, e também contribui com quantidades apreciáveis de N, Ca, Mg, Zn, Cu e Mn. Sua aplicação aumenta o pH e a atividade biológica do solo. As dosagens recomendadas variam com a fertilidade do solo e o tipo de composição do mosto que deu origem ao resíduo. A torta de filtro libera cerca de 20% de seu conteúdo em N, no primeiro ano de aplicação, e apresenta uma elevada capacidade de retenção de água a baixas tensões. As quantidades aplicadas por hectare estão em torno de 3 a 10 toneladas da torta seca no sulco de plantio e de 30 a 50 toneladas do resíduo seco em área total.

As tortas vegetais, como a torta de mamona indicada na tabela 1, são também adubos orgânicos de grande interesse, embora de disponibilidade limitada. Outros produtos, como farinha de sangue, farinha de ossos, etc., tem uso muito restrito na adubação.

## 5. ADUBOS VERDES

As leguminosas incorporam o nitrogênio do ar atmosférico ao solo por meio da fixação simbiótica. A produção de massa vegetal chega a conter de 16 a 25 kg ha<sup>-1</sup> de N por tonelada de matéria seca, dos quais a cultura subsequente pode aproveitar de 10% a 50%. Dependendo das condições edafoclimáticas, a decomposição do material vegetal incorporado pode se dar rapidamente, com perdas do nitrogênio por lixiviação, anteriores ao período de necessidade máxima da cultura plantada em seguida.

As leguminosas em rotação de culturas incorporam nitrogênio ao sistema, reduzindo as necessidades de adubações.

## 6. ADUBOS ORGANOMINERAIS

De acordo com a legislação, fertilizantes organominerais precisam conter no mínimo 8% de carbono orgânico para o produto sólido ou 3% no produto fluído. A adição de matéria orgânica humificada à formulação mineral proporciona várias vantagens à mistura como: diminuir a fixação de P pela fração coloidal do solo, reter cátions principalmente o potássio da fórmula, fornecer os macro e micronutrientes contidos na matéria orgânica empregada na formulação e diminuir as perdas de nitrogênio por lixiviação por apresentar solubilidade mais lenta. Além disso, os adubos organominerais, em geral, diminuem o índice salino da mistura e apresentam menor empedramento que as formulações minerais quando ensacados. Esses adubos também possuem maior friabilidade, proporcionando distribuição mais uniforme no solo, e constituem-se numa excelente alternativa para a reciclagem de resíduos urbanos na agricultura.

**Tabela 1.** Composição típica de vários materiais orgânicos de origem animal, vegetal e agroindustrial (com base no material seco). Os valores não são absolutos, servindo apenas para avaliação de grandeza

Materiais orgânicos	Umidade	C/N	C	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg <sup>-1</sup>					g kg <sup>-1</sup>				
Esterco bovino fresco	620	20	263	13	7	16	5	3	3
Esterco bovino curtido	340	21	485	23	18	32	30	9	3
Esterco de galinha	550	10	311	31	18	16	51	11	4
Esterco de porco	780	9	273	32	9	23	55	14	-
Composto de lixo	410	27	271	10	3	5	19	2	3
Lodo de esgoto (LE)	500	11	258	24	12	3	24	9	3
Composto com LE	335	12	197	16	1	1	4	1	1
Vinhaça in natura	950	17	200	12	2	60	20	8	10
Torta de filtro	770	27	348	13	9	3	22	3	13
Torta de mamona	90	10	495	49	8	12	20	5	-
Mucuna	870	20	462	23	5	23	15	3	-
Crotalária juncea	860	25	500	20	3	21	14	3	-
Milho resteva	880	45	360	8	2	16	4	2	1
Aguapé	940	20	333	17	2	17	17	3	3
Continua									

**Tabela 1.** Conclusão

<b>Materiais orgânicos</b>	<b>Umidade</b>	<b>Zn</b>	<b>Cu</b>	<b>Cd</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>
	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>				
Esterco bovino fresco	620	87	16	0	5	5
Esterco bovino curtido	340	329	38	0	3	2
Esterco de galinha	550	307	31	4	4	38
Esterco de porco	780	1.100	1.200	0	9	14
Composto de lixo	410	432	181	3	42	188
Lodo de esgoto (LE)	500	1.364	659	17	548	545
Composto com LE	335	942	290	2	32	83
Vinhaça in natura	950	60	100	-	-	-
Torta de filtro	770	87	57	-	-	-
Torta de mamona	90	141	80	-	-	-
Mucuna	870	46	23	-	-	-
Crotalária juncea	860	14	7	-	-	-
Milho resteva	880	12	3	-	-	-
Aguapé	940	50	33	-	-	-

**Tabela 2.** Quantidades máximas de substâncias químicas permitidas no biossólido seco a ser destinado para uso no solo agrícola, de acordo com a resolução CONAMA nº 498

<b>Substâncias químicas</b>	<b>Valor máximo</b>	
	<b>Classe 1</b>	<b>Classe 2</b>
	mg kg <sup>-1</sup>	
Arsênio	41	75
Bário	1300	1300
Cádmio	39	85
Chumbo	300	840
Cobre	1500	4300
Cromo	1000	3000
Mercúrio	17	57
Molibdênio	50	75
Níquel	420	420
Selênio	36	100
Zinco	2800	7500

**Tabela 3.** Taxa máxima anual e carga máxima acumulada de substâncias químicas em solos quando do uso de biossólido Classe 2, de acordo com a resolução CONAMA nº 498

Substâncias químicas	Taxa máxima anual kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Carga máxima acumulada	
		Solos de áreas degradadas kg ha <sup>-1</sup>	Solos de áreas não degradadas kg ha <sup>-1</sup>
Arsênio	2	20	41
Bário	13	130	260
Cádmio	1,9	19	39
Chumbo	150	1.500	3.000
Cobre	75	750	1.500
Cromo	15	150	300
Mercúrio	0,85	8,5	17
Molibdênio	0,65	6,5	13
Níquel	21	210	420
Selênio	5	50	100
Zinco	140	1.400	2.800

**Tabela 4.** Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo de acordo com a IN nº 27 de 05/06/2006 alterada pela IN nº 7 de 12/04/2016

Contaminante	Valor máximo admitido
Arsênio (mg kg <sup>-1</sup> )	20
Cádmio (mg kg <sup>-1</sup> )	3
Chumbo (mg kg <sup>-1</sup> )	150
Cromo hexavalente (mg kg <sup>-1</sup> )	2
Mercúrio (mg kg <sup>-1</sup> )	1
Níquel (mg kg <sup>-1</sup> )	70
Selênio (mg kg <sup>-1</sup> )	80
Coliformes termotolerantes - nº mais provável por grama de matéria seca	1.000
Ovos viáveis de helmintos nº por quatro gramas de sólidos totais	1
<i>Salmonella</i> sp.	Ausência em 10 g de matéria seca
Materiais inertes	Vidros, plásticos, metais <2 mm; 0,5% na massa seca Pedras >5 mm; 5,0% na massa seca

## REFERÊNCIAS

BERTON, R. S.; CHIBA, M. K.; COSCIONE, A. R.; ABREU, M. F.; NASCIMENTO, A. L. **Compostagem para fins agrícolas.** Campinas: Instituto Agronômico, 2021. 116 p.

BRASIL - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa SDA nº 27, de 05 de junho de 2006 (alterada pela IN SDA nº 7, de 12/04/2016 (republicada em 02/05/2016). **Diário Oficial da União.** Brasília (DF). 02 maio 2016.

BRASIL - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 7, de 12 de abril de 2016. **Diário Oficial da União,** Ed. 82, seção 1, p. 9, Brasília (DF), 02 maio 2016.

BRASIL - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 61, de 08 de julho de 2020. **Diário Oficial da União,** Ed. 134, seção 1, p. 5. Brasília (DF), 15 jul. 2020.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente/ CONAMA. Resolução nº 498, de 19 de agosto de 2020. **Diário Oficial da União,** Ed. 161, seção 1, p. 265, Brasília (DF), 21 ago. 2020.

## 2. CONCEITOS DE FERTILIDADE DO SOLO APLICADOS À CALAGEM E ADUBAÇÃO

### 2.1. O SISTEMA IAC DE ANÁLISE DE SOLO

---

Bernardo van Raij (¹)  
Heitor Cantarella (¹)  
José Antonio Quaggio (¹)

**A**análise de solo é atividade central do processo de correção do solo e adubação na agricultura moderna. A análise de solo provê informações que permitem a prescrição de corretivos de solo e fertilizantes. Para que esse processo seja eficaz, a análise do solo precisa ter embasamento científico adequado, de modo que as quantidades de corretivos e fertilizantes recomendadas concilem as necessidades de correção de solos, as exigências nutricionais de culturas, o retorno econômico e a preservação ambiental.

No Brasil, a análise de solo atingiu desenvolvimento bastante satisfatório. No estado de São Paulo, os métodos de análise de solo foram desenvolvidos ou adaptados ao longo de várias décadas pelo Instituto Agronômico, resultando no conjunto de determinações denominado Sistema IAC de Análise de Solo. Catani et al. (1955) publicaram o Boletim 69, com a descrição dos métodos de análise química usados para a avaliação da fertilidade do solo em meados do século passado. Posteriormente, Raij e Zullo (1977) descreveram os métodos usados nas décadas seguintes. Os atuais métodos foram

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

publicados por Raij e Quaggio (1983) e por Raij et al. (1987). Outras atualizações foram introduzidas a partir de 1996.

Neste capítulo, as razões agronômicas que levaram à seleção desse conjunto de métodos são apresentadas resumidamente. O assunto foi tratado por Cantarella et al. (1998), que descreveram a evolução e o uso da análise de solo para recomendações de adubação e calagem, e por Raij et al. (2001), que apresentaram detalhes sobre os métodos de análise empregados no Brasil.

## 1. EVOLUÇÃO DA ANÁLISE DE SOLO NO BRASIL E EM SÃO PAULO

Embora a análise de solo já fosse usada no Brasil no século passado, seu uso era limitado até o início da década de 1960. Na metade desta década, um programa conjunto de análise de solo do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento e da Universidade da Carolina do Norte resultou em grande progresso na análise de solo do país, com reflexos sentidos até hoje.

Um dos mais importantes resultados do programa nacional do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento e da Universidade da Carolina do Norte foi a uniformização dos métodos de análise química de solo. Em meados da década de 1960, por influência deste programa, a maioria dos laboratórios do Brasil adotava praticamente os mesmos métodos de análise, com pequenas diferenças regionais. Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis eram extraídos com solução 1 mol L<sup>-1</sup> de KCl. O alumínio trocável era determinado por titulação com solução de NaOH. O fósforo e o potássio eram extraídos com a solução conhecida por Mehlich-1, que contém 0,05 mol L<sup>-1</sup> de HCl e 0,0125 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. No estado de São Paulo, até 1982, utilizou-se solução extratora contendo 0,025 mol L<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, que já era usada em análise de solo (Catani et al., 1955), fornecendo resultados praticamente iguais aos obtidos pelo extrator Mehlich-1. O pH era determinado em água. O cálculo da necessidade de calagem era feito visando neutralizar o alumínio trocável e, também, para garantir um teor mínimo no solo de 20 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de soma de Ca e Mg. Nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina foi introduzido o tampão SMP para a determinação da necessidade de calagem. Nos outros estados foram desenvolvidas diversas combinações

de cálculos para neutralizar o Al e elevar Ca + Mg. Há laboratórios que determinam o teor de argila, que é levado em consideração na adubação fosfatada, juntamente com o teor de P pelo método Mehlich-1.

Em 1983, após ampla pesquisa sobre alguns dos principais problemas de análise de solo, com destaque para a determinação de P e da necessidade de calagem, foram introduzidas as seguintes alterações na análise de solo de rotina no estado de São Paulo: (a) determinação do pH em solução 0,01 mol L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub>; (b) determinação da acidez total do solo através do tampão SMP; (c) cálculo da necessidade de calagem com o objetivo de elevar a saturação por bases do solo a valores preestabelecidos por cultura; (d) extração de fósforo, potássio, cálcio e magnésio do solo com resina de troca iônica. Os novos métodos foram descritos por Raij et al. (1983) e, posteriormente, em livros (Raij et al., 1987; Raij et al., 2001). Os desenvolvimentos que culminaram com a alterações nos métodos de recomendações de calagem são tratados no capítulo 2.2.

Em 1996, foi introduzido um conjunto de inovações na análise de solo e nas recomendações de adubação e calagem em São Paulo (Raij et al., 1996). Do ponto de vista analítico, o destaque foi a determinação dos micronutrientes. O boro é extraído com água quente (Abreu et al., 1994) e cobre, ferro, manganês e zinco com solução de DTPA (Lindsay e Norvell, 1978).

A principal alteração, que caracteriza os métodos IAC, foi a adoção da resina de troca iônica para a extração de P. Grande esforço de pesquisa foi feito para desenvolver este método, justificado pelas características dos solos do país e pela importância que o manejo deste nutriente tem na agricultura nos solos tropicais brasileiros. Portanto, a decisão de substituir o método Mehlich-1 não foi simples. O princípio de extração do método de Mehlich-1 é a ação solvente de ácidos, com pH entre 1,8 e 2,0. Estudos posteriores mostraram evidências que o P extraído nestas condições não representava adequadamente a disponibilidade do nutriente em solos ricos em óxidos de ferro e de alumínio, que compõem grande parte dos principais solos agrícolas brasileiros. Assim, o extrator Mehlich-1 para P geralmente apresenta baixa correlação com índices biológicos de P no solo, inadequabilidade para solos alcalinos, subestimativa do P em alguns solos argilosos, superestimativa do P em solos recém adubados ou contendo resíduos de fosfatos naturais

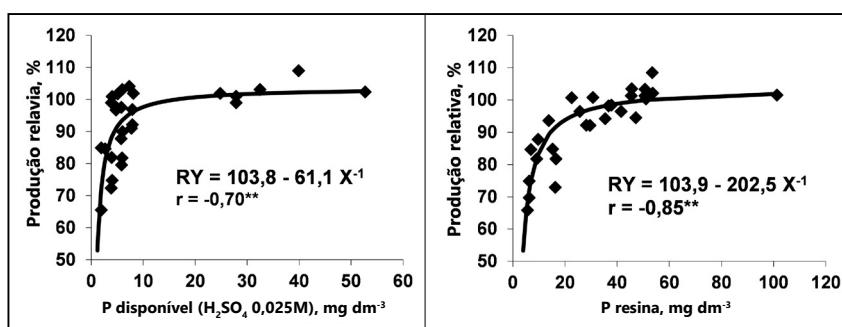
(falso positivo) e, não detecção do aumento da disponibilidade de P promovido pela calagem. Alguns estados brasileiros utilizam critérios complementares para melhorar a eficiência do extrator de Mehlich-1, como o P remanescente, em Minas Gerais, e teor de argila em vários outros lugares.

Por outro lado, o método de extração de P com resina extrai P do solo por um processo similar ao das raízes das plantas. A resina é constituída por malhas de poliestireno, com estrutura tridimensional de cadeias orgânicas, contendo grupamentos funcionais com cargas positivas, que adsorvem os ânions  $H_2PO_4^-$  diretamente da solução do solo e não por dissolução ácida. Durante o processo de extração, que ocorre após um período de equilíbrio entre a resina e a solução do solo, o pH permanece entre 6,5 e 7,0, que mais se aproxima do pH da rizosfera das plantas.

A melhor maneira de avaliar a eficiência de métodos de extração de P é comparar as curvas de calibração estabelecidas entre os resultados analíticos fornecidos por esses extractores com a resposta à adubação fosfatada, obtida com vários experimentos de campo e em diferentes tipos de solos. Isto foi feito para o extrator ácido ( $H_2SO_4$  0,025 mol L<sup>-1</sup>), que produz resultados idênticos ao extrator de Mehlich-1, e para a resina de troca de íons (Figura 1). Cada ponto dessas curvas representa um experimento de campo avaliando a resposta do algodoeiro à adubação fosfatada. A resposta à adubação foi medida por meio da produção relativa (PR), índice calculado pela razão entre a produção obtida sem aplicação de P ( $P_0$ ) e a produção máxima, obtida com a dose ideal de adubo fosfatado ( $P_{max}$ ). Como tal, a PR% é considerada índice de suficiência do nutriente no solo. Assim, PR = 50% significa que, sem a adubação com P, a produtividade será apenas de 50% em relação ao potencial máximo de produção conseguido se a dose adequada de P fosse aplicada. Por outro lado, PR = 100% indica ausência de resposta à adubação, ou seja, o solo tem teores suficientes do nutriente.

Comparando as duas curvas de calibração da figura 1 observa-se em que o coeficiente de correlação ajustado aos resultados experimentais da resina é superior ao coeficiente de correlação da equação ajustado aos resultados do Mehlich-1. Isso demonstra maior precisão da resina na avaliação da disponibilidade de P que o Mehlich-1.

Outro ponto importante, as escalas de resultados são bem distintas. No caso do extrator de Mehlich-1, 75% dos resultados analíticos das amostras dos experimentos com algodão estão abaixo de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ , ou seja, tem baixa sensibilidade de extração (Figura 1). Há grande concentração de resultados com alta resposta a P (baixos valores de PR) bem como com ausência de resposta a P (PR  $\sim 100\%$ ) na faixa de valores de P no solo entre 0 e  $8 \text{ mg dm}^{-3}$ . Ou seja, o método não conseguiu distinguir situações de alta resposta daquelas de falta de resposta à adubação, o principal propósito da análise de solo. Por outro lado, resina possui escala mais expandida de resultados analíticos (até  $100 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Além disso, os locais com falta de resposta à adubação ( $\text{PR} \geq 90\%$ ) correspondem a resultados de análise de solo altos ( $>40 \text{ mg P dm}^{-3}$ ), indicando a sensibilidade do método para detectar situações de baixa ou alta resposta ao nutriente.



**Figura 1.** Relação entre o P extraído do solo pelo extrator ácido e por resina de troca iônica e a produção relativa de algodão em resposta à aplicação de P em solos ricos em óxidos de ferro e alumínio, em 28 experimentos de campo. Cada ponto da curva representa um experimento. Adaptado de Raij et al. (1986).

Sabe-se que a elevação do valor de pH do solo pela calagem provoca o aumento da disponibilidade de P no solo, especialmente em solos nos quais o P está ligado aos óxidos de ferro e de alumínio. O estudo de avaliação de resposta de várias culturas à calagem, em solos bastante ácidos, conduzido por Raij e Quaggio (1990), ilustra este ponto (Tabela 1). As produtividades de feijão, girassol e soja aumentaram significativamente com a calagem. O efeito sobre a disponibilidade de P no solo pode ser aferido pelas concentrações foliares deste nutriente, que

aumentaram com a elevação do pH do solo. Nessas condições, espera-se que a disponibilidade de P no solo também aumente. Porém, isto só foi observado quando a análise de solo foi realizada usando a resina; o P determinado por Mehlich-1 ou por Bray-Kurtz não variaram, ou seja, não detectaram o que as plantas estavam mostrando. Para o extrator Olsen, os resultados de análise de solo foram na direção contrária e diminuíram com o aumento do pH do solo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Efeito de doses de calcário sobre o pH do solo, produtividade relativa de grãos de algumas culturas, P foliar e a teores de P no solo extraídos por diferentes extratores

Calcário e cultura	pH do solo CaCl <sub>2</sub>	Produção relativa	P foliar	P no solo pelos métodos <sup>(1)</sup>			
				Resina	Mehlich-1	Bray- Kurtz	Olsen
	%	g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>			
<b>Feijão</b>							
C1	3,8	61	2,44	33b	17a	20a	41a
C2	4,2	86	3,21	36ab	18a	21a	33b
C3	4,7	98	3,25	38ab	18a	20a	26b
C4	5,2	100	3,25	43a	20a	19a	21d
<b>Girassol</b>							
C1	4,3	36	2,79	22b	12b	24a	17a
C2	4,6	61	3,27	26ab	12b	22a	17a
C3	5,3	83	3,81	33ab	16a	25a	16a
C4	5,7	100	3,80	37a	20a	20a	12a
<b>Soja</b>							
C1	4,5	66	2,35	16c	9a	20a	18ab
C2	4,9	86	2,69	19ab	8a	22a	15ab
C3	6,1	95	2,88	23b	8a	20a	13ab
C4	6,6	100	2,85	34a	10a	24a	12b

Adaptado de Raij e Quaggio (1990). As doses de calcário (C1 a C4) variaram conforme o local do estudo: Feijão: 0, 6, 12 e 24 t ha<sup>-1</sup>; Girassol: 0, 2, 4 e 8 t ha<sup>-1</sup>; Soja: 0, 3, 6 e 9 t ha<sup>-1</sup>.

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem (Tukey ≤0,05).

**Tabela 2.** Comparação de métodos de análise de P em solo por meio de coeficientes de determinação expressando a porcentagem de variação da produtividade de culturas explicada pela análise de P no solo com diferentes extratores, culturas e tipos de solos. Resultados da literatura internacional compilados por Silva e Raij (1999)

<b>Método</b>	<b>Coeficiente de determinação, %, para solos</b>		
	<b>Ácidos</b>	<b>Alcalinos e neutros</b>	<b>Não especificados</b>
Resina	84	83	69
Olsen	47	52	58
Mehlich-1	56	39	41
Bray-Kurtz	53	25	48

Por fim, a compilação de resultados da literatura internacional feita por Silva e Raij (1999) mostrou que o P extraído pela resina de troca iônica apresentou relação muito mais estreita com a respostas das plantas à adubação fosfatada do que outros métodos de extração de P do solo. Isto ocorreu tanto para solos ácidos como para solos neutros e alcalinos (Tabela 2).

Estes resultados, bem como outros mostrados por Raij (1998), Raij et al. (2001) e Kovar e Cantarella (2019) indicam que os métodos de análise do sistema IAC têm desempenho superior e são adequados para solos tropicais, para os quais foram desenvolvidos. Esses métodos são a base das recomendações de adubação e calagem desta publicação.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; RAIJ, B. van; BATAGLIA. O. C.; ANDRADE, J. C. Extraction of boron from soil by microwave heating for ICP-EAS determination. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 25, n. 19-20, p. 3321-3333, 1994.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. Soil and plant analysis for lime and fertilizer recommendations in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, n. 11-14, p. 1691-1706, 1998.
- CATANI, R. A.; GALLO, J. R.; GARGANTINI, H. **Amostragem do solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1955. 22 p. (Boletim, 69)

KOVAR, J. L.; CANTARELLA, H. Measuring crop-available phosphorus. **Better Crops**, v. 103, p. 13-16, 2019.

LINDSAY, W. L.; NORVELL, W. A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Science Society of America Journal**, v. 42, n. 3, p. 421-428, 1978.

RAIJ, B. van; ZULLO, M. A. T. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1977, 16 p. (Circular, 63)

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983, 31 p. (Boletim Técnico, 81)

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 17, p. 547-566, 1986.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. **Análise química de solos para fins de fertilidade**, Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. Extractable phosphorus availability indexes as affected by liming. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 21, p. 1267-1276, 1990.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100)

RAIJ, B. van. Bioavailable tests: Alternatives to standard soil extractions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 29, p. 1553-1570, 1998.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ABREU, C. A. Os métodos de análise química do sistema IAC de análise de solo no contexto nacional. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, C. A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds.) **Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p. 5-39.

SILVA, F. C.; RAIJ, B. van. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extractores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 267-288, 1999.

## 2.2. MANEJO DA ACIDEZ DO SOLO

---

José Antonio Quaggio (¹)

Bernardo van Raij (¹)

### 1. ACIDEZ DO SOLO E A AGRICULTURA BRASILEIRA

**O**s solos ácidos predominam em quase todas as regiões no Brasil, exceto em áreas relativamente pequenas nas regiões semiáridas do Nordeste. Estima-se que é a maior concentração de solos ácidos do mundo, cobrindo originalmente cerca de 70% do território nacional (Lopes e Guilherme, 2016). Em pelo menos metade dessa área, a acidez reduzia a produtividade das culturas em torno de 50%, especialmente em pequenas propriedades e nas regiões do cerrado.

A redução da área de solos ácidos nos solos brasileiros está ligada ao maior consumo de corretivos de acidez. Por exemplo: em 1980 a área cultivada pela agricultura brasileira era de 41 milhões de hectares (CONAB, 2022) e o consumo de calcário de 9,0 milhões de toneladas, enquanto em 2021, para área cultivada, foi 69 milhões de hectares e o consumo de calcário alcançou 45,3 milhões de toneladas, ou seja, houve aumento de cinco vezes no consumo de corretivos de acidez nesse intervalo.

Nesse mesmo período, o consumo médio de calcário cresceu de 220 para 660 kg ha<sup>-1</sup>, que apesar de bastante expressivo, está abaixo da dose média ideal anual de calcário que deveria estar próxima de 1,0 t ha<sup>-1</sup> para atender a demanda da agricultura brasileira em função da acidificação constante dos solos, por processos naturais ou pelo uso de fertilizantes minerais.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Dados da ABRACAL (2020) mostram que o aumento de consumo de calcário nesse período foi mais acentuado nos estados com fronteiras agrícolas mais recentes, especialmente em solos originalmente sob vegetação de cerrados, como exemplo Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e Bahia, entre outros, nos quais os ganhos de produtividade também foram maiores.

Estudos realizados pelo Instituto Agronômico nas últimas três décadas mostram que os ganhos de produtividade com a calagem nas culturas como soja, milho, trigo, algodão e citros são em média superiores a 70%, com relação custo-benefício ao redor de 10:1, ou seja, cada real gasto com o calcário resulta ganho de R\$ 10,00 para o produtor. Portanto, a calagem é prática estratégica para a agricultura brasileira, pois além de extremamente lucrativa, é também poupadora de terra, pois os ganhos de produtividade evitam a abertura de novas áreas.

## 2. INTERPRETAÇÃO DOS ATRIBUTOS DA ACIDEZ DOS SOLOS

Os parâmetros relacionados à acidez dos solos, pH em CaCl<sub>2</sub> e saturação por bases apresentam estreita correlação entre si, para amostras retiradas da camada arável. Essa correlação é expressa pela equação [pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub> = 3,7 + 0,027V% (R<sup>2</sup> = 0,97\*\*)] que foi ajustada com amostras de solos representativas do estado de São Paulo. Ela serve como parâmetro para aferir resultados de laboratório.

A interpretação adotada para valores de pH em CaCl<sub>2</sub> e de saturação por bases é apresentada na tabela 1.

**Tabela 1.** Limites de interpretação das determinações relacionadas com a acidez da camada arável do solo

Classes de acidez	pH em CaCl <sub>2</sub>	Saturação por bases	V (%)
Muito alta	<4,4	Muito baixa	<25
Alta	4,4-5,0	Baixa	25-50
Média	5,1-5,5	Média	50-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	70-90
Muito baixa	>6,0	Muito alta	>90

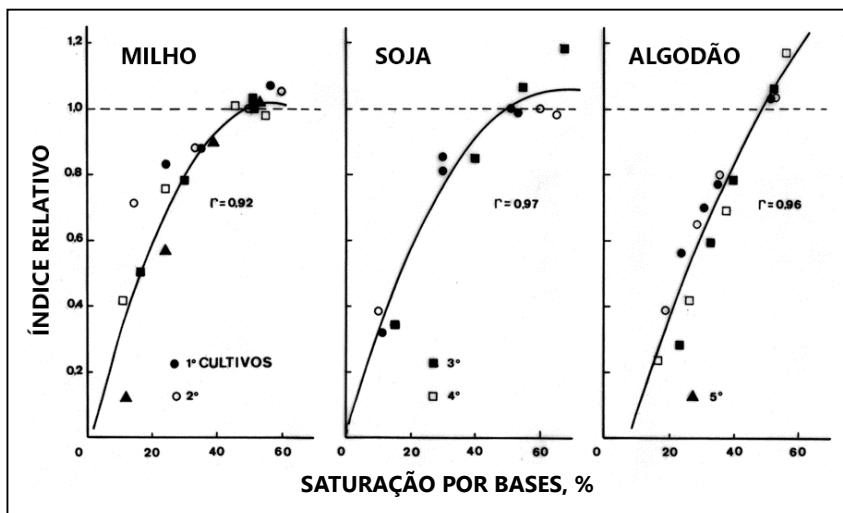
A determinação do pH em uma solução 0,01 mol L<sup>-1</sup> de cloreto de cálcio foi introduzida por permitir resultados mais precisos do que a determinação do pH em água, que é uma determinação muito afetada por pequenas variações nas quantidades de sais no solo que podem ocorrer nas amostras em consequência de adubações, períodos de seca ou da mineralização da matéria orgânica que frequentemente ocorre em amostras de solo encaminhadas ao laboratório, úmidas e acondicionadas em sacos plásticos.

### 3. RESPOSTAS DAS CULTURAS À CALAGEM

#### 3.1. SENSIBILIDADE DAS CULTURAS À ACIDEZ DOS SOLOS

O comportamento diferencial entre culturas quanto à tolerância à acidez e resposta à calagem deve ser considerado para racionalizar o uso de corretivos, uma vez que a dose mais econômica depende fundamentalmente da magnitude das respostas das culturas à calagem.

A figura 1 permite comparar a resposta diferencial à calagem das culturas da soja, milho e algodão, utilizando-se o índice relativo, para o qual adotou-se o valor 1,0 quando a saturação por bases no solo for igual a 50%. Observa-se que as três culturas percorrem trajetórias distintas para atingir o índice de 1,0. Contudo, tanto o milho como a soja, atingem o máximo de produção por volta de saturação por bases de 60%, enquanto o algodão não alcançou a produtividade máxima no intervalo estudado, demonstrando ser ainda mais sensível à acidez do solo.



**Figura 1.** Resposta diferencial das culturas de milho, soja e algodão à calagem em solos ácidos do estado de São Paulo.

### 3.2. SUBSOLOS ÁCIDOS E AS BARREIRAS QUÍMICAS AO CRESCIMENTO RADICULAR

Uma das maiores conquistas da fertilidade dos solos, que permitiu grande avanço da agricultura em solos tropicais, foi o reconhecimento de que as barreiras químicas no subsolo reduzem o crescimento de raízes em profundidade. Raízes profundas têm maior eficiência de absorção de água e de nutrientes pelas plantas. Esse fato torna-se ainda mais relevante para a produtividade das culturas quando ocorrem veranicos ou períodos curtos de falta de água, especialmente em estágios fenológicos muito sensíveis ao estresse hídrico, como a floração.

O grande impulso no conhecimento neste assunto iniciou na década de 1960, na Universidade do Alabama, EUA, pela equipe de Fred Adams. Eles descobriram que as principais barreiras químicas ao crescimento de raízes são a toxicidade de alumínio (Al) e a deficiência de cálcio (Ca), que podem ocorrer isoladamente ou coexistir, o que é mais comum em subsolos ácidos.

A toxicidade de Al provoca distúrbios à multiplicação de células das raízes e ao seu crescimento. A deficiência de Ca, por outro lado, restringe o crescimento de raízes devido ao papel fundamental que esse nutriente desempenha na estrutura de células das plantas em geral e, de modo especial na raiz. O detalhe que diferencia o Ca dos demais nutrientes é que ele só é absorvido pelas extremidades jovens das raízes das plantas. Para que as raízes cresçam continuamente, estas necessitam encontrar Ca pelo caminho em quantidade suficiente. Quando há deficiência do nutriente, especialmente em camadas mais profundas do perfil do solo, as novas células próximas ao meristema radicular ficam mal formadas e não conseguem mais se reproduzir, prejudicando o crescimento do sistema radicular.

A análise de solo é a melhor ferramenta para diagnosticar a existência de barreiras químicas ao crescimento de raízes. Para tanto, é necessário analisar a concentração de alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), os cátions trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ ) e ainda a acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ). Com essas determinações é possível calcular outros atributos e propriedades do solo como:

**Soma de bases: SB =  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$ ;**

**Capacidade de troca de cátions: CTC = SB + ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ );**

**Saturação por bases: V = SB/CTC x 100;**

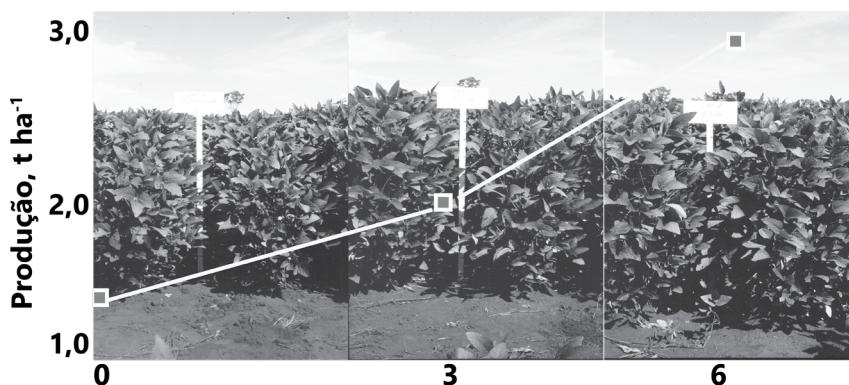
**Saturação por alumínio: m =  $\text{Al}^{3+}/(\text{SB} + \text{Al}^{3+}) \times 100$ .**

Resultados de vários experimentos com plantas têm demonstrado que, de modo geral, os solos apresentam barreira química ao crescimento de raízes quando a saturação por alumínio, m, for maior do que 40% e/ou a saturação por bases for inferior a 25%. Alguns estudos consideram o valor absoluto de  $\text{Ca}^{2+} < 4,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  como índice, ao invés da saturação por bases, porém esse teor ocorre esporadicamente e nunca de forma isolada, ou seja, quase sempre junto aos outros indicadores de acidez nociva às raízes. Por essa razão, é preferível usar a saturação por bases V < 25% como critério, uma vez que o Ca é o principal nutriente entre as bases trocáveis do solo.

A acidez de subsolo pode ser corrigida pela incorporação profunda de calcário, que por ser pouco solúvel, tem que ser bem misturado às

partículas coloidais do solo para a correção da acidez. González-Erico et al. (1979) foram pioneiros em demonstrar a importância da incorporação profunda de calcário em experimento realizado em solo originalmente sob vegetação de cerrado do Distrito Federal. Os autores observaram que a incorporação de calcário na profundidade de 0-30 cm proporcionou ganhos de produtividade de milho 50% maiores em comparação com a incorporação superficial de 0-15 cm. Os pesquisadores observaram ainda que esses ganhos de produtividade foram decorrentes da maior capacidade de extração de água do solo durante um veranico, comum nas regiões dos cerrados brasileiros, no tratamento com calcário até 30 cm de profundidade em comparação com a incorporação até 15 cm.

Outro experimento que merece destaque pela contribuição ao manejo de solos ácidos de cerrados foi conduzido com soja entre 1976 a 1980 em solo de cerrado, recém desbravado do triângulo mineiro, por Quaggio et al. (1982b). Esse estudo demonstrou que é possível obter produtividades de soja ao redor de  $3,0\text{ t ha}^{-1}$  no primeiro ano de abertura de cerrados e que o fator limitante à produtividade da soja em solos de cerrados vermelho-escuros ou roxos era a toxicidade provocada pelo excesso de manganês. Para reduzir essa toxicidade era necessário usar doses altas de calcário, suficientes para elevar a saturação por bases acima de 70% (Figura 2).



**Figura 2.** Ensaio pioneiro em demonstrar que a toxicidade de manganês limitava a produtividade da soja em solos de cerrados e que havia necessidade de aplicação de altas doses de calcário para se atingir produtividade próxima a  $3.000\text{ kg ha}^{-1}$ , no primeiro ano (Quaggio et al., 1982b).

Outro avanço no manejo de subsolos ácidos aconteceu com o experimento conduzido por Ritchey et al. (1980), cujo objetivo era estudar a eficiência de doses elevadas dos fertilizantes superfosfato triplo (ST) e superfosfato simples (SS), aplicados a lanço como adubação corretiva de P em solos de vegetação de cerrado. Durante um dos veranicos da região, os pesquisadores observaram que nas parcelas com ST as plantas de milho apresentavam-se murchas, enquanto no tratamento com SS estavam túrgidas, demonstrando estarem melhor supridas de água. Pesquisa minuciosa nas parcelas experimentais revelou que no tratamento com SS havia maior aprofundamento radicular e, por conseguinte, maior extração de água das camadas mais profundas do solo. Além disso, as camadas pais profundas do solo do tratamento SS continham menos Al e mais Ca do que nas parcelas com ST. Como o SS difere do ST pelo gesso que contém, os efeitos observados foram atribuídos a esse componente do adubo. Esta foi a primeira constatação que é possível melhorar o ambiente radicular das plantas em subsolos ácidos com a aplicação de gesso, que por ser mais solúvel que o calcário, pode reduzir as barreiras químicas ao crescimento de raízes no perfil do solo mais rapidamente que o calcário.

#### 4. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE CALAGEM

A necessidade de calagem é definida como a quantidade de bases necessária para corrigir a acidez do solo até um valor desejado de pH ou outro índice de referência, por exemplo a saturação por bases. Os métodos mais antigos para determinar a necessidade de calagem baseavam-se em curvas de neutralização obtidas a partir da incubação de amostras de solo com doses de carbonato de cálcio puro. Após o período de incubação, o pH era determinado para cada dose e, graficamente, determina-se a dose de  $\text{CaCO}_3$  necessária para atingir o valor desejado de pH. Esse processo é preciso e normalmente é empregado para calibrar os métodos rápidos, ajustados às condições de laboratórios de rotina de análise de terra.

No Brasil estão sendo empregados atualmente três diferentes métodos de determinação da necessidade de calagem, discutidos de forma sucinta, a seguir. Para os leitores mais interessados nesse assunto, recomenda-se a leitura dos trabalhos de Quaggio (1983, 2000),

que trazem uma revisão completa sobre a evolução dos métodos de recomendações de calagem no mundo e no Brasil.

O método da saturação por bases é oficial para o estado de São Paulo e vem sendo o mais empregado em outras regiões com agricultura avançada no país. Este método requer a determinação da soma de bases (SB), acidez potencial a pH 7,0 ( $H^+ + Al^{3+}$ ) e, por cálculo, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases (V). A soma de bases é geralmente calculada na maioria dos laboratórios de rotina, enquanto a acidez potencial é determinada apenas nos laboratórios que utilizam o método da saturação por bases para a avaliação da necessidade de calagem.

O conceito de saturação por bases foi proposto como critério de calagem pela primeira vez no Brasil no Instituto Agronômico, por Catani e Gallo (1955). A acidez potencial era extraída por solução de acetato de cálcio a pH 7,0 e posterior titulação com solução de NaOH. Este procedimento leva à perda de precisão; a determinação de  $H^+ + Al^{3+}$  por extração com acetato de cálcio tornou o método impraticável para laboratórios de rotina. Talvez por isso, ele nunca foi adotado oficialmente em São Paulo.

A partir do trabalho de Quaggio (1983), um procedimento preciso e prático para a determinação da acidez potencial do solo foi desenvolvido. Este envolve a medida do pH de equilíbrio da suspensão do solo em solução tampão SMP. Esse procedimento permite a determinação de  $H^+ + Al^{3+}$  em amostras de solo com até 300 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> com grande precisão e praticidade, muito adequado a laboratórios de rotina. Este procedimento tornou viável a introdução do método da saturação por bases como oficial para as recomendações de calagem no estado de São Paulo.

A fórmula para o cálculo da necessidade de calagem foi deduzida por Quaggio (1983) e Quaggio et al. (1985a):

$$NC = \frac{CTC \times (V_2 - V_1)}{10 \times PRNT}$$

Na qual:

NC = Necessidade de calagem, em t ha<sup>-1</sup> por 0,20 m de profundidade, ou o volume de 2.000 m<sup>3</sup> de solo da camada arável;

CTC = Capacidade de troca de cátions, em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>;

$V_2$  = Saturação por bases desejada para a cultura, em %;

$V_1$  = Saturação por bases atual do solo, em %;

PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total, que mede a capacidade neutralizante do corretivo, em %.

A saturação por bases é um índice quantitativo e preciso da quantidade necessária de calcário. O pH do solo é dependente da saturação por bases com a qual se correlaciona por meio da equação  $pH_{CaCl_2} = 3,7 + 0,027V\%$ . Os valores de saturação por bases desejados ( $V_2$ ) dependem da tolerância à acidez ou resposta da cultura à calagem.

Valores mais baixos de  $V_2$  por vezes são recomendados para solos de cerrados, do que os valores usados em outras regiões. A justificativa é minimizar problemas com deficiência de micronutrientes causadas por excesso de calcário. Na realidade nem todos os solos de cerrados são pobres em todos micronutrientes, principalmente em manganês. Portanto, deve-se evitar a generalização e não confundir deficiência de micronutrientes com excesso de calagem. Isto significa que mesmo em solos deficientes em micronutrientes, a produtividade máxima geralmente é obtida com calagem ótima, combinada com a aplicação dos micronutrientes mais limitantes para cultura a ser implantada.

## 5. CORRETIVOS DE ACIDEZ DOS SOLOS

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2006) que regulamenta a comercialização de corretivos de acidez no Brasil (Instrução Normativa SDA nº 35, de 4 de julho de 2006), define os corretivos de acidez como: "produtos capazes de promover a correção da acidez do solo e de fornecer cálcio e magnésio para as plantas".

Os corretivos mais usados são de rochas calcárias moídas, compostas principalmente por misturas dos minerais calcita, dolomita e magnesita, os quais são constituídos por carbonatos de cálcio e de magnésio. A moagem pode ser feita em diferentes tipos de moinhos, sendo os de martelos rotativos mais comuns, que produzem o calcário tradicional com granulometria mais grosseira. Moinhos de bola também são usados, os quais dão origem aos calcários com granulometria mais fina. Os calcários calcinados, obtidos por processo de calcinação ou

queima de rochas calcárias, são menos usados. Após a calcinação o produto é hidratado para reduzir a causticidade; o calcário calcinado é constituído por misturas de óxidos e hidróxidos de cálcio e magnésio, compostos bem mais solúveis que os carbonatos.

Há também no mercado de material corretivo, os resíduos da indústria de siderurgia, que são as escórias de alto forno, cuja base são silicatos de cálcio e de magnésio. As escórias contêm alguns micronutrientes e silício, que tem despertado interesse na nutrição de algumas culturas, como arroz e cana-de-açúcar. Apesar de disponíveis, as escórias vêm sendo pouco comercializadas no mercado brasileiro.

Quanto à granulometria, a legislação exige que pelo menos 95% do material corretivo passe em peneira de 2 mm (ABNT nº 10), 70% em peneira de 0,84 mm (ABNT nº 20) e 50% em peneira de 0,30 mm (ABNT nº 50).

Os valores mínimos exigidos pela legislação do ponto de vista químico e de acordo com a natureza do material, são os apresentados na tabela 2.

O poder de neutralização (PN), expresso atualmente em porcentagem de "equivalente carbonato de cálcio" (%E CaCO<sub>3</sub>), representa o teor de neutralizantes contido no material corretivo. O PN pode ser determinado em laboratório ou calculado, nos casos em que a totalidade do cálcio e do magnésio esteja nas formas de óxidos, hidróxidos ou carbonatos. Nesse caso, o cálculo do PN é feito por:

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

Como as partículas mais grosseiras dos corretivos da acidez podem demorar alguns meses para se dissolver no solo, usa-se uma expressão que deprecia o peso relativo das partículas menos reativas. Trata-se do poder relativo de neutralização total (PRNT), calculado por:

$$PRNT = (PN \times RE)/100$$

**Tabela 2.** Valores mínimos, do poder de neutralização (PN) e da soma dos teores de cálcio e de magnésio, e PRNT exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2006)

Corretivo de acidez	PN (%E CaCO <sub>3</sub> )	CaO + MgO	PRNT
Calcário agrícola	67	38	45
Calcário calcinado agrícola	80	43	54
Cal hidratada agrícola	94	50	90
Cal virgem agrícola	125	68	120

O PRNT representa, assim, o valor do PN multiplicado por RE, que indica a reatividade de partículas de calcário de diferentes tamanhos, em relação ao carbonato de cálcio puro finamente moído, em um período de três meses. A eficiência relativa é calculada por:

$$RE = 0,2X + 0,6Y + Z$$

Onde:

X = Porcentagem do material retido na peneira ABNT nº 20;

Y = Material retido na peneira ABNT nº 50;

Z = Material que passa pela peneira ABNT nº 50.

O material retido na peneira ABNT nº 10 é considerado como tendo reatividade nula. Para calcários moídos, quando o PRNT não é determinado, pode-se adotar um valor médio de 80%. Os valores de NC devem ser arredondados em números inteiros, não se aplicando menos de 1,0 t ha<sup>-1</sup>, já que é difícil aplicar quantidades menores com os equipamentos disponíveis no mercado.

É importante ressaltar que o gesso é um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados, usado para aumentar os teores de cálcio e reduzir a saturação de alumínio em subsolos ácidos. Trata-se, basicamente, de sulfato de cálcio e as exigências para comercialização são teores mínimos de 13% de S e 16% de Ca. O gesso tem ação totalmente diferente dos corretivos da tabela 2, e por não ter ação direta sobre a acidez, os conceitos discutidos acima não se aplicam a ele.

A escolha dos valores de saturação por bases a serem atingidos com a calagem ( $V_2$ ) depende da cultura, e estão indicados nas respectivas tabelas de recomendações. Na edição 2022 do B-100, houve alteração dos valores preconizados para algumas culturas, com aumento das doses recomendadas.

Além de corrigir a acidez, a calagem deve garantir teores suficientes de magnésio no solo, admitidos como  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de  $\text{Mg}^{2+}$ , especialmente para culturas muito adubadas com potássio. O cálcio é normalmente suprido em quantidades suficientes pela calagem. Porém, o gesso aplicado junto à calagem tem a vantagem de, com baixo custo, fornecer S, nutriente importante para a maioria das culturas, e Ca com maior solubilidade do que a do calcário.

Dessas considerações, resulta ainda que a relação Ca/Mg também não é um fator relevante para a definição da calagem, desde que seja garantido um teor adequado de Mg no solo. A importância do equilíbrio entre as bases no solo para a produção das culturas tem sido muito discutida nos últimos anos. Existem recomendações para ajustar a relação Ca/Mg para valores entre 3 e 4, com pouca ou nenhuma sustentação experimental. Ao contrário, os resultados experimentais sobre este assunto, tanto nacionais como internacionais, têm demonstrado que a relação Ca/Mg tem pouca importância para a produção das culturas dentro de um amplo intervalo de 0,5:1 até 30:1, desde que os teores destes nutrientes no solo não estejam próximos do limite de deficiência.

Outro aspecto a observar é que o PRNT é uma medida de teor ou conteúdo neutralizante do corretivo combinado com a reatividade a curto prazo. O PRNT não é medida da qualidade do corretivo, como tem sido por vezes erroneamente considerado. Finalmente, a escolha do corretivo deve levar em consideração o custo do quilograma de PRNT do produto posto na propriedade. Embora as doses de calcário com baixo PRNT sejam maiores do que de calcários com alto PRNT, o custo do frete geralmente é relevante. Assim, é frequente encontrar área a ser corrigida próxima a jazidas de calcário com baixo PRNT; dependendo do custo do transporte, um calcário com PRNT mais baixo pode ser mais econômico.

## 6. DISTRIBUIÇÃO E INCORPORAÇÃO DO CORRETIVO

### 6.1. DISTRIBUIÇÃO DO CALCÁRIO

Os corretivos têm efeito principal sobre a acidez no curto prazo, restrito ao volume ou profundidade do solo tratado, devido à reação relativamente lenta do calcário. Assim, o benefício máximo, principalmente para a primeira cultura, ocorre com a aplicação antecipada, distribuição uniforme e incorporação mais profunda possível. Por essa razão, a regra é que a calagem deve ser realizada com a maior antecedência possível ao plantio. Contudo, quando isso não for possível, é preferível aplicar o calcário próximo à semeadura do que deixar de fazer a calagem.

As causas mais frequentes de redução do sucesso da calagem são a aplicação desuniforme e a incorporação rasa do corretivo. No primeiro caso, a consequência é a permanência de manchas com solos ácidos; no segundo caso, ocorre uma “supercalagem” na camada superficial, o que pode agravar deficiências de micronutrientes e limitar o desenvolvimento radicular por falta de correção da acidez em profundidade. Isso compromete a produtividade devido ao menor aproveitamento da água do solo e menor eficiência de uso de nutrientes.

O corretivo deve ser espalhado da forma mais uniforme possível sobre o solo e incorporado. Os arados, tanto de disco como de aiveca, proporcionam incorporações mais profundas do que as grades aradoras. Consegue-se melhor uniformidade de incorporação com a aplicação da metade da dose recomendada de calcário, seguido de pré-mistura no solo com grade semi-pesada, completando, com aração profunda ou grade pesada, de preferência com solo úmido para finalizar a incorporação. Na sequência, a segunda metade da dose é aplicada e incorporada com grade semipesada.

A adequada correção da acidez do solo, que envolve operações de revolvimento e incorporação mecânica de calcário, deve ser feita antes da implantação do sistema de plantio direto (SPD). Depois de implantado o SPD, correções periódicas da acidez são feitas com aplicações de corretivos apenas sobre a superfície dos solos.

Para culturas perenes, principalmente em áreas declivosas, é recomendado o preparo do solo apenas na faixa de plantio para reduzir

os riscos de erosão. As áreas entre as faixas de plantio permanecem sem revolvimento do solo. Assim, a aplicação do calcário deve ser feita na faixa de plantio, em dose 50% superior à recomendada pela análise de solo, e incorporada com grade pesada. Este acréscimo na dose de corretivo visa garantir o efeito residual prolongado da calagem e a correção do solo abaixo da camada superficial uma vez que em culturas perenes, futuras aplicações serão feitas sem incorporação. É recomendada também a aplicação complementar de 500 g de calcário por metro linear de sulco na linha de plantio, o qual deve ser o mais profundo possível.

Em culturas perenes já formadas, nas quais a adequada correção da acidez foi feita, no plantio, inclusive no subsolo, basta aplicar o calcário na superfície sem incorporação, direcionar o corretivo de forma que 70% seja aplicado na faixa de adubação e 30% na entrelinha de plantio ajustando, para isso, as pás do aplicador de calcário.

Em culturas perenes nas quais a calagem antes do plantio não seguiu as recomendações acima e pode não ter sido bem feita, o subsolo pode estar bastante ácido. Para remediar o problema e obter maior rapidez na resposta e sucesso da calagem, será necessário a incorporação profunda do corretivo pelo menos uma vez, mesmo que ocorra corte de algumas raízes. As calagens subsequentes poderão ser feitas apenas na superfície tomando-se os cuidados já descritos no parágrafo anterior.

Em culturas perenes é importante a época da calagem. Assim, para citros e outras frutíferas a época mais favorável é no início da estação seca de abril a junho, pois a correção da acidez deve sempre anteceder a aplicação dos fertilizantes para o melhor aproveitamento dos nutrientes. Para o café, devido à necessidade de recolher frutos caídos no solo, o período mais apropriado é logo após a colheita, porém antes da aplicação de fertilizantes.

## 6.2. REDUÇÃO DA ACIDEZ DO SUBSOLO

A correção da acidez em subsolo é fundamental quando for diagnosticado alumínio tóxico, associado ou não com deficiência de cálcio em camadas mais profundas do solo, ou seja, a existência de barreiras químicas ao crescimento radicular.

Para fins práticos, o melhor índice para avaliar a toxicidade por alumínio é a saturação deste em relação à CTC efetiva, conhecido como "valor m", conforme foi visto na subcapítulo 3.2. Valores de saturação por alumínio superiores a 20% para espécies sensíveis, ou acima de 40% para espécies mais tolerantes, já provocam redução de crescimento de raízes. Na solução do solo, a restrição ao crescimento de raízes ocorre quando a atividade de  $\text{Al}^{3+}$  for superior a  $1,5 \mu\text{mol L}^{-1}$  (Adams e Lund, 1966).

A deficiência de cálcio impede o crescimento de raízes por pelo menos duas razões, de ordem fisiológica: o nutriente é absorvido somente pelas partes jovens ou ainda não suberizadas das raízes; portanto, a raiz precisa encontrar Ca continuamente na direção do seu crescimento. A segunda razão é que o Ca tem pouca ou nenhuma mobilidade nos vasos do floema, condutores de seiva para as raízes e responsáveis pela redistribuição de nutrientes móveis para toda planta. Portanto, o cálcio uma vez absorvido, é transportado pela corrente transpiratória ascendente e permanece no tecido no qual é depositado. Assim, o sistema radicular não recebe cálcio vindo de outras partes da planta. Em subsolos deficientes em Ca, a raiz para de crescer por não encontrar o nutriente em quantidade suficiente.

Da mesma forma que para o Al, é difícil definir um limite crítico de concentração de Ca que afeta o crescimento das raízes. Entretanto, sabe-se que em soluções diluídas e pH  $\sim 5,0$ , basta  $0,3 \text{ mmol L}^{-1}$  de Ca (Adams e Moore, 1983). Ritchey et al. (1983) observaram que teores entre 10 e  $15 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de subsolo de cerrado foram suficientes para o crescimento de plântulas de trigo. Isto mostra que a necessidade de Ca como nutriente é pequena, em condições ideais, ou seja, soluções diluídas nas quais não há forte competição de absorção por outros cátions, e sem a presença de elementos tóxicos como  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ . Daí a existência de tabelas de interpretação de deficiência de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo com valores baixos do nutriente. Entretanto, as condições ideais não ocorrem em solos ácidos pois é mais comum a ocorrência simultânea dos diferentes fatores negativos ao crescimento de raízes, como toxidez por elementos ou deficiências nutricionais. Portanto, as necessidades de Ca são, na prática, maiores do que nas condições de soluções nutritivas. Howard e Adams (1965) determinaram que disponibilidade de Ca é melhor avaliada por meio da relação  $a\text{Ca}/\sum a\text{Cátions}$ , ou seja, a relação entre a atividade ( $a$ ) de Ca com as atividades dos demais cátions na

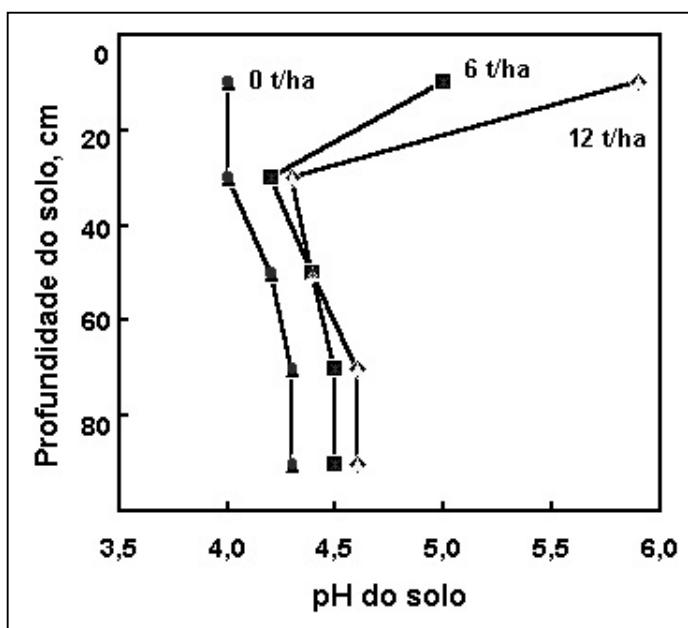
solução do solo. Estes autores observaram que, para os principais solos do Alabama, EUA, a restrição ao crescimento de raízes ocorre quando essa relação for inferior a 0,2, ou seja, a saturação por cálcio for inferior a 20%.

Como existe correlação estreita entre as concentrações de cátions na solução do solo com os cátions trocáveis, pode-se extrapolar para fins práticos, que quando a saturação por  $\text{Ca}^{2+}$  no complexo de troca for inferior a 20% haverá forte limitação ao crescimento de raízes para a maioria dos solos e espécies cultivadas.

A correção da acidez do subsolo deve ser uma estratégia importante de manejo em solos ácidos visando maior eficiência de utilização de nutrientes e principalmente de água para reduzir os riscos de frustrações de safras devido à distribuição irregular das chuvas. Nos últimos anos houve grande esforço da pesquisa no Brasil buscando práticas para corrigir essas camadas mais profundas do solo.

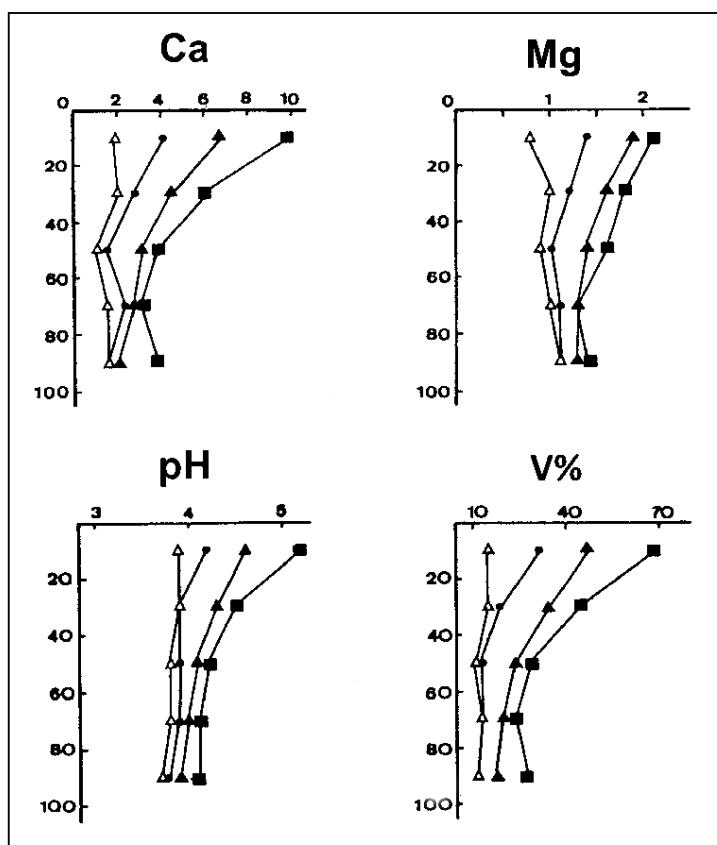
A correção do subsolo pode ser feita por meio da calagem. Para tanto, a dose tem que ser superior àquela necessária para a correção da camada arável. A incorporação do calcário deve ser feita pelo menos a 20 cm de profundidade. Para alcançar camadas mais profundas é necessário equipamento pesado, de alta potência, que às vezes não está disponível na maioria das pequenas e médias propriedades. Deve-se lembrar ainda, que a maior limitação à movimentação dos produtos da reação do calcário em profundidade ocorre nos primeiros 10 a 15 cm, devido ao acúmulo de matéria orgânica, que ao ter a acidez corrigida, libera cargas negativas dependentes do pH, que dificultam ainda mais o movimento dos cátions.

Vários experimentos, conduzidos durante as décadas de 1980 e 1990 pela equipe de pesquisadores do Instituto Agronômico, mostram correção de camadas do subsolo pela aplicação de doses de calcário. Os resultados de alguns experimentos que demonstram os efeitos positivos da calagem sobre a acidez do subsolo são apresentados a seguir. Quaggio et al. (1991) observaram que a dose de 12 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário aumentou, em média, o pH do solo em quase uma unidade na profundidade de 80 a 100 cm, em um cambisoloso álico, após 24 meses da calagem (Figura 3). A movimentação do cálcio e do magnésio também foram proporcionais às doses aplicadas com excelente distribuição desses nutrientes no perfil do solo.



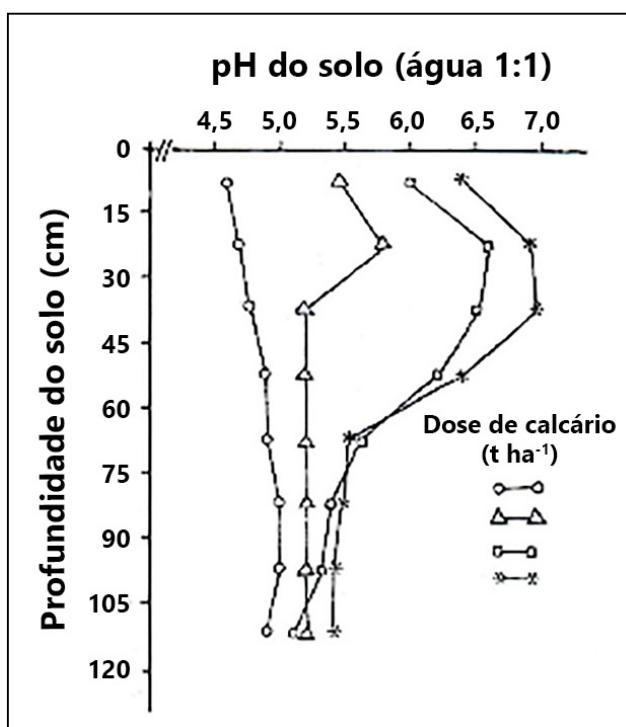
**Figura 3.** Correção da acidez de um cambissolo álico, após 24 meses da incorporação profunda de calcário (Quaggio et al., 1991).

Em outro experimento, conduzido em solo orgânico, Quaggio et al. (1985b) mostraram que o efeito da calagem na correção do subsolo foi acentuado até um metro de profundidade, após 30 meses da aplicação do calcário (Figura 4). Esses resultados são surpreendentes devido ao solo orgânico ter elevada capacidade de troca de cátions, com grande quantidade de cargas negativas dependentes de pH. Portanto, este tipo de solo é um caso extremo no qual a expectativa de correção do subsolo com a calagem seria muito pequena. Mas, observa-se na figura 4 que os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , pH e saturação por bases aumentaram significativamente em todas as camadas do perfil do solo, até um metro de profundidade, num período relativamente curto.



**Figura 4.** Correção em diferentes camadas do perfil de um solo orgânico em função de diferentes doses de calcário (Quaggio et al., 1985b).

Outro exemplo marcante de correção de acidez do subsolo ocorreu em experimento conduzido no CPAC-Embrapa, em Latossolo vermelho-escuro argiloso, originalmente sob vegetação de cerrados. Foram empregadas três doses de calcário, 7,5, 15,0 e 22,5 t ha<sup>-1</sup>, sendo a primeira suficiente para elevar o pH da camada arável ao valor 6,0. Os efeitos da calagem foram marcantes em profundidades abaixo de 100 cm, após oito anos, mesmo com a dose recomendada apenas para a camada arável. Certamente as doses maiores proporcionaram correções mais rápidas das camadas mais profundas (Sousa e Ritchey, 1986) (Figura 5).



**Figura 5.** Correção de acidez no perfil de Latossolo argiloso de cerrado pela aplicação de doses de calcário (Sousa e Ricthey, 1986).

A correção de camadas do subsolo pela ação do calcário requer tempo, geralmente alguns meses, e ocorre gradualmente, devido às características das bases neutralizantes, constituintes dos corretivos.

Os mecanismos ou reações que permitem a correção da acidez do subsolo pela calagem ainda não são totalmente esclarecidos. Os calcários reagem liberando a base forte (hidroxila OH<sup>-</sup>) e base fraca (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) que rapidamente corrigem a acidez do solo ao redor das partículas. Por mecanismos de difusão e fluxo de massa, as bases liberadas espalham o efeito neutralizante para o restante da massa do solo. A maior concentração do íon HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> na solução do solo ocorre entre pH 6,5 a 5,5 e, ao se difundir para camadas mais profundas, vai reagindo com os íons H<sup>+</sup> produzindo H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>, e praticamente desaparece quando o pH for inferior a 5,0. Portanto, não é esperado que o íon HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> alcance rapidamente regiões

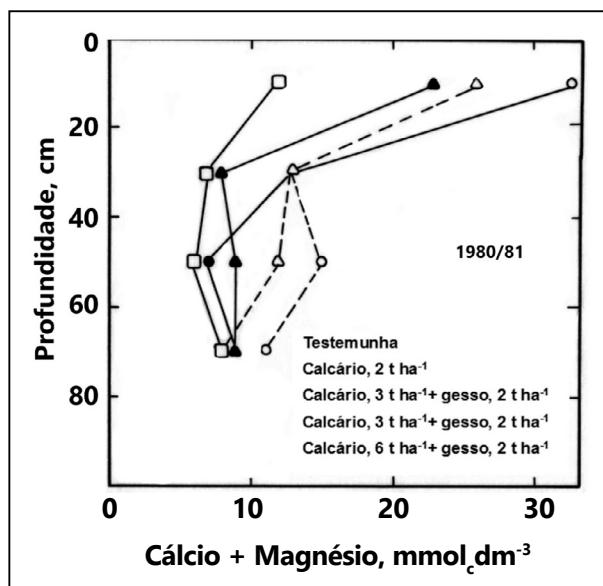
mais profundas do perfil do solo. Entretanto, imaginando um movimento contínuo de muitos íons  $\text{HCO}_3^-$  lixiviando em sequência, já que o calcário leva alguns meses para completar a sua reação, é possível que com o tempo o efeito direto do íon  $\text{HCO}_3^-$  na correção da acidez do subsolo seja expressivo. À medida que a acidez é corrigida, a elevação do pH libera cargas negativas de coloides com superfície variável, como a fração humificada da matéria orgânica e de algumas estruturas de minerais de argila, o que dificulta a lixiviação dos cátions em profundidade devido à maior retenção deles na camada superficial.

Outro mecanismo possível é o aumento da mineralização da matéria orgânica do solo provocada pela correção da acidez. Durante a mineralização, são produzidos ânions, como  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  que ficam em equilíbrio com os cátions na solução do solo. O movimento descendente de água no perfil do solo (lixiviação) pode levar esses ânions, que têm grande mobilidade, a alcançar camadas profundas, arrastando com eles grandes quantidades de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Apesar do estímulo à mineralização da matéria orgânica, o efeito líquido da calagem sobre o conteúdo de matéria orgânica no solo ao longo dos anos é geralmente positivo devido à maior produção de biomassa pelas culturas em solos corrigidos.

A rápida movimentação de alguns ânions, carregando cátions no perfil do solo é o princípio que explica o uso do gesso como melhorador do ambiente radicular das plantas. O Ca quando aplicado na forma de carbonato possui movimento descendente mais lento e gradual, devido à ação neutralizante do carbonato, que interage com a matriz coloidal do solo e libera cargas elétricas negativas que dificultam o movimento do cátion. Assim, quando o ânion acompanhante for  $\text{SO}_4^{2-}$  o movimento do  $\text{Ca}^{2+}$  é mais rápido do que com carbonato, porém ainda mais lento do que sais mais solúveis como nitrato ou cloreto.

É importante ressaltar que a aplicação de sais neutros de cálcio proporciona lixiviação do nutriente no perfil do solo na forma de pulso, enquanto para sais com características neutralizantes, com o carbonato, o movimento é mais lento e gradual. Esse efeito fica evidente no trabalho de Quaggio et al. (1982a) no qual a aplicação de doses isoladas de calcário promoveu aumento gradual no teor de  $\text{Ca} + \text{Mg}$  no perfil até a profundidade de 60-80 cm. As mesmas doses, quando associadas a  $2,0 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, aumentaram a concentração destes cátions em profundidade, porém na forma de pulso como pode ser visto na profundidade de 50 cm, após 18 meses da aplicação dos produtos (Figura 6).

É importante ressaltar que quando se usa sais de Ca mais solúveis em água, como nitrato, cloreto e sulfato, o movimento de  $\text{Ca}^{2+}$  em profundidade é mais rápido, porém o efeito residual é menos duradouro. São as características elétricas das diferentes camadas do perfil do solo que condicionam a velocidade do movimento destes ânions conforme explicado na revisão feita por Raij (2013). Quando a carga líquida é negativa em toda a extensão do perfil, o movimento dos sais solúveis é muito rápido conforme demonstrado por Quaggio et al. (1993) em experimento com calcário e gesso em soja: 18 meses após a aplicação dos produtos, os íons  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Ca}^{2+}$  adicionados pelo gesso lixiviaram para profundidade abaixo de 60 cm, restando nas camadas superficiais substituição de  $\text{Mg}^{2+}$  pelo  $\text{Ca}^{2+}$ . Neste estudo, a resposta da soja à calagem foi intensa e não houve resposta para o gesso. Quando os teores de K são elevados, a substituição deste por Ca é mais intensa conforme demonstrado por Quaggio et al. (1982a). Isso ocorre porque o cálcio é mais fortemente retido do que o K e o Mg.



**Figura 6.** Movimentação de Ca + Mg no perfil de Latossolo roxo em função de doses de calcário e gesso, 18 meses após a aplicação dos produtos (Quaggio et al., 1982a).

Por outro lado, nas condições tropicais, existem solos cujas cargas elétricas líquidas variam com o pH. O melhor exemplo são os Latossolos ácricos, frequentes na região norte do estado de São Paulo, que quando ácidos, possuem carga líquida positiva já há profundidades entre 20-30 cm. As cargas positivas tendem a aumentar em profundidade acompanhando a redução no teor de matéria orgânica, que contribui com cargas negativas. A presença de cargas elétricas líquidas positivas provoca forte retenção de ânions, retardando a movimentação destes para as camadas mais profundas do perfil. Nessas condições, as aplicações de sais neutros de Ca têm efeito residual mais prolongado, cuja retenção segue a série liotrópica para os ânions:  $\text{SO}_4^{2-} >> \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ . Nesses casos, a reação é de simples troca iônica com a superfície de óxidos de ferro, de alumínio e algumas estruturas de minerais de argila como a caulinita.

Da mesma forma que fosfato o íon  $\text{SO}_4^{2-}$  poder ser adsorvido especificamente, o que significa a entrada dele na estrutura dos óxidos. Essa reação, conhecida como troca de ligantes, tem particular interesse na correção da acidez do subsolo porque ela libera  $\text{OH}^-$  para a solução, sendo uma das explicações para o efeito corretivo do gesso em subsolos ácidos. O íon  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  tem adsorção preferencial em relação ao  $\text{SO}_4^{2-}$  e, por isso, o P se acumula na camada superficial empurrando o  $\text{SO}_4^{2-}$  para a camada de 20-40 cm ou abaixo.

A adsorção do sulfato explica os bons resultados obtidos com aplicação de fosfogesso como melhorador do ambiente radicular em solos da região dos cerrados. Nestes solos, a resposta à aplicação de gesso tem sido positiva para várias culturas, conforme mostra a revisão de Sousa e Ritchey (1986). Quando ocorre apenas deficiência de Ca como barreira química ao crescimento de raízes, as respostas das culturas à aplicação de gesso têm sido mais acentuadas, do que quando existe toxicidade de alumínio, que necessita ser neutralizado por uma base. Por essa razão, a associação de calcário e gesso tem geralmente proporcionado altas respostas em produtividade das culturas em solos ácidos de cerrado. O gesso por sua vez, pode ajudar a aliviar a toxidez do Al por três mecanismos: o primeiro já comentado, ocorre por meio da adsorção específica do íon  $\text{SO}_4^{2-}$  contido no gesso, com a neutralização de acidez; o segundo é resultante do aumento da concentração salina, ou, em outras palavras, da força iônica da solução do solo pela aplicação de gesso, que reduz a atividade de  $\text{Al}^{3+}$  e consequentemente o efeito

nocivo à planta; por último, ao permitir o enraizamento mais profundo das plantas, a gessagem estimula a absorção de nitrato nas camadas profundas, conhecida também como absorção alcalina, que aumenta o pH da rizosfera das plantas (Pierre et al., 1928).

Em passado recente, houve muita controvérsia no meio científico em relação ao uso do gesso no manejo de subsolos ácidos, pois algunscreditavam que o gesso poderia substituir o calcário em todas as situações. Os resultados experimentais demonstraram, entretanto, que os efeitos do calcário são sempre positivos, inclusive na correção do subsolo, e que alguns solos apresentam propriedades eletroquímicas que são favoráveis ao uso do gesso, como a presença de cargas positivas e alta capacidade de adsorção de sulfato, que reduzem a sua velocidade de lixiviação para camadas mais profundas do solo. Nessas condições o efeito do gesso é sinérgico ao do calcário; o uso de ambos tem se mostrado economicamente viável ao agricultor.

## REFERÊNCIAS

- ABRACAL - Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola. **Estatísticas:** Produção por estado - período 1987-2020. 2020. Disponível em: <http://abracal.com.br/site/wp-content/uploads/2021/04/PRODUCAO-BR-1987-A-2020.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2022.
- ADAMS, F.; LUND, Z. F. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. **Soil Science**, v. 101, p. 193-198, 1966.
- ADAMS, F.; MOORE, B. L. Chemical factors affecting root growth in subsoil horizon of Costal Plain soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 47, p. 99-102, 1983.
- CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do estado de São Paulo mediante a correlação entre o pH e saturação de bases do solo. **Revista da Agricultura**, v. 30, p. 49-60, 1955.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica das safras**. Brasília: CONAB, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/seriehistorica-das-safras>. Acesso em: 16 abr. 2022.

GONZALES-ERICO, F.; KAMPRATH, E. J.; NADERMAN, G. C.; SOARES, W. V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an oxisol of Central Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, p. 1155-1158, 1979.

HOWARD, D. D.; ADAMS, F. Calcium requirement for penetration of subsoils by primary cotton roots. **Soil Science**, v. 29, p. 558-562, 1965.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. A career perspective on soil management in the cerrado region of Brazil. **Advances in Agronomy**, v. 137, p. 1-72. 2016.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 35, de 4 de julho de 2006. Corretivos de acidez. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, n. 132, p. 1-10, 12 de julho de 2006.

PIERRE, W. H. Nitrogenous fertilizers and soil acidity: Effect of various nitrogenous fertilizers on soil reaction. **Journal of America Society of Agronomy**, v. 20, p. 254-269, 1928.

QUAGGIO, J. A.; DECHEN, A. R.; RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 182-94, 1982a.

QUAGGIO, J. A.; MASCARENHAS, H. A.; BATAGLIA, O. C. Resposta da soja à aplicação de doses crescente de calcário em Latossolo roxo distrófico de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 113-118, 1982b.

QUAGGIO, J. A. **Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo**. 1983. 76 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Piracicaba, 1983.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; MALAVOLTA, E. Alternative use of the SMP buffer solution to determine lime requirement of soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 16, p. 24-60, 1985a.

QUAGGIO, J. A.; SAKAI, M.; ISHIMURA, I.; SAES, L. A.; BATAGLIA, O. C. Calagem para a rotação feijão-milho verde em solo orgânico do Vale do Rio Ribeira de Iguapé (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2, p. 225-261, 1985b.

QUAGGIO, J. A.; RAMOS, V. J.; FURLANI, P. R.; CARELLI, M. L. C. Liming and molybdenum effects on nitrogen uptake and grain yield of corn. In: WRIGHT, R. J. et al. (Eds.). **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 953-958.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 375-383, 1993.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111 p.

RAIJ, B. van. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico, 2013. 133 p.

RITCHIEY, K. D.; SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; CORREIA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, v. 72, p. 40-44, 1980.

RITCHIEY, K. D.; SILVA, J. E.; SOUSA, D. M. G. Relação entre o teor de cálcio no solo e o crescimento de raízes avaliado por um teste biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 269-275, 1983.

SOUZA, D. M.; RITCHIEY, K. D. Uso de gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. **Anais** [...] Brasília: EMBRAPA/DDT, 1986. p. 1-4.

## 2.3. NITROGÊNIO

---

Heitor Cantarella (¹)

Dirceu Mattos Jr. (¹)

**O**nitrogênio (N) juntamente com o potássio (K) é o nutriente absorvido e acumulado em maiores quantidades nas plantas. Globalmente, o N é o nutriente mais utilizado na agricultura (107 milhões de toneladas em 2019) o que representa 56% da oferta de NPK (IFA, 2022). Cerca de 59% dos fertilizantes nitrogenados no mundo são empregados na adubação de cereais, dos quais o milho tem a maior fatia. Em 2019 o Brasil consumiu o equivalente a 4% da produção mundial de N. Porém, devido à grande área cultivada com soja, na qual fertilizantes nitrogeados praticamente não são aplicados, o N consumido no Brasil corresponde a apenas 27% do total de NPK.

### 1. NITROGÊNIO NA PLANTA

O N tem papel destacado no crescimento vegetativo e reprodutivo das culturas. O nutriente faz parte de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e é essencial no metabolismo de compostos não proteicos como coenzimas e como componente de pigmentos fotossintéticos como a clorofila. Portanto, o N exerce papel estrutural bem como em processos metabólicos nas plantas.

As plantas absorvem N principalmente nas formas inorgânicas, tais como amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Os vegetais podem absorver também pequenas quantidades de N na forma amídica, como aminoácidos ou outras moléculas orgânicas de baixas massas molares, mas, a maioria do N entra nas plantas como  $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NO}_3^-$ .

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

A absorção de N afeta o equilíbrio eletroquímico das células das plantas, o qual para ser mantido, é acompanhado pela extrusão de H<sup>+</sup> para a solução do solo, se absorvido na forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, ou de OH<sup>-</sup>, se absorvido na forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Isto afeta o pH rizosférico e consequentemente as condições de crescimento e atividade das raízes. Alterações no pH rizosférico também podem afetar a absorção de outros elementos. O excesso de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> absorvido concorre com a absorção de cálcio como também aumenta a disponibilidade de manganês na solução do solo.

A deficiência visual de N é caracterizada pelo amarelecimento generalizado das folhas velhas, justificado pela alta redistribuição do nutriente via floema. Havendo baixa disponibilidade do nutriente para absorção pelas raízes, ocorre a quebra do N-proteico em aminoácidos e consequente transporte do nutriente para folhas novas, em crescimento. Sintomas severos da deficiência de N são caracterizados por senescênciā e queda acentuada de folhas. Ao contrário, o excesso de N pode causar vigor excessivo nos tecidos e prejuízos ao crescimento reprodutivo das plantas, com consequente perda de produtividade. Ademais, o excesso de N pode induzir desordens nutricionais, como a deficiência de cobre. Também pode predispor as plantas ao ataque de afídeos e a infecções por patógenos, devido à menor estruturação anatômica dos tecidos.

Os teores foliares de N são utilizados para avaliar o estado nutricional de diversas culturas para a recomendação e ajuste da adubação nitrogenada.

## 2. NITROGÊNIO NO SOLO E CRITÉRIOS PARA RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO

O maior estoque de N no solo está na matéria orgânica (MOS). Porém este N não está prontamente disponível para as plantas. Para tal, o N da MOS precisa ser mineralizado para gerar as formas inorgânicas que as plantas absorvem.

Geralmente, a maior parte do N absorvido pelas culturas vem da MOS, mesmo em áreas que recebem fertilizantes. Porém, é difícil determinar a priori, por meio da análise de solo, quanto de N é disponibilizado a partir da mineralização da MOS pois este processo é mediado por diferentes microrganismos e é afetado por fatores como umidade e temperatura,

difíciles de prever. Desse modo, a análise de solo não tem se mostrado útil para determinar a disponibilidade de N para as plantas, ao contrário do que ocorre para a maior parte dos outros nutrientes.

Em algumas regiões do Brasil, o teor de MOS é utilizado como indicador da disponibilidade de N, embora a MOS seja uma medida do estoque de N e não do N disponível. É, porém, um indicador para compor um sistema de recomendação de N juntamente com outros parâmetros (Cantarella, 2007).

A análise de MOS deixou de ser utilizada em São Paulo para a recomendação de N há cerca de 20 anos em função das baixas correlações com as respostas de várias culturas à adubação nitrogenada. Optou-se, na edição 2022 do B-100, por manter o critério usado na versão anterior para diversas culturas anuais, que envolve o estabelecimento de classes de resposta esperada, baseado no histórico de uso do solo, cultivos anteriores e outros indicadores indiretos. Este critério também tem limitações, mas associado às recomendações de produtividade esperada, geralmente resulta em adubações coerentes com as necessidades em cada caso.

Para algumas culturas perenes, os teores de N foliar são empregados para definir as classes de resposta esperada a N, substituindo parâmetros de solo.

As classes de resposta esperada são assim conceituadas:

**1. Alta resposta esperada:** Solos com acidez corrigida (que aumenta o potencial de produção), solos com muitos anos de plantio contínuo de gramíneas ou outras culturas não leguminosas (que geralmente resultam em maior remoção de N do solo); primeiros anos de plantio direto (demanda de N para estabilizar o sistema); solos arenosos (sujeitos a maiores perdas por lixiviação). Culturas perenes com teores baixos de N nas folhas.

**2. Média resposta esperada:** Solos muito ácidos, que serão corrigidos (estímulo à mineralização); ou plantio anterior esporádico de leguminosas (algum aporte de N); ou solo em pousio por um ano (com estoque de MO que pode ser mineralizado); ou uso de quantidades moderadas de adubos orgânicos. Culturas perenes com teores médios de N nas folhas.

**3. Baixa resposta esperada:** Solos em pousio por dois ou mais anos (altos estoques de MO de resíduos de plantas que serão mineralizados); cultivo após pastagem (resíduo de MO que será mineralizada - exceto solos arenosos); ou solos com cultivo anterior intenso de leguminosa; ou adubação verde com leguminosas ou rotação permanente com leguminosas (grandes aportes anteriores de N); uso constante de quantidades elevadas de adubos orgânicos. Culturas perenes com teores altos de N nas folhas.

A produtividade esperada é parâmetro importante para a determinação da dose de N pois este nutriente é absorvido em grandes quantidades pelas plantas. A elasticidade de produtividades na agricultura faz com que a demanda da planta por N seja bastante variável. Por exemplo, para o milho, as produtividades podem ser menores do que 4 t ha<sup>-1</sup> em segunda safra e em anos com limitações climáticas, ou superiores a 12 t ha<sup>-1</sup> em cultivo de verão sob condições ótimas.

A fixação biológica de N (FBN) contribui significativamente para o balanço de uso de fertilizantes no Brasil. Para a cultura da soja, mesmo em áreas de alta produtividade, a aplicação de fertilizantes nitrogenados não é necessária (Hungria et al., 2006; Zilli et al., 2021) devido à eficiência da simbiose desta cultura com as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Para outras leguminosas a inoculação com rizóbios específicos é sempre recomendada, mas, o sucesso em suprir N para as plantas é geralmente muito menor do que com a soja. Desse modo, para culturas como feijão, amendoim, ervilha, etc., a aplicação de fertilizante mineral é recomendada. Inoculantes com outros microrganismos capazes de fixar N da atmosfera, como *Azospirillum*, ou produtores de fitormônios, como *Pseudomonas*, têm sido disponibilizados para várias culturas não leguminosas. Porém, a contribuição para o fornecimento de N para as plantas tem sido limitada; o efeito benéfico destes inoculantes é principalmente como promotor de crescimento e não substitui a adubação nitrogenada.

### 3. MANEJO DA ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO

A mobilidade e a dinâmica do N no solo tornam complexo o manejo da adubação nitrogenada. As formas solúveis de N, tanto as provenientes de fertilizações quanto as da mineralização da MOS,

estão sujeitas a inúmeras reações que podem tornar o N indisponível às plantas: imobilização microbiana (indisponibilidade temporária ou de longo prazo), perdas por lixiviação de nitrato e perdas em formas de gases [volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ), desnitrificação, tanto na forma de  $\text{N}_2$  como de  $\text{N}_2\text{O}$ , um potente gás de efeito estufa]. Esses processos são geralmente dependentes das condições edáficas e/ou ambientais, sobre as quais se tem pouco ou nenhum controle (Cantarella, 2007).

Processos como imobilização, volatilização, desnitrificação e lixiviação podem causar significativas perdas de N nos sistemas agrícolas, com consequências na eficiência de uso fertilizantes. Estima-se que 50% ou menos do N aplicado às culturas no campo é aproveitado pelas culturas e exportado via colheita. Por isso, o manejo adequado do N é relevante para o maior aproveitamento pelas plantas e para a redução de impactos adversos ao ambiente.

A necessidade de usar o N eficientemente, além das razões agronômicas, tem sido reforçada por preocupações com impactos ambientais causados pelo N quando este é transportado para fora dos sistemas agrícolas. Praticamente todos os fertilizantes nitrogenados são derivados da  $\text{NH}_3$  cuja síntese atualmente é dependente do gás natural. Grandes quantidades de energia são gastas e  $\text{CO}_2$  emitidas no processo. Além disso, em algumas etapas da produção e uso dos fertilizantes ocorrem emissões de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), principalmente no campo. Assim, a pegada de carbono de fertilizantes nitrogenados é alta, em torno de 8 a 10 kg de  $\text{CO}_{2\text{e}}$  emitidos por quilograma de N aplicado, dependendo do processo de síntese do fertilizante e de onde este é produzido (Brentrup et al., 2016). O nitrato lixiviado no solo pode ser levado para águas superficiais ou subterrâneas, onde o impacto ambiental também é negativo. Desse modo, as boas práticas de uso, conhecidas como 4C (dose certa, fonte de N certa, aplicada no local certo, e da forma certa), se aplicam ao N mais do que a qualquer outro elemento. As recomendações para uso de N no B-100 procuram seguir as práticas 4C.

A definição das doses mais econômicas, como propostas nas tabelas do B-100, e das fontes fertilizantes, aplicadas de forma localizada em sulcos ou faixas de plantio e em cobertura, atendendo a demanda das culturas em diferentes fases de crescimento, são importantes aspectos do manejo.

Em culturas anuais, o parcelamento da adubação entre o plantio e cobertura, visa reduzir perdas por lixiviação, principalmente em solos arenosos. Em culturas perenes, o parcelamento das doses, na primavera e verão, em cerca de 3-4 vezes, ajusta o suprimento do nutriente com os períodos de maior demanda das plantas e evita o excesso do N mineral no solo, também passível de lixiviação. Nota-se que sistemas de fertirrigação permitem operacionalmente parcelamentos da adubação, até em doses semanais, durante o ciclo das culturas.

O aumento da produtividade, resultante do uso de cultivares responsivas e de boas práticas de manejo, do plantio à colheita, requer altas doses de fertilizantes nitrogenados para atender a exportação de nutrientes. Destaca-se que a eficiência de uso de N no sistema solo-planta é inversamente proporcional ao aumento dessas doses, o que justifica ainda mais a necessidade do uso sustentável desse insumo. Os fertilizantes nitrogenados contendo N amoniacal provocam a acidificação do solo. Assim, culturas que demandam altas doses, especialmente se aplicadas de modo localizado, precisam de monitoramento da acidez do solo para as devidas correções. Altas doses de N aplicadas no sulco de plantio ou semeadura podem aumentar o potencial osmótico do solo devido à salinidade, problema que pode ser contornado com práticas de manejo tais como parcelamento das doses ou ajustes no local ou modo de aplicação.

O nitrogênio também pode ser fornecido por meio de adubos orgânicos, bioassólidos e outros, bem como por meio de resíduos de culturas em sistemas de rotação. Recomendações para tal são incluídas neste B-100.

#### 4. FERTILIZANTES NITROGENADOS

A lista de fertilizantes nitrogenados e suas garantias mínimas, estabelecidas pelo MAPA são apresentadas no capítulo 1.3. (Fertilizantes - composição e garantias mínimas). Cerca de 80% dos fertilizantes nitrogenados consumidos no Brasil são na forma de fertilizantes simples e aproximadamente 20% de fertilizantes compostos ou formulações (IFA, 2022). Os conteúdos de N em fertilizantes orgânicos são apresentados no capítulo 1.4. Adução orgânica.

Em 2019, a ureia respondia por 55% do N comercializado no Brasil, seguido de sulfato de amônio (12%), nitrato de amônio (10%) e nitrato de amônio e cálcio (CAN) (4%). Todos têm em comum a alta solubilidade e, portanto, são prontamente disponíveis às plantas. A ureia, uma vez aplicada ao solo, é rapidamente hidrolisada, produzindo N amoniacal, a mesma forma química do N do sulfato de amônio e 50% do N do nitrato de amônio. Havendo umidade no solo (mas sem excesso que cause condições anaeróbias), alta temperatura e acidez corrigida, o N amoniacal tende a ser oxidado a nitrato por microrganismos do solo. Geralmente, após 15 a 30 dias, a maior parte do N estará na forma nítrica, que tende, portanto, a predominar em solos agrícolas em condições adequadas de cultivo. O nitrato, com carga negativa, é pouco retido no solo e está sujeito a perdas por lixiviação, que é a movimentação pelo perfil do solo com a água que percola através do mesmo. O risco de perdas por lixiviação é a principal razão para o parcelamento das aplicações de N, prática tradicionalmente recomendada para o manejo deste nutriente na agricultura brasileira. Em culturas anuais, uma parte relativamente pequena das doses de N é aplicada no plantio ou semeadura e o restante em cobertura. Em culturas perenes, o N é geralmente parcelado em três ou mais vezes.

As perdas de N por volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ) merecem atenção na agricultura brasileira. A volatilização depende do equilíbrio no solo entre as espécies químicas  $\text{NH}_4^+$  (o íon) e  $\text{NH}_3$  (o gás). Em condições de solo alcalino ou com valores de pH acima de 7, o equilíbrio tende para a predominância de  $\text{NH}_3$  provocando perdas por volatilização. Porém, em solos ácidos, mais comuns no Brasil, a forma iônica prevalece. Assim, adubos contendo o N na forma nítrica ou amoniacal não estão sujeitos a perdas de N por volatilização de  $\text{NH}_3$  em solos ácidos. Portanto, perdas significativas de  $\text{NH}_3$  não são esperadas em solos ácidos com o uso de fertilizantes como nitrato de amônio, sulfato de amônio, CAN, nitrato de cálcio e outros, mesmo que aplicados na superfície de solos.

A ureia é a principal fonte de N no Brasil. Quando aplicada na superfície dos solos os riscos de perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$  são altos. A ureia é rapidamente hidrolisada no solo por ação de ureases, enzimas ubíquas no ambiente, elevando o pH do solo ao redor dos grânulos e provocando perdas de N na forma de  $\text{NH}_3$ . As perdas com o emprego de ureia ocorrem tanto em solos alcalinos quanto em solos ácidos.

As quantidades perdidas são muito variáveis pois dependem da combinação de fatores edáficos e ambientais. A literatura internacional aponta que a média global de perdas como NH<sub>3</sub> com o uso de ureia é em torno de 18%, podendo atingir até 64% (Pan et al., 2016). Outros estudos mostram perdas médias de 31% (Silva et al., 2017; Cantarella et al., 2018). A incorporação da ureia ao solo, seja por meio mecânico (5-7 cm são suficientes) ou chuva ou irrigação (15 mm a 20 mm) praticamente elimina as perdas. Com o predomínio do sistema plantio direto nas culturas anuais, os adubos nitrogenados tendem a ser aplicados sobre a superfície do solo. A incorporação ao solo torna a distribuição de adubos mais lenta e agrava custos. Em culturas perenes a incorporação ao solo nem sempre é viável.

Para contornar o problema das altas perdas por volatilização de NH<sub>3</sub>, aditivos que inibem a ação da enzima urease têm sido adicionados à ureia. O composto que tem se mostrado mais efetivo é o NBPT [N-(n-butil) triamida tiofosfórica]. Resultados de pesquisa mostram reduções de perdas da ordem de 54% a 68% quando a ureia é tratada com NBPT (Pan et al., 2016; Cantarella et al., 2018). Atualmente há vários inibidores no mercado, geralmente contendo NBPT e outros compostos adicionados para melhorar o desempenho do inibidor (Guelfi-Silva et al., 2021). Assim, o uso de inibidores é uma alternativa para reduzir perdas de NH<sub>3</sub> e aumentar a eficiência de uso de N (Chien et al., 2009). Embora os inibidores tenham se mostrado eficientes e se tornado uma opção relevante no mercado de fertilizantes à base de ureia, é preciso notar eles não evitam totalmente as perdas de NH<sub>3</sub>.

Fertilizantes nitrogenados recobertos ou encapsulados, de liberação lenta ou controlada, também têm sido desenvolvidos e estão disponíveis no mercado. Porém, devido ao custo mais elevado por unidade de N do que os fertilizantes convencionais, esses produtos têm sido usados em nichos de mercado nos quais o preço do fertilizante não é determinante para o retorno econômico, ou em situações em que seu uso compensa outros gastos, como por exemplo, o custo de parcelamento de aplicações (Guelfi-Silva et al., 2021).

## REFERÊNCIAS

- BRENTROP, F.; HOXHA, A.; CHRISTENSEN, B. **Carbon footprint analysis of mineral fertilizer production in Europe and other world regions.** In: Proceedings of the 10th INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ASSESSMENT OF FOOD 2016, Dublin, Ireland. 2016. 9 p.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ VENEGAS, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do Solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- CANTARELLA, H.; OTTO, R.; SOARES, J. R.; SILVA, A. G. B. Agronomic efficiency of NBPT as a urease inhibitor: A review. **Journal of Advanced Research**, v. 13, p. 19-27, 2018.
- CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L. I.; CANTARELLA, H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. **Advances in Agronomy**, v. 102, 267-322, 2009.
- GUELFI-SILVA, D. R.; SILVA, R. C. D.; OTTO, R.; CANTARELLA, H. Avanços nas pesquisas e tecnologias para fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 11, p. 101-159, 2021.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N. R.; MENDES, I. C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N<sub>2</sub> fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, p. 927-939, 2006.
- IFA - International Fertilizer Industry Association. **Fertilizer use by crop and country for the 2017-2018 period.** IFA - International Fertilizer Association, Paris, France. 2022.
- PAN, B.; LAM, S. K.; MOSIER, A.; LUO, Y.; CHEN, D. Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 232, p. 283-289, 2016.
- SILVA, A. G. B.; SEQUEIRA, C. H.; SERMARINI, R. A.; OTTO, R. Urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization and crop productivity: A metaanalysis. **Agronomy Journal**, v. 109, p. 1-13, 2017.
- ZILLI, J. É.; PACHECO, R. S.; GIANLUSSI, V.; SMIDERLE, O. J.; URQUIAGA, S.; HUNGRIA, M. Biological N<sub>2</sub> fixation and yield performance of soybean inoculated with *Bradyrhizobium*. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 119, p. 323-336, 2021.

## 2.4. FÓSFORO

---

José Antonio Quaggio (¹)

Dirceu Mattos Jr. (¹)

Bernardo van Raij (¹)

### 1. FÓSFORO NO SOLO

O fósforo (P) é, dos macronutrientes, aquele exigido em menores quantidades para crescimento e produção das culturas. Não obstante, é o nutriente mais usado em adubação no Brasil. Explica-se esta situação pela carência generalizada de P nos solos brasileiros, porque o elemento tem forte interação com os minerais de argila.

Reconhecer essas interações e compreender a dinâmica das formas disponíveis de P para as plantas é indispensável para avaliação da disponibilidade do nutriente no solo e, então, para orientação da adubação fosfatada.

Os solos brasileiros são predominantemente ácidos e de mineralogia oxídica, o que favorece reações do P com óxidos de ferro (Fe) ou alumínio (Al), diminuindo em grande parte a fração lável desse nutriente. Nos solos alcalinos, pouco comuns no país, são ricos em cálcio (Ca), o que favorece reações do nutriente para formação de formas pouco solúveis de P diminuindo a disponibilidade do nutriente para as plantas. Ademais, em solos bem manejados, a mineralização da matéria orgânica pode colaborar para aumentar a disponibilidade de P para as plantas.

Em solos ácidos predominam fosfatos de Fe e Al, como a estrengita ( $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e a variscita ( $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), enquanto em solos poucos intemperizados predominam os fosfatos de Ca, do tipo apatitas, como a hidroxiapatita [ $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$ ] e a fluorapatita [ $\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$ ].

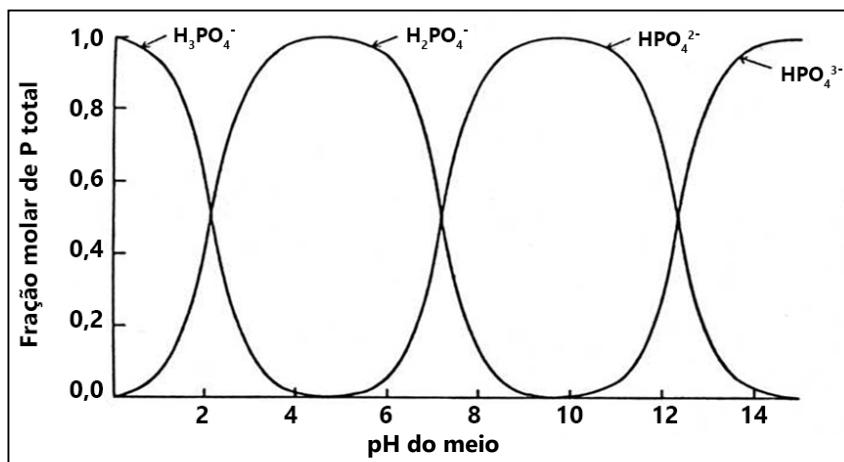
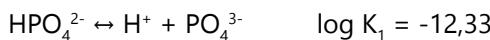
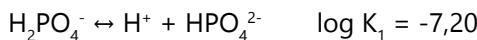
---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Na maioria dos solos brasileiros, os fosfatos de Al são mais importantes, seguidos dos fosfatos de Fe em solos bem drenados. Em condições anaeróbias os fosfatos de Fe adquirem maior importância devido à redução de  $\text{Fe}^{3+}$  para  $\text{Fe}^{2+}$ , que aumenta a solubilidade de P em baixadas, onde ocorrem solos cinzentos ou inundados.

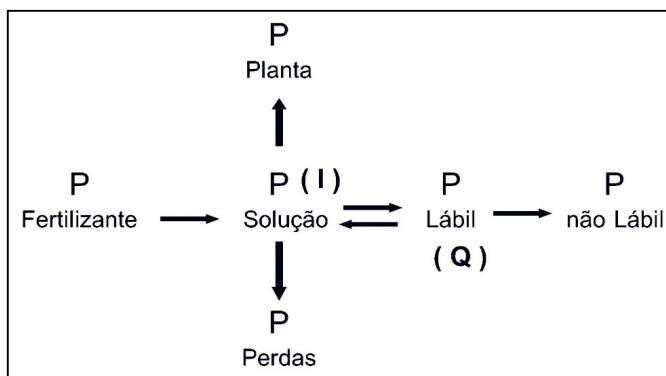
Os fosfatos de Fe e Al têm solubilidade aumentada com o aumento do pH do solo, razão pela qual a eficiência da adubação fosfatada é maior nos solos com acidez corrigida. Por outro lado, os fosfatos de Ca, que são menos importantes nos solos tropicais, têm a disponibilidade reduzida com o aumento do pH. Tal fato, explica a baixa eficiência de fosfatos naturais constituídos por concentrados a base de apatitas moídas.

O P encontra-se na solução do solo como íons ortofosfatos, derivados da dissociação do ácido fosfórico, conforme a figura 1, cujas formas predominantes são  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$ , aquelas absorvidas pelas plantas.



**Figura 1.** Diagrama de formas do fósforo em função do pH do meio. Nota: A seta representa a amplitude em solos normais, com pH entre 4,0 e 6,5, com predominância da forma  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , porém em solos com pH mais elevados ou alcalinos, as formas  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  e  $\text{HPO}_4^{2-}$  poderão coexistir na mesma proporção.

As formas de P no solo encontram-se em equilíbrio conforme a figura 2. O P na solução do solo, também denominado de fator intensidade (I), está em equilíbrio dinâmico com o P no reservatório P-lábil, cuja denominação tem origem em estudos de adsorção com troca isotópica, usando P radioativo ( $^{32}\text{P}$ ), e tem sido aceito como referência internacional para o P disponível no solo. Esse procedimento é impraticável para determinação em laboratórios de rotina de análises de solo. Por outro lado, o P extraído com resina de troca iônica também tem sido considerado como P-lábil



**Figura 2.** Diferentes formas de fósforo (P) em equilíbrio no sistema solo-planta.  
Legenda: I = fator intensidade e Q = fator capacidade.

Para avaliar a disponibilidade de P é necessário quantificar o reservatório P-lábil, não importando a qual metal esteja ligado, se ao Fe, Al, Ca ou outro. Esse reservatório também é descrito na literatura como fator capacidade (Q). A razão Q/I é denominada de capacidade tampão de P (CTP), é fator importante no suprimento de P para as plantas, pois quanto maior for esse fator mais rapidamente o P absorvido da solução do solo pelas plantas é reposto pelo reservatório P-lábil. Tal fato tem grande importância na disponibilidade, uma vez que a concentração de P é muito baixa na solução do solo comparado àquela do P-lábil.

De modo geral, o reservatório não P-lábil é bem maior que o reservatório P-lábil e ele representa as formas de P não disponíveis para as plantas, como fosfatos de Ca insolúveis, P fixado em óxidos de Fe e Al, P em compostos orgânicos, entre outros.

Considerado como um nutriente bastante móvel no floema, as plantas deficientes em P mostram sintomas, quando severos, em folhas velhas, que tendem a se mostrar pálidas a bronzeadas, com aspecto arroxeados (pelo acúmulo de antocianinas) e senescência precoce.

### 3. AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO NO SOLO E CRITÉRIOS PARA A INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

A determinação da disponibilidade de P no solo tem recebido enorme esforço, especialmente no Brasil, devido à complexidade da extração em relação aos demais nutrientes, como Ca, Mg e K.

No B-100, as tabelas de adubação foram feitas com base na extração do P por resina de troca iônica. Este é um aspecto importante pois os valores numéricos das classes de teores no solo (Tabelas 1 e 2) diferem conforme o método de análise utilizado. Desse modo, resultados de análise obtidos por outros métodos não devem servir de base para a entrada nas tabelas do B-100. A escala de valores de P no solo para o método da resina é mais ampla do que para o extrator de Mehlich-1, também utilizado no Brasil (vide detalhes no capítulo 2.1. O sistema IAC de análise de solo). Uma aproximação, com as devidas ressalvas, para o uso de valores de P na análise de solo obtidos por métodos diferentes da resina nas tabelas de recomendações do B-100, é empregar a interpretação às classes de teores (baixo, médio, alto) ao invés dos valores numéricos.

No Brasil, existem basicamente dois extractores para P no solo: (i) Mehlich-1 ( $H_2SO_4$  0,25 N + HCl 0,05 N), usado também para o  $K^+$  trocável, cujo princípio de extração é a ação solvente de ácidos, com pH entre 1,8 e 2,0. Esse método foi introduzido nos EUA nos anos de 1960 e posteriormente no Brasil. Em 1983 a equipe de Fertilidade do Solo do Instituto Agronômico, após anos de estudos, introduziu a (ii) resina de troca de íons, que extrai simultaneamente P, Ca, Mg e K, cujo princípio de extração é a substituição de ânions pela de troca de ligantes. É o processo que mais se aproxima da interface raiz-solução do solo.

Alguns estados brasileiros utilizam critérios complementares para melhorar a eficiência do extrator de Mehlich-1, como P remanescente e teor de argila. A resina é o método oficial para o estado de São Paulo e vem sendo utilizado por centenas de laboratórios no Brasil. A resina

## 2. FÓSFORO NA PLANTA

O P é um macronutriente que participa da formação de ácidos nucleicos e membranas da célula, e é componente do ATP, molécula essencial para a transferência de energia no metabolismo das plantas. Destaca-se também o papel do P na formação de triosefósfatos e na ativação de várias enzimas de produção e distribuição de carboidratos a partir da fotossíntese. Também ocorre como fitina, reserva do nutriente em sementes e frutos.

O P é absorvido pelas plantas principalmente na forma inorgânica do íon fosfato ( $H_2PO_4^-$ ). O contato íon-raiz ocorre quase que exclusivamente pelo processo de difusão e a absorção do  $H_2PO_4^-$  pelas raízes se dá contra um alto gradiente de concentração. Disso, tem-se que a absorção do P ocorre de forma ativa. Quando absorvido em grandes quantidades, o  $H_2PO_4^-$  é armazenado no vacúolo das células e pode ser aproveitado durante novos fluxos de crescimento.

Uma vez absorvido, ao contrário do N e S, o  $H_2PO_4^-$  não é reduzido na planta. Por isso, o óxido de fósforo reduzido, ou fosfito ( $HPO_3^{2-}$ ), muitas vezes aplicado como insumos registrados como fertilizantes, não é assimilado pela planta. Ao contrário, o fosfito pode prejudicar a produção das plantas deficientes em P, por exemplo, por inibir a absorção do  $H_2PO_4^-$ .

A eficiência de absorção e uso do P pelas plantas varia grandemente com diferentes cultivares e porta-enxertos em culturas perenes.

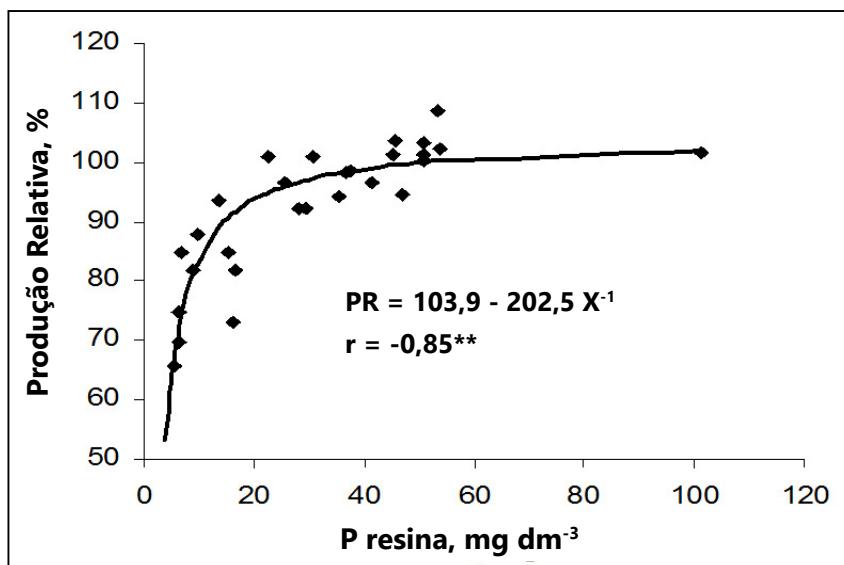
A deficiência de P é bastante comum em diferentes culturas no Brasil, o que causa prejuízos ao crescimento vegetativo e reprodutivo, e ao aproveitamento de outros nutrientes, acúmulo de amido nas folhas, e, consequentemente, perdas de produtividade.

Para aumentar a absorção do P do solo, as plantas priorizam o crescimento de raízes, principalmente aquelas finas, diminuindo a razão parte aérea/raízes. Também produzem fosfatases para mobilizar o P-organico na planta da parte velha para a parte nova, em crescimento, ou alterar a disponibilidade do P na rizosfera. Associações com fungos micorrízicos ocorrem para o aumento da absorção do nutriente pelas raízes, embora no campo, pouco tem sido o sucesso das inoculações com esses microrganismos.

contém grupamentos funcionais com cargas positivas, que ao adsorver os ânions  $H_2PO_4^-$ , é capaz de extrair P do solo após um período de extração e equilíbrio com a amostra. Diferentemente do extrator de Mehlich-1, a resina opera a pH entre 6,5 e 7,0, que mais se aproxima do pH da rizosfera das plantas.

O extrator Mehlich-1 para P tem algumas limitações: inadequabilidade para solos alcalinos, subestimativa do P em alguns solos argilosos, superestimativa do P em solos recém-adubados ou contendo resíduos de fosfatos naturais (falso positivo) e baixa sensibilidade para detectar o aumento da disponibilidade de P promovido pela calagem.

As diferenças entre os métodos e as razões que levaram o IAC a optar pelo método da resina de troca iônica são detalhados no capítulo 2.1., que inclui a comparação de curvas de calibração dos métodos.



**Figura 3.** Curva de calibração para fósforo (P) extraído com resina de troca de íons com a resposta à adubação fosfatada em 28 experimentos com algodão conduzidos no estado de São Paulo (Raij et al., 1986).

A partir da curva de calibração para a resina (Figura 3), foram estabelecidas as classes de disponibilidade de P no solo empregadas nas recomendações de fertilizantes fosfatados no B-100. É importante salientar que os resultados de pesquisas com diferentes culturas mostraram que elas têm demandas distintas para o nutriente (Tabela 1). Por definição, a interpretação das curvas de calibração considera a PR% para estabelecer os limites das classes de teores de nutrientes no solo. Por exemplo: quando PR for inferior a 70%, define-se a classe de teor muito baixo; quando PR estiver entre 70% e 90%, define-se a classe de teor baixo; PR entre 90% e 100%, define-se a classe de teor médio, e PR superior a 100%, define as classes de teores alto e muito altos, quando não se espera resposta à adubação fosfatada. Veja o exemplo de curva de calibração e seu uso para a delimitação das classes de teores no capítulo 2.5.

**Tabela 1.** Classes de interpretação de resultados de análises de solo para fósforo extraído com a resina trocadora de íons de acordo com os grupos de culturas

Classes de teores	Produção relativa	Grupos de culturas			
		Hortaliças	Anuais	Perenes	Florestais
	%	mg dm <sup>-3</sup>			
Muito baixo	<70	<10	<7	<5	<3
Baixo	70-90	10-24	7-15	5-15	3-5
Médio	90-100	25-60	16-40	16-40	6-8
Alto	>100	61-120	>41-80	41-60	>8-16
Muito alto <sup>(1)</sup>	>100	>120	>80	>60	>16

<sup>(1)</sup> Por definição, a classe de teor muito alto inicia com o dobro do limite da classe de teor alto.

É interessante observar que quanto maior for o ciclo das culturas, maior será o tempo necessário para que ocorra a absorção de P para a planta completar um ciclo de produção. Por esta razão, as classes de disponibilidade de P no solo decrescem com o aumento do ciclo das culturas.

Na edição 2022 do B-100, procurou-se simplificar essas classes de disponibilidade de nutrientes no solo, nas tabelas, para facilitar a implementação das recomendações de adubação, reduzindo o número de formulações NPK a serem aplicadas com base na análise de solo. Essas classes de interpretação constam da tabela 2.

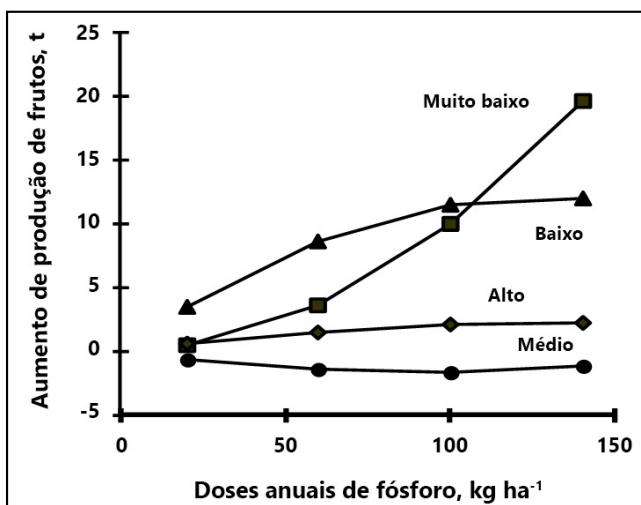
**Tabela 2.** Classes de interpretação de resultados de análises de solo simplificadas para fósforo de acordo os grupos de culturas

<b>Classes de teores<sup>(1)</sup></b>	<b>Produção relativa</b>	<b>Grupos de culturas</b>			
		<b>Hortaliças</b>	<b>Anuais</b>	<b>Perenes</b>	<b>Florestais</b>
	%	mg dm <sup>-3</sup>			
Baixo	<90	<25	<16	<16	<6
Médio	90-100	25-60	16-40	16-40	6-12
Alto	>100	>60	>40	>40	>12

<sup>(1)</sup> Na cultura da cana-de-açúcar, foi mantida a classe de teor muito baixo, devido à alta frequência desses valores nas áreas cultivadas.

As classes de teores são importantes para avaliar o grau de resposta a aplicação de P conforme mostra a figura 4, obtida em rede de experimentos com citros de longa duração, agrupados por classes de teores de P no solo. Em solos mais pobres em P (teores muito baixos e baixos), a resposta dos citros à adubação fosfatada é acentuada, enquanto com teores médios ou altos as respostas são moderadas.

Por meio da análise de solo interpretada por classes de teores, o técnico ou agricultor consegue estimar as doses adequadas da adubação para cada área, e estimar os resultados mais econômicos que serão obtidos com a adubação com P.



**Figura 4.** Curvas de resposta de citros à adubação fosfatada em rede de experimentos fatoriais NPK conduzidos nas principais regiões citrícolas do estado de São Paulo (Quaggio et al., 1998).

#### 4. FONTES FERTILIZANTES DE FÓSFORO

Os principais fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil (capítulo 1.3.) são: (i) solúveis em água ou em solução de citrato neutro de amônio + água, e (ii) insolúveis em água. Para este último grupo, indica-se o teor total, como exemplo os fosfatos naturais; ou a solubilidade em ácido cítrico a 2%, como exemplo os termofosfatos (fertilizante obtido por fusão alcalina da rocha fosfática), fosfatos parcialmente acidulados e parte da concentração de alguns fosfatos naturais não cristalinos, denominados de fosfatos naturais reativos ou hiperfosfatos.

Dessa maneira, os fosfatos solúveis em água como os superfosfatos (solubilizados por ácidos concentrados) e os fosfatos de amônio (reação de  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NH}_3$ ) favorecem a rápida reação e disponibilidade de P para as plantas. Superfosfatos originários de rochas de qualidade inferior podem conter maiores concentrações de resíduos de Fe e Al. Daí a solubilidade em citrato neutro de amônio passa a ser importante, pois apesar de ser considerado “solúvel em água”, tem solubilidade e eficiência inferior.

Para os fosfatos não solúveis em água, os cálculos de adubação devem ser baseados no teor total do P no fertilizante, sabendo-se que a maior parte do nutriente não será disponível em curto prazo, sendo esse período maior quanto mais grosseira for a moagem da rocha. A mesma consideração deve ser feita para os termofosfatos e fosfatos reativos. Esses têm sido produzidos na forma granulada para facilitar misturas com outros fertilizantes em formulações NPK. Porém, é importante ressaltar que tal prática compromete sobremaneira a eficiência desses produtos.

## 5. MANEJO DA ADUBAÇÃO FOSFATADA

O P limita grandemente a produtividade das culturas, especialmente nos solos ácidos nativos ou pouco adubados, como pastagem ou recém-introduzidos em áreas de produção agrícola. Com cultivos e adubações subsequentes, os níveis de disponibilidade do nutriente aumentam a cada safra (efeito residual das adubações). Porém, para atingir altos teores de P disponível no solo, são necessárias doses elevadas de P na adubação, especialmente em solos argilosos, onde a adsorção específica do íon fosfato é acentuada.

O emprego de fertilizantes fosfatados solúveis em água é fundamental para manter crescente a disponibilidade de P no solo. Assim, para aumentar a eficiência desses fertilizantes, deve-se aplicar os mesmos localizados em sulcos de plantio, tanto para culturas anuais como perenes, de preferência de forma granulada. O P em profundidade estimula o crescimento do sistema radicular das plantas contribuindo para o aumento da eficiência de outros nutrientes e do uso da água. Ademais, neste contexto, deve-se evitar a acidificação dos solos, mediante amostragem anual e calagem quando necessário.

Por outro lado, os fosfatos naturais ou termofosfatos são mais eficientes quando aplicados em pó, com granulometria fina, à lanço, incorporados com grade intermediária, e preferencialmente em solos ácidos. Com esses cuidados, os fosfatos naturais cristalinos têm eficiência modesta, enquanto os fosfatos reativos e termofosfatos têm eficiência superior. De modo oposto aos fosfatos solúveis em água, o emprego de grade é importante para incorporar o insumo no solo e aumentar a superfície de contato dos fosfatos com as partículas de solo favorecendo a solubilização e disponibilidade de P.

Recentemente, por razões de ganhos operacionais no plantio, agricultores têm aplicado o P antes da semeadura, à lanço e na superfície do solo. Essa prática é viável apenas em solos com teores muito elevados deste nutriente e, mesmo assim, para algumas safras. Com o passar do tempo, o P acumula mais na superfície do solo, muitas vezes interagindo negativamente com outros nutrientes, como por exemplo o zinco, e com prejuízos ao desenvolvimento radicular das plantas e perdas de produtividade.

As plantas perenes requerem manejo especial com P na implantação da cultura, pois é a única oportunidade de se aplicar este nutriente em profundidade. Por esta razão, na edição 2022 do B-100, para a maioria das culturas perenes é recomendada a aplicação de P no plantio, em sulcos profundos, em doses que variam entre 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de acordo com a análise inicial de solo. É uma estratégia para estimular o crescimento de raízes e a produção mais precoce das plantas.

Depois de implantada a cultura perene, os fertilizantes fosfatados são aplicados na superfície, que com o acúmulo da dose terão movimento descendente para camadas mais profundas. Isso explica que, quando o solo possui teores baixos de P, a adubação fosfatada é mais eficiente em dose única sem o parcelamento tradicional com outros nutrientes.

Na citricultura tem sido recomendado o uso de equipamento denominado de "operação tríplice", constituído por um subsolador de três hastes, capaz de incorporar o calcário aplicado no sulco, subsolar a linha de plantio e incorporar o P por meio de tubos anexados às hastes do subsolador. Essa operação tem permitido melhores produções de frutos com maior precocidade, especialmente com porta-enxertos e cultivares mais exigentes em P.

## REFERÊNCIAS

- QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a base for citrus fertilization. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 52, p. 67-74, 1998.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 17, n. 5, p. 547-566, 1986.

## 2.5. POTÁSSIO

---

Dirceu Mattos Jr. (¹)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)  
José Antonio Quaggio (¹)

### 1. POTÁSSIO NO SOLO

**O**s solos tropicais apresentam baixa fertilidade natural. A principal reserva de K para as plantas é a fração trocável em minerais secundários da fração argila, como a caulinita e os óxidos de Fe e Al, e na matéria orgânica. Ao contrário, nos solos pouco intemperizados predominantes em clima temperado, a maior parte do K no solo está na forma estrutural, ou não trocável, composta principalmente de minerais primários contendo K, com destaque para as micas (muscovita e biotita) e feldspatos potássicos (microclina, ortoclásio e sanidina) ou como vermiculita e montmorilonita (Havlin et al., 1999).

Assim, o K trocável constitui, na nossa agricultura, a principal fração do K total do solo disponível para a absorção das plantas, que ocorre em equilíbrio dinâmico com a solução do solo, e cuja espécie química ocorre sempre como o íon  $K^+$ . Fato também que a disponibilidade do  $K^+$  trocável é limitada nos solos de textura arenosa, cuja capacidade de troca de cátions é relativamente baixa e consequentemente retêm pouco K e são mais propensos a perdas do nutriente para camadas abaixo da maior concentração do sistema radicular.

Os solos tropicais geralmente não possuem reservas suficientes de K para repor o nutriente exportado pelas culturas, especialmente em áreas de alta produtividade, sendo necessário a fertilização com fontes potássicas (Benites et al., 2010).

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

## 2. POTÁSSIO NA PLANTA

As plantas cultivadas são conhecidas por diferirem na necessidade de K e na capacidade de absorver o nutriente da solução do solo, que depende, principalmente da difusão do elemento na solução do solo e, em menor proporção, do fluxo de massa e de processos de contato íon-raiz.

As diferenças na absorção de K entre espécies cultivadas são atribuídas a variações na arquitetura do sistema radicular, como densidade da raiz, profundidade efetiva no solo e ocorrência de pelos radiculares, entre outros, incluindo a capacidade de absorção, que é regulada por características genéticas.

Na planta, o K exerce papel importante na regulação de relações hídricas, associado à abertura e fechamento das células-guarda dos estômatos, no equilíbrio de cargas na célula, no equilíbrio do pH celular estabelecido por ácidos orgânicos, no transporte de carboidratos, na expansão celular e na qualidade e tamanho de frutos, características importantes para a comercialização de frutos in natura (Natale et al., 1996; Quaggio et al., 2006). Em algumas plantas o K também afeta a tolerância a estresses abióticos, como geadas, seca e altas temperaturas do ar.

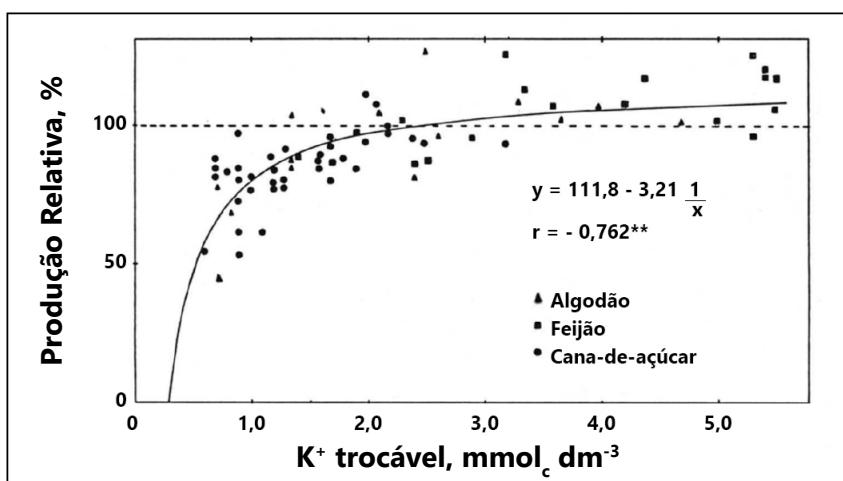
O K é encontrado principalmente na forma de  $K^+$  nas células, assim, praticamente quase todo K presente em resíduos vegetais é liberado em curto espaço de tempo e fica disponível para as culturas subsequentes com a decomposição desses resíduos, favorecendo a ciclagem do nutriente no sistema solo-planta.

O K é altamente móvel na planta, sendo redistribuído para partes em crescimento e consequentemente quantidades significativas do nutriente são exportadas com a colheita de grãos e frutos. Culturas como abacaxi, banana, café, citros, cana, assim como tomate e beterraba são bastante exigentes em K. Nestas culturas, atenção especial deve ser dada ao manejo do nutriente em diferentes etapas do crescimento das plantas, principalmente na fase de elongação celular e posteriormente na fase de enchimento de frutos, quando a deficiência de K causar sérios prejuízos à produção e qualidade das culturas.

### 3. INTERPRETAÇÃO DA ANÁLISE DE SOLO PARA POTÁSSIO

O monitoramento da disponibilidade de K do solo é fundamental para recomendações de adubação. No "Sistema IAC de Análises de Solo" o  $K^+$  trocável é extraído por resinas de troca iônica, cujos valores são muito próximos daqueles extraídos com acetato de amônio. Esse critério tem se mostrado eficiente para a interpretação dos resultados da análise de solos e consequentemente da definição das doses mais econômicas da adubação, uma vez que na maioria dos solos brasileiros, a contribuição de formas não trocáveis do K é pouco importante. Ademais, em poucos relatos da pesquisa viu-se que a contribuição do K não trocável, principalmente em camadas mais profundas do solo, poderia contribuir com o aproveitamento do nutriente pelas plantas.

O Instituto Agronômico desenvolveu ao longo de décadas mais de uma centena de experimentos de resposta das plantas à adubação com K, os quais permitiram o estabelecimento de curvas de calibração da disponibilidade de  $K^+$  trocável no solo em função da produção relativa das culturas (Figura 1). Essas correlações são consistentes e comparáveis entre diferentes culturas (por exemplo, algodão, cana-de-açúcar e feijão), o que permite a elaboração de tabelas de interpretação das faixas de teores do nutriente no solo na camada arável como critério para compor as tabelas de adubação do B-100.



**Figura 1.** Curva de calibração para potássio trocável no solo utilizada no estado de São Paulo (Raij, 1974).

Com base nessa curva de resposta (Figura 1), a produção relativa atinge 90% quando o teor de K<sup>+</sup> trocável é 1,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, o qual por definição, representa o limite superior da classe de teor baixo do nutriente disponível no solo. A faixa entre 1,6 e 3,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> define a classe de teores médios, quando a produção relativa da cultura chega a 100%, acima do qual a resposta à adubação potássica é praticamente inexistente. Portanto, valores de K<sup>+</sup> trocável acima de 3,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> definem a classe de teores altos, e o dobro desse valor define a classe de teores muito altos, que devem ser evitados no manejo da fertilidade do solo para que não ocorram desequilíbrios com outros nutrientes, e consequentemente eventuais perdas de produtividade. Teores muito altos de K reduzem a disponibilidade de Ca e Mg no complexo de troca do solo, isto é, o excesso de K causa diminuição da absorção de Ca e Mg (Mattos Jr. et al., 2004). Além disso, adubações potássicas em solos com teores muito altos geralmente não trazem retorno econômico. Assim, interpretar as classes de teores disponíveis de K<sup>+</sup> trocável no solo é importante para orientar o manejo da adubação com potássio para as diferentes culturas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Orientações para o manejo da adubação com potássio de acordo com as classes de teores do nutriente no solo

Classes de teores	Produção relativa, %	Teores de K no solo, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Orientações para a adubação com potássio
Baixo	<90	<1,6	A adubação com potássio deve ser elevada, suficiente para repor a exportação do nutriente com as colheitas e ainda aumentar o teor de K <sup>+</sup> trocável no solo
Médio	90-100	1,6-3,0	A adubação deve ser a máxima econômica para a cultura e suficiente para repor a exportação do nutriente com as colheitas, visando manter os níveis de K <sup>+</sup> trocável no solo próximos ao limite superior da classe
Alto	>100	3,1-6,0	A adubação deve ser a máxima econômica para culturas exigentes em potássio, quando o K <sup>+</sup> trocável no solo estiver próximo do limite inferior da classe e reduzida em cerca de 40% da dose estimada pela exportação com as colheitas, para culturas menos exigentes no nutriente
Muito alto	>100	>6,0	Não aplicar potássio até que a exportação com as colheitas reduza os teores de K <sup>+</sup> trocável no solo

Em muitas áreas agrícolas, adubações com doses insuficientes de fertilizantes contendo K podem resultar em esgotamento significativo das reservas disponíveis de K no solo e, portanto, em sérios prejuízos à produtividade das culturas.

#### **4. FONTES DE FERTILIZANTE COM POTÁSSIO PARA A AGRICULTURA**

O Brasil importa cerca de 90% do fertilizante potássico consumido, principalmente na forma de cloreto de potássio (KCl), que é a principal fonte de K no mercado. Outros fertilizantes, como o sulfato de potássio e o nitrato de potássio, extraídos de depósitos minerais ou produtos secundários da mineração de KCl, também estão disponíveis comercialmente, mas são mais caros. Esses produtos são preferidos ou podem substituir parte do KCl em culturas sensíveis ao excesso de cloreto, como batatas e frutas (banana, abacaxi, uva e pêssego).

Com exceção do sulfato duplo de potássio e magnésio (langbeinita) e o sulfato hidratado de potássio, cálcio e magnésio (polialita), os fertilizantes potássicos têm alta solubilidade em água e, portanto, podem ser também usados em fertirrigação. Contudo, no caso do KCl, deve-se usar o tipo branco, que contém menos ferro e é mais solúvel que o KCl vermelho.

Fertilizantes orgânicos (esterco animal, chorume, vinhaça, torta de filtro, resíduos de biogás, cascas e palhas e outros) também podem ser importantes fontes de potássio na agricultura.

A aplicação dos fertilizantes minerais potássicos de alta solubilidade eleva bastante a concentração de  $K^+$  na solução do solo, podendo causar prejuízos às plantas associados ao alto índice salino. Isto é particularmente importante para o KCl.

Recentemente tem aumentado o interesse por fontes alternativas de K devido à grande dependência do Brasil na importação deste nutriente. Estudos recentes sugerem que a adição de materiais de rocha, ou pós de rocha contendo K (por exemplo, caliofilita, leucita, sienito nefelínico) pode aumentar a reserva de K para as plantas a longo prazo. As maiores limitações para o uso destas rochas é a baixa concentração

de K e a reduzida disponibilidade de K a curto prazo, além do custo mais alto em relação ao KCl. Assim, tais fontes raramente conseguem substituir os adubos potássicos solúveis para atender à demanda de culturas de alta produtividade.

## 5. MANEJO DA ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO

A alta concentração de cloro confere ao KCl índice salino elevado, o que exige manejo adequado para prevenir danos à germinação de sementes ou mudas. Deste modo, além de evitar o contato dos adubos com as sementes, não utilizar doses de K acima de 50 ou 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicadas no sulco de semeadura em culturas anuais. A alternativa é antecipar a aplicação de todo ou parte do K a lanço, em pré-plantio, ou aplicar em cobertura, junto ao nitrogênio.

Ponto importante para a aplicação à lanço de K é a textura do solo. Apesar desse nutriente ser pouco móvel no solo, naqueles com textura muito arenosa, abaixo de 200 g kg<sup>-1</sup> de argila, existe a preocupação com lixiviação de K para camadas fora do alcance das raízes. Nestes solos, aplicar parte do K no sulco de semeadura, pois, como eles geralmente são mais deficientes em K do que os argilosos, é necessário atender a demanda inicial da cultura. O restante do K é aplicado em cobertura. Nos solos mais argilosos essa preocupação não é tão relevante.

Como a maior parte do K é absorvida antes do florescimento ou da fase de enchimento de grãos, a adubação potássica de cobertura em culturas anuais não deve ser feita tardivamente, especialmente em solos com textura argilosa, na qual a movimentação do íon é relativamente baixa.

Em aplicações de K em cobertura, evitar os períodos de maior umidade na folhagem para prevenir queimaduras das folhas por salinidade.

Em culturas perenes, parcelar a aplicação do K no período da primavera e verão para diminuir riscos de perdas do nutriente e aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes.

Outro aspecto importante da interação com práticas de manejo do K é o uso do gesso agrícola. Em altas doses e principalmente em solos de textura mais arenosa, o gesso pode causar redução significativa

da disponibilidade do K na camada arável, pela formação preferencial de pares iônicos com o  $\text{SO}_4^{2-}$  e consequente transporte do elemento para camadas mais profundas do solo, onde a concentração das raízes das plantas é menor (Raij, 2013).

## REFERÊNCIAS

- BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNADI, A. C. C.; OLIVEIRA, F. A. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes:** nutrientes. Piracicaba: IPNI, 2010. v. 2, p. 137-191.
- HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, A. L.; NELSON, W. L. **Soil Fertility and Fertilizers:** An introduction to nutrient management. New Jersey: Prentice Hall, 6. ed., 1999. 499 p.
- MATTOS JR., D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; CARVALHO, S. A. Superfícies de resposta do tangor "Murcott" à fertilização com N, P e K. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p.164-167, 2004.
- NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M.; OIOLI, A. A. P.; SALES, L. Nutrição e adubação potássica na cultura da goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 247-250, 1996.
- QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; CANTARELLA, H. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in tropical soils. **Fruits**, v. 61, n. 5, p. 293-302, 2006.
- RAIJ, B. van. Calibração de potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. **Ciência e Cultura**, v. 26, n. 6, p. 575-579, 1974.
- RAIJ, B. van. **Gesso na agricultura.** Campinas: Instituto Agronômico, 2013. 233 p.

## 2.6. CÁLCIO, MAGNÉSIO E ENXOFRE

---

Dirceu Mattos Jr. (¹)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)  
José Antonio Quaggio (¹)

### 1. MACRONUTRIENTES SECUNDÁRIOS

O cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) têm sido referidos como macronutrientes secundários por serem exportados pelas colheitas em quantidades geralmente menores quando comparadas àquelas de N e K, por exemplo. Também, não aparecerem frequentemente nas formulações fertilizantes do tipo NPK, principalmente naquelas mais concentradas. À despeito disso, são elementos minerais essenciais para plantas e cuja carência causa perdas de produtividade e qualidade da produção agrícola, uma vez que estão bastante relacionados à integridade de tecidos, formação de proteínas e fotossíntese. Os macronutrientes secundários são usualmente supridos às culturas via aplicação de corretivos, como calcário, e condicionadores de solo, como o gesso agrícola.

### 2. CÁLCIO E MAGNÉSIO NO SOLO

O Ca e o Mg ocorrem nos solos a partir de rochas ígneas, por exemplo, dolomita, calcita, apatita, feldspatos cárnicos, clorita, serpentina e olivina, assim como em rochas sedimentares e metamórficas, estas principalmente em áreas de clima árido, onde predominam solos do tipo alcalino ou calcários. Em pH mais elevado, predominam formas pouco solúveis como carbonatos, fosfatos e sulfatos.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Nas regiões tropicais de clima quente e úmido, onde os processos de intemperismo da rocha são mais intensos e consequentemente as perdas de nutrientes por lixiviação são significativas, predominam solos ácidos, com baixos teores de Ca e Mg. As reações de transformação e transporte do material de origem do solo dependem da formação de H<sup>+</sup> no solo, principalmente, em ambientes naturais, oriundo da dissociação do ácido carbônico, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, que é considerado ácido hipotético formado a partir de CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O, pois pode ser resumido como H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> → HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sup>+</sup>, que contribui para a liberação do Ca e Mg da estrutura dos minerais primários. Nos solos ácidos, os baixos teores de Ca e Mg são associados à ocorrência de elevados teores de alumínio (Al<sup>3+</sup>), originário do ataque ácido à estrutura dos minerais de argila. O Al<sup>3+</sup> é considerado elemento tóxico para as plantas por afetar o crescimento e a integridade das raízes e, consequentemente, a absorção de água e de outros nutrientes.

No solo, o Ca e o Mg se encontram nas formas catiônicas, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, adsorvidos aos coloides da fração argila na forma trocável. O Ca<sup>2+</sup> é mais retido no complexo de troca de cátions do solo que o Mg<sup>2+</sup>, dado o menor raio iônico, portanto possui menor hidratação e maior tensão superficial de carga positiva na superfície do íon. Por esta razão, os teores de Ca determinados pela análise química do solo são frequentemente mais elevados que o Mg. O Ca e o Mg trocáveis estão em equilíbrio dinâmico com a solução do solo.

Ademais, o Ca e o Mg são elementos importantes para a qualidade física dos solos uma vez que promovem a flocação de coloides aos quais estão adsorvidos, promovem maior estabilidade e consequentemente melhor estrutura das partículas que compõem o solo.

### 3. ENXOFRE NO SOLO

A origem principal do S no solo vem também de rochas ígneas. É ainda encontrado em rochas sedimentares. Ocorre nas formas orgânicas ou inorgânica, como S elementar, porém a forma predominante é o sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). A forma orgânica representa a maior reserva do S total no solo, e por estar ligado à matéria orgânica, ocorre em menor concentração com o aumento da profundidade do solo em sistemas naturais.

Em solos agrícolas adubados com enxofre, a maior concentração de  $\text{SO}_4^{2-}$  está em camadas mais profundas, como por exemplo de 20-40 cm, usada para o diagnóstico da disponibilidade de S. Isto ocorre dada a concorrência com o íon fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), que tem adsorção preferencial nos minerais de argila e, como consequência, desloca os íons  $\text{SO}_4^{2-}$  para camadas mais profundas.

A disponibilidade de S para as plantas está associada à atividade de microrganismos nos processos de imobilização e mineralização da fração orgânica do solo, que é largamente dependente da relação C:N:S. A imobilização ocorre quando as relações C:S e N:S estiverem altas, acima de 30:1. Ao contrário, a mineralização ocorre quando essas relações forem baixas, determinando então a liberação do  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Os solos tropicais mais intemperizados, tais como os Latossolos, apresentam baixos teores de S. Nesses solos, com predominância de mineralogia oxídica, o S pode ser adsorvido aos minerais de argila com caráter anfótero, ou seja, cuja carga depende do pH do solo. Esses solos, quando ácidos, apresentam coloides que expõem cargas positivas trocadoras de ânions, como o  $\text{SO}_4^{2-}$ , enquanto podem ser trocadores de cátions quando o pH do solo for elevado.

O  $\text{SO}_4^{2-}$  consiste na principal forma inorgânica do S no solo, quando em condições aeróbias, ocorrendo na solução do solo ou adsorvido às partículas de argila ou em complexos organominerais. Ao contrário, formas reduzidas, como  $\text{FeS}$ ,  $\text{FeS}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$ , ocorrem sob condições anaeróbias, em solos encharcados. Em regiões áridas, o S pode acumular na forma de  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

#### 4. CÁLCIO, MAGNÉSIO E ENXOFRE NA PLANTA

Cálcio, Mg e S podem ser agrupados como nutrientes com papel estrutural nas plantas, associados principalmente à organização da parede celular, lamela média, composição da molécula de clorofila e vários aminoácidos e proteínas. Também podem participar em rotas metabólicas, como sinalizador secundário (complexo calmodulina), ativador de enzimas importantes para o metabolismo e transporte de carboidratos da parte aérea para as raízes, assim como complexante de metais (na forma de fitoquelatinas), por exemplo, para a proteção de plantas contra estresses bióticos e abióticos.

A mobilidade do Ca e do S pelo floema, dos órgãos de reserva até novos pontos de crescimento vegetativo ou reprodutivo, é muito baixa. Por isso, os sintomas visuais da deficiência desses elementos ocorrem principalmente em partes novas, como raízes finas, brotações, flores e frutos.

A deficiência de Ca causa redução do vigor do sistema radicular, prejudicando a absorção de água e nutrientes. Quando a deficiência é severa, as plantas tomam aspecto senescente, o florescimento é prejudicado e os frutos mostram podridões moles, dada a ocorrência de tecidos coalescidos ou moles (exemplos, em melão e tomate). Espécies folhosas, mostram queimadeiras nos bordos das folhas. Também, desbalanços nutricionais ocorrem, como no caso dos citros - planta bastante exigente em Ca, associados à assimilação do N.

No caso do S, os sintomas visuais da deficiência ocorrem na forma de amarelecimento da lâmina foliar, similares àquelas de N, contudo nas folhas mais novas, como consequência, o crescimento da planta, em geral, é retardado.

O Mg é um nutriente bastante móvel no floema, portanto, a ocorrência de sintomas da deficiência se dá em folhas velhas, normalmente demonstrando clorose internerval na forma de "V" invertido. A capacidade fotossintética da planta é bastante prejudicada.

## 5. INTERPRETAÇÃO DA ANÁLISE DE SOLO PARA CÁLCIO, MAGNÉSIO E ENXOFRE

O Sistema IAC de Análise de Solo extrai Ca e Mg trocáveis em amostras de solo por resinas de troca iônica, as quais extraem também o íon  $\text{SO}_4^{2-}$ . Porém, o melhor extrato para a determinação do  $\text{SO}_4^{2-}$  é a solução de fosfato de cálcio. São estabelecidas três classes de teores para a interpretação de  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  na camada arável do solo (0 a 20 cm de profundidade), como apresentado na tabela 1.

**Tabela 1.** Interpretação de resultados de análise, para  $Mg^{2+}$  e  $SO_4^{2-}$  na camada arável do solo

Classes de teores	$Mg^{2+}$ trocável		$S-SO_4^{2-}$ mg dm <sup>-3</sup>
<b>Baixo</b>	<5,0		<5,0
<b>Médio</b>	5,0-8,0		5,0-10,0
<b>Alto</b>	>8,0		>10,0

Os teores de  $Ca^{2+}$ , que predominam no complexo de troca ou CTC do solo, são melhor interpretados por meio da saturação deles na CTC do solo. Assim, uma forma prática para a interpretação da disponibilidade de Ca no solo, especialmente visando a existência de barreiras químicas ao crescimento de raízes, é feita por meio da saturação por bases do solo (V).

Ademais, a grande dificuldade para a interpretação do  $Ca^{2+}$  no solo é isolar o efeito da deficiência desse nutriente de outros problemas ligados à acidez excessiva, já que solos deficientes em Ca são, em geral, muito ácidos. Nesses casos, a calagem corrige a acidez e supre cálcio em teores mais do que suficientes. Assim, os valores da saturação por base, tanto na camada arável como em subsuperfície, servem para orientar melhor a interpretação da fertilidade do solo.

Solos ácidos e com barreiras químicas ao crescimento de raízes são caracterizados com camadas profundas com valores da saturação de alumínio trocável (valor m >40%) e/ou deficiente em cálcio (V <25%).

Já para o Mg, da mesma forma como determinado para o K, os teores absolutos do elemento trocável, na prática, são os melhores índices para a interpretação da disponibilidade do nutriente para a maioria das culturas. Recomenda-se manter o teor de Mg em pelo menos  $8\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$  na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Valores de Mg superiores a  $8\text{ mmol}_c\text{ dm}^{-3}$  podem ser desejáveis para culturas exigentes. Porém, em solos com baixa CTC tais teores são difíceis de serem alcançados.

Não existe concordância em se estabelecer relações entre as porcentagens Ca:Mg:K na CTC do solo como índices de disponibilidades

desses nutrientes no solo. Contudo, resultados de pesquisa demonstram que estas relações são pouco importantes e não influenciam a produtividade das culturas, desde que a disponibilidade desses nutrientes esteja acima das faixas consideradas adequadas.

Relações entre Ca:Mg na CTC do solo variando de um mínimo de 0,5 até 30, geralmente não afetam as produções das culturas quando nenhum dos dois cátions estiver em níveis de deficiência. Na prática, se houver Mg suficiente, não deverá ocorrer deficiência mesmo se os teores de Ca estiverem altos. A única relação que pode ter alguma importância no manejo da fertilidade do solo é entre Mg:K. Quando a participação de K na CTC do solo for próxima ou até mesmo superior à de Mg, ocorrendo um desbalanço na absorção entre esses cátions acarretando deficiência de Mg na planta. Isso pode ocorrer em culturas que recebam altas doses de fertilizantes potássicos, como em café.

Os teores médios de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> situam-se na faixa de 5-10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, devendo ser observados principalmente no cultivo de espécies que apresentam destacada demanda do nutriente, como por exemplo cereais. Leguminosas oleaginosas, como amendoim e soja, além de café, cana-de-açúcar e tomate também são exigentes em S. Comumente ocorre no solo acúmulo de S abaixo da camada arável; assim, para um diagnóstico mais preciso é importante considerar a disponibilidade de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> na camada de 20-40 cm de profundidade.

## 6. CORRETIVOS, CONDICIONADORES E FERTILIZANTES COMO FONTES DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E ENXOFRE

O fornecimento de Ca e de Mg para as culturas é realizado principalmente com a calagem, que visa fundamentalmente o efeito neutralizante da acidez e dos efeitos tóxicos do excesso de Al<sup>3+</sup> no solo.

O Ca está sempre presente em todos os corretivos, enquanto o Mg depende da maior ou menor concentração do elemento na rocha calcária, como dolomita ou magnesita. Por essa razão, o calcário adiciona quantidades suficientes do nutriente ao solo. Contudo, algumas estratégias do manejo da fertilidade do solo têm sido desenvolvidas para atender o aumento de produtividade, para diferentes culturas.

Nos últimos anos, o uso de fertilizantes solúveis contendo Ca e Mg, principalmente em sistemas de fertirrigação, têm merecido destaque.

O S pode ser suprido pela adubação NPK, quando são utilizadas formulações pouco concentradas, que levam por exemplo, sulfato de amônio e/ou superfosfato simples. Outros fertilizantes solúveis, como o sulfato de potássio e o sulfato de magnésio, também estão disponíveis no mercado. Ademais, fertilizantes oriundos de mineração, como o sulfato duplo de potássio e magnésio (langbeinita), comercializado como K-Mag, e o sulfato hidratado de potássio, cálcio e magnésio (polialita) têm sido comercializados e podem constituir importantes fontes de Ca, Mg e S.

O S elementar tem sido usado na forma de pastilhas misturadas a formulações ou recobrindo formulações de fertilizantes, como alternativa de baixo custo de suprir S, sem alterar muito a concentração dos macronutrientes primários. Porém, o S elementar precisa ser oxidado a sulfato antes de ser aproveitado pelas plantas, reação que pode levar semanas ou meses. A oxidação, promovida por bactérias, é mais rápida quanto menor for o tamalho das partículas ou mesmo dos grânulos de fertilizantes e maior a mistura com o solo. Desse modo, a estratégia de fornecer S às plantas na forma de S elementar deve considerar que o nutriente talvez só esteja disponível para a cultura subsequente.

O S, como o Ca, ainda podem ser fornecidos com a aplicação de condicionadores de solo, como o gesso agrícola, cujos resultados positivos do aumento de produtividade das culturas, além da melhoria do ambiente radicular para o crescimento das raízes.

Mais recentemente, misturas de calcário e gesso têm sido oferecidas no mercado e constituem estratégia interessante para o suprimento de Ca, Mg e S para as culturas, juntamente com a correção da acidez do solo.

## 7. MANEJO DIFERENCIAL DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E ENXOFRE PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Para sistemas agrícolas cada vez mais produtivos, o suprimento do Mg proveniente apenas do calcário pode não ser suficiente para atender a demanda da planta, sendo necessária a complementação do

nutriente com outras fontes fertilizantes, em especial aquelas de maior solubilidade em água.

O aumento da demanda de Ca, Mg e S pelas culturas em geral se deve ao avanço do cultivo para solos de baixa fertilidade natural, aumento nas doses de K, interações com o suprimento de N, aumento das áreas fertirrigadas, maior ocorrência de condições climáticas desfavoráveis e, principalmente, aumento de produtividade.

Além do suprimento do Mg via solo, a adubação foliar com esse nutriente é uma estratégia eficiente para a aplicações complementares nos cultivos em geral, principalmente pela facilidade de aplicação e possibilidade de misturas com outros produtos nas caldas de pulverização.

A necessidade de S da maioria das culturas é relativamente baixa, quando comparada ao N e ao K, por exemplo. Contudo culturas exigentes, estabelecidas em solos com baixo teor de matéria orgânica, requerem aplicações específicas do nutriente. Nessas condições, recomenda-se a aplicação de S via fertilizante NPK no sulco ou fontes específicas de S a lanço.

## REFERÊNCIAS

- QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111 p.
- RAIJ, B. van. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agronômico. 2008. 233 p.

## 2.7. MICRONUTRIENTES

Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

José Antonio Quaggio (¹)

Estêvão Vicari Mellis (¹)

Heitor Cantarella (¹)

### 1. INTRODUÇÃO

**O**s micronutrientes são elementos essenciais para o crescimento das plantas, requeridos em pequenas quantidades com concentrações no tecido foliar na ordem de  $\text{mg kg}^{-1}$ : boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). Os micronutrientes exercem funções específicas nas plantas, importantes para o crescimento celular, respiração, fotossíntese, assimilação de nitrogênio, ativação de enzimas e resistência a estresses bióticos e abióticos.

Apesar de exigidos em pequenas quantidades, as deficiências de micronutrientes causam sérios prejuízos à produtividade. O avanço da agricultura para solos de baixa fertilidade, a calagem, a utilização de variedades mais exigentes, a precocidade de produção e, principalmente o aumento de produtividade, são alguns fatores que têm favorecido o aumento das deficiências de micronutrientes. Nos últimos 20 anos muito se avançou em pesquisas sobre a eficiência de utilização e ganhos em produtividade devido ao fornecimento de micronutrientes. Além do mais, muitos desses benefícios não são observados apenas na forma de simples aumentos de produtividade, mas também no vigor das plantas, na qualidade do produto colhido e na tolerância a pragas e doenças.

As recomendações de micronutrientes devem ser fundamentadas em critérios técnicos, como análise de solo e folha, potencial de resposta

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

da cultura, histórico da área, produtividade estimada e diagnose visual. Contudo, a aplicação de micronutrientes de forma indiscriminada pode ocasionar desequilíbrio na nutrição da planta e perdas de produtividade.

Os micronutrientes mais limitantes na agricultura brasileira são B, Zn, Mn, Cu e Mo. O Cl, Fe e o Ni são micronutrientes de menor importância agronômica. O Cl é comumente suprido junto ao KCl (principal fonte de potássio); no caso do Fe, em condições tropicais onde predominam solos ricos em óxidos de Fe, a necessidade de fornecimento deste nutriente é pouco relevante; ainda, não foram observadas respostas à aplicação de Ni em culturas em condições de campo no Brasil.

## 2. MICRONUTRIENTES NO SOLO

A análise de solo para micronutrientes serve de ferramenta para orientar a adubação e deve ser usada em conjunto com informações específicas sobre as espécies ou variedades cultivadas. Para a interpretação da análise química de micronutrientes em solos é importante observar o uso de extratores adequados para avaliação da disponibilidade desses elementos. Os laboratórios de análises de solo do Brasil geralmente empregam dois métodos de extração de micronutrientes metálicos: o Mehlich-1 e a mistura complexante de DTPA-TEA a pH 8,5. O DTPA-TEA apresenta vantagens no diagnóstico da disponibilidade de micronutrientes, especialmente em solos recentemente corrigidos com calcário. Para o B, o método consagrado é a extração com água quente ou versões do método com soluções diluídas de cloreto de bário. A análise de Mo não é rotineiramente realizada devido à dificuldade analítica em decorrência da concentração muito baixa desse micronutriente no solo. A interpretação das classes de teores da disponibilidade de micronutrientes no solo para culturas anuais diferem das classes para as culturas perenes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classes de interpretação da disponibilidade de micronutrientes em solos tropicais e subtropicais

Classes	B (água quente)	Cu	Fe	Mn	Zn					
	DTPA-TEA									
mg dm <sup>-3</sup>										
<b>Anuais</b>										
<b>Baixo</b>	<0,20	<0,3	<5,0	<1,5	<0,6					
<b>Médio</b>	0,20-0,60	0,3-0,8	5,0-12,0	1,5-5,0	0,6-1,2					
<b>Alto</b>	>0,60	>0,8	>12,0	>5,0	>1,2					
<b>Perenes</b>										
<b>Baixo</b>	<0,60	<2,0	<5,0	<5,0	<5,0					
<b>Médio</b>	0,60-1,00	2,0-5,0	5,0-12,0	5,0-10,0	5,0-10,0					
<b>Alto</b>	>1,00	>5,0	>12,0	>10,0	>10,0					

A disponibilidade dos micronutrientes é influenciada por características do solo, tais como: textura, mineralogia, pH, teor de matéria orgânica e umidade. Em solos tropicais, onde predominam cargas elétricas variáveis, o pH é o principal fator que controla a disponibilidade dos micronutrientes e deve ser levado em consideração no manejo da adubação com esses elementos. O Cu, o Fe, o Mn, o Ni e o Zn encontram-se na solução do solo na forma catiônica (carga positiva), enquanto Cl e Mo encontram-se na forma aniônica (carga negativa). Nas faixas de pH comumente encontradas em solos agrícolas o B se encontra na forma de ácido bórico não dissociado ( $H_3BO_3$ ) (sem carga), que pode ser facilmente lixiviado no perfil do solo, o que sugere a importância no parcelamento da adubação boratada, principalmente em solos mais arenosos.

À medida que o pH do solo aumenta, a disponibilidade dos micronutrientes diminui, com exceção do Mo. A disponibilidade de Mo no solo normalmente é baixa, e depende diretamente do material de origem e, em especial, do pH do solo.

### 3. MICRONUTRIENTES NA PLANTA

A análise química de planta determina o teor total do nutriente no tecido vegetal e os resultados são menos sujeitos à interferência dos

métodos, como ocorre na análise de solo. Há grandes diferenças na concentração foliar dos micronutrientes entre as espécies vegetais e até mesmo entre cultivares dentro da mesma espécie.

Com exceção do Cl e Mo os micronutrientes têm baixa mobilidade dentro da planta, o que deve ser levado em consideração, principalmente no planejamento da adubação foliar de culturas perenes. Como a redistribuição dos micronutrientes é limitada na planta, é necessário realizar novas adubações sempre que houver novas brotações.

O B sempre foi tido como um nutriente com estreita faixa de valores de interpretação de deficiência até toxicidade. Entretanto, novos estudos têm demonstrado que isso não ocorre para todas as culturas.

Com base na premissa de que um determinado nutriente exerce função específica na planta, a falta ou o excesso desse induzirá sintomas característicos, os quais, de forma geral, são semelhantes entre as espécies. Assim, a diagnose foliar pode ser utilizada como ferramenta complementar à análise de solo e folha para a identificação de desequilíbrios nutricionais em condições de campo e pode auxiliar na recomendações da aplicação de micronutrientes. Os principais sintomas de desordem nutricionais de micronutrientes para as principais culturas do estado de São Paulo são apresentados na tabela 2.

**Tabela 2.** Sintomas mais comuns de deficiência e toxicidade de micronutrientes nas principais culturas do estado de São Paulo

Nutriente	Sintomas visuais mais característicos
Boro	<p><b>Deficiência:</b> são comuns em solos arenosos com baixa matéria orgânica</p> <p><b>Sintomas:</b> alteração na anatomia do limbo de folhas novas, morte de gemas com perda da dominância apical, superbrotamento de gema laterais e seca de ponteiros</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> algodão, amendoim, batata, cenoura, café, cana, citros, eucalipto, girassol, manga, milho e trigo</p>
	<p><b>Toxicidade:</b> são mais frequentes em aplicações localizadas do fertilizante, como em sulcos de semeadura ou próximo de mudas de plantas perenes</p> <p><b>Sintomas:</b> inicia com clorose, necrose do ápice e bordas de folhas, com lesões que evoluem para o centro do limbo foliar causando queda prematura de folhas</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> algodão, café, citros, girassol, milho e hortaliças</p>

Continua

**Tabela 2.** Continuação

Nutriente	Sintomas visuais mais característicos
Cobre	<p><b>Deficiência:</b> mais comum em solos com elevado teor de matéria orgânica, em culturas nas quais fungicidas cúpricos são pouco ou não utilizados, ou em plantações muito vigorosas (altas doses de N)</p> <p><b>Sintomas:</b> ocorrem nos fluxos novos. As folhas têm tamanho aumentado, encurvam e as nervuras ficam salientes, os ramos apresentam bolsas de gomas, que quando se rompem, podem provocar seca do ramo</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> café, citros e trigo</p> <p><b>Toxicidade:</b> mais frequente em culturas nas quais se faz o uso intensivo de fungicidas cúpricos</p> <p><b>Sintomas:</b> morte de radicelas, desfolhamento e diminuição no crescimento da planta</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> batata, café e citros</p>
Ferro	<p><b>Deficiência:</b> mais comum em viveiros e cultivos protegidos com plantas produzidas em substratos. Em condições de solos tropicais ricos em óxidos de ferro, a deficiência é praticamente inexistente no campo</p> <p><b>Sintomas:</b> clorose internerval de folhas novas, com as nervuras permanecendo verdes em padrão reticulado fino, enquanto as lâminas são de cor amarela, com a intensificação dos sintomas as folhas ficam esbranquiçadas</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> hortaliças e mudas cultivadas em substrato vegetal. Às vezes, após período prolongado de chuvas, pode ocorrer deficiência temporária em cafeeiros, geralmente causada por excesso de absorção de outros cátions metálicos</p> <p><b>Toxicidade:</b> não é um problema comum em condições de campo, com exceção para arroz irrigado por inundação</p> <p><b>Sintomas:</b> ocorrem pequenas manchas marrom-avermelhadas nas folhas novas, que gradualmente se estendem até as folhas mais velhas; pode ocorrer morte prematura das folhas</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> arroz</p>
Manganês	<p><b>Deficiência:</b> mais comum em solos com baixo teor de Mn, solos alcalinos, formados com drenagem insuficiente (solos amarelados) ou em área que receberam altas doses de calcário. Plantas geneticamente modificadas para tolerância a herbicidas podem apresentar deficiência de manganês devido à ação de herbicidas da família do glifosato</p> <p><b>Sintomas:</b> semelhante à deficiência de Fe, ocorre clorose internerval em folhas novas, contudo, as nervuras permanecem verdes em padrão de reticulado mais grosso</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> algodão, café, citros, milho e soja</p> <p><b>Toxicidade:</b> a ocorrência em condições de campo é mais frequente em solos ácidos originados de rochas ricas em Mn, geralmente solos de cor roxa e em plantas cultivadas em viveiro em substrato com pH abaixo de 4,5</p> <p><b>Sintomas:</b> folhas amarelecidas e com aparecimento de pontuações necróticas nas bordas do limbo. Em soja pode ocorrer enrugamento de folhas jovens</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> amendoim, café, citros (viveiros), soja</p>

Continua

**Tabela 2.** Conclusão

<b>Nutriente</b>	<b>Sintomas visuais mais característicos</b>
<b>Molibdênio</b>	<p><b>Deficiência:</b> mais frequente em solos ácidos, arenoso e com baixo teor de Mo e em áreas que receberam altas doses de fertilizantes contendo sulfato. As leguminosas têm demanda maior por Mo e por esta razão, exibem sintomas de deficiência</p> <p><b>Sintomas:</b> podem ser similares aos sintomas de plantas deficientes em nitrogênio, tais como: amarelecimento de folhas seguido por necrose, murchas das margens e encurvamento do limbo foliar e menor nodulação em raízes de leguminosas. Em amendoim ocorrem necroses nas margens dos folíolos jovens</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> amendoim, feijão, milho, soja e trigo</p> <p><b>Toxicidade:</b> a ocorrência de sintomas de toxicidade em condições de campo é pouco provável; as plantas possuem a capacidade de acumular altas quantidades de Mo no tecido foliar sem comprometer o seu desenvolvimento. A alta concentração de Mo em pastagem pode induzir a deficiência de Cu em ruminantes, conhecida como tetania das pastagens</p>
<b>Zinco</b>	<p><b>Deficiência:</b> mais comum em solos alcalinos, de baixa fertilidade natural e que receberam altas doses de calcário</p> <p><b>Sintomas:</b> clorose internerval em folhas novas, com diminuição de tamanho e estreitamento do limbo foliar, além de ramos com internódios mais curtos. Em gramíneas observam-se estrias cloróticas ao longo das nervuras</p> <p><b>Ocorrência mais frequente em:</b> amendoim, café, citros, arroz, cana, milho e outras gramíneas</p> <p><b>Toxicidade:</b> com exceção de áreas contaminadas é pouco frequente a ocorrência de fitotoxicidade de Zn em plantas em condições de campo</p>

#### 4. FERTILIZANTES CONTENDO MICRONUTRIENTES

As principais fontes de micronutrientes para a agricultura são sais solúveis nas formas de sulfato, nitrato e cloreto, quelatos, e aqueles poucos solúveis, como óxidos e carbonatos, os quais podem ser utilizados isoladamente ou incorporados em formulações com macronutrientes. A tabela 3 apresenta os compostos comercializados no Brasil, com os teores mínimos definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A solubilidade em água é um dos principais atributos utilizados para orientar o modo de aplicação. Os sais solúveis em água são as principais fontes de micronutriente para a agricultura brasileira e são recomendados para aplicações no solo, nas folhas, em fertirrigação e

no tratamento de sementes. Os micronutrientes na forma de quelatos, desenvolvidos especialmente para a aplicação via solo, são produtos solúveis que mantêm os metais complexados, protegendo-os de reações que podem reduzir sua disponibilidade no solo. Em muitas situações os fertilizantes quelatizados têm sido utilizados em aplicações foliares à despeito da baixa eficiência. Os fertilizantes sólidos pouco solúveis em água, como os óxidos e carbonatos, são recomendados para a aplicação no solo. Porém, resultados recentes têm demonstrado que algumas formulações são eficientes para a aplicação foliar.

É crescente a incorporação dos micronutrientes em formulações NPK destinadas ao plantio de culturas, pela facilidade de aplicação das pequenas quantidades normalmente necessárias. Contudo, para muitas culturas, a adubação foliar continua sendo a forma mais frequente de fornecimento de micronutrientes devido à uniformidade e maior eficiência da aplicação. Entre os sais solúveis, os nitratos e cloretos são mais rapidamente absorvidos que os sulfatos. Dessa forma, as dosagens de sais de nitratos e cloretos recomendadas devem ser menores do que aquelas com sulfatos para evitar fitotoxicidade. Assim, maior número de aplicações deve ser empregada para fornecer as mesmas quantidades do micronutriente quando a fonte for cloreto ou nitrato.

## 5. FERTILIZAÇÃO COM MICRONUTRIENTES

O fornecimento de micronutrientes para as plantas pode ser realizado: (i) via solo tanto na forma sólida juntamente com formulações NPK, quanto na forma líquida via fertirrigação ou adubação fluida; (ii) via foliar; e (iii) via sementes tanto no tratamento direto quanto no enriquecimento de plantas usadas para produzir sementes. Este é o caso, por exemplo, do molibdênio.

Quando não são observados sintomas visuais de deficiência e os teores de micronutrientes na análise foliar são baixos recomenda-se a adubação de manutenção. Nesses casos, o fornecimento dos micronutrientes pode ser realizado com doses moderadas e de forma preventiva. Em plantas perenes essa aplicação é prática comum. Constatada a deficiência, caracterizada por sintomas severos ou pela análise foliar, recomendam-se doses maiores do micronutriente. Nessa

situação, a preferência deve ser por fertilizantes solúveis e geralmente a correção é feita por aplicações foliares.

A análise química de terra pode ser usada para acompanhar o efeito residual dos micronutrientes no solo. Essa é uma informação importante para culturas que recebem rotineiramente aplicações de defensivos cúpricos ou que contenham outros micronutrientes que possam acumular no solo e causar fitotoxicidade.

Os micronutrientes também podem ser aplicados via fertirrigação, que permite o parcelamento de doses e traz vantagens na uniformidade de aplicação.

O ácido bórico é a fonte mais comum para a adubação de B via solo e foliar, o qual é compatível com a maioria dos defensivos agrícolas. A aplicação de B deve ser feita preferencialmente via solo, pela dissolução de ácido bórico na calda de herbicidas de contato, a forma mais prática e eficiente de aplicação.

Respostas a adubação com Mo são mais frequentes na produção de leguminosas. A forma de aplicação mais eficiente é por meio do tratamento de sementes. Isso só é possível pelas baixas quantidades de Mo exigidas pelas plantas. Aplicações foliares ou juntamente com formulações sólidas também são opções para o fornecimento de Mo.

**Tabela 3.** Principais fontes de micronutrientes utilizados no Brasil e garantias mínimas exigidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Instrução Normativa MAPA nº 39, de 2018)

Nutriente	Fertilizante	Fórmula química	Garantia mínima, %	Solubilidade em água
<b>Boro</b>	Ácido bórico	$H_3BO_3$	17	Solúvel
	Octaborato de sódio	$Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$	20	Solúvel
	Bórax	$Na_2B_4O_7 \cdot nH_2O$	10	Solúvel
	Pentaborato de sódio	$NaB_5O_8 \cdot 5H_2O$	18	Solúvel
	B-MEA	Éster de ácido bórico com monoetanolamina	8	Solúvel
	Ulexita	$NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$	8	Insolúvel
	Colemanita	$CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$ ou $CaB_4O_7 \cdot 15H_2O$	8	Insolúvel
	Hidroboracita	$CaO \cdot MgO \cdot 3B_2O_3 \cdot 6H_2O$	7	Insolúvel
				Continua

**Tabela 3.** Conclusão

<b>Nutriente</b>	<b>Fertilizante</b>	<b>Fórmula química</b>	<b>Garantia mínima, %</b>	<b>Solubilidade em água</b>
<b>Cobre</b>	Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot \text{nH}_2\text{O}$	24	Solúvel
	Nitrito de cobre	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	22	Solúvel
	Cloreto de cobre	$\text{CuCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	20	Solúvel
	Quelato de cobre	Cu solúvel ligado a um agente quelante	5	Solúvel
	Óxido de cobre	$\text{CuO}$	70	Insolúvel
	Carbonato de cobre	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	48	Insolúvel
<b>Ferro</b>	Sulfato de ferro	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	23	Solúvel
	Nitrito de ferro	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	11	Solúvel
	Cloreto de ferro	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	15	Solúvel
	Quelato de ferro	Fe solúvel ligado a um agente quelante	5	Solúvel
	Óxido de ferro	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	45	Insolúvel
	Carbonato de ferro	$\text{FeCO}_3$	41	Insolúvel
<b>Manganês</b>	Sulfato de manganês	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	26	Solúvel
	Cloreto de manganês	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	25	Solúvel
	Nitrito de manganês	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	16	Solúvel
	Óxido de manganês	$\text{MnO}$	50	Insolúvel
	Carbonato de manganês	$\text{MnCO}_3$	40	Insolúvel
	Quelato de manganês	Mn solúvel ligado a agente quelante	5	Solúvel
<b>Molibdênio</b>	Molibdato de amônio	$(\text{NH}_4)_6\text{MoO}_7 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	52	Solúvel
	Molibdato de sódio	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	39	Solúvel
	Molibdato de potássio	$\text{K}_2\text{MoO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	28	Solúvel
	Trióxido de molibdênio	$\text{MoO}_3$	57	Insolúvel
<b>Zinco</b>	Sulfato de zinco	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20	Solúvel
	Sulfato de zinco anidro	$\text{ZnSO}_4$	35	Solúvel
	Nitrito de zinco	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	18	Solúvel
	Cloreto de zinco	$\text{ZnCl}_2$	24	Solúvel
	Quelato de zinco	Zn solúvel ligado a um agente quelante	7	Solúvel
	Borato de zinco	$2\text{ZnO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot \text{nH}_2\text{O}$	29 Zn 14 B	Pouco Solúvel
	Óxido de zinco	$\text{ZnO}$	72	Insolúvel
	Carbonato de zinco	$\text{ZnCO}_3$	49	Insolúvel

## 2.8. MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO EM SOLOS TROPICAIS

---

José Antonio Quaggio (¹)

Dirceu Mattos Jr. (¹)

Luiz Antonio Junqueira Teixeira (¹)

Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

### 1. INTRODUÇÃO

**F**ertirrigação é a aplicação de fertilizantes dissolvidos na água de irrigação, prática recente em solos tropicais, que cresce significativamente no Brasil. É empregada em culturas frutíferas, café, cana-de-açúcar e hortaliças, no campo ou em ambiente protegido. A fertirrigação viabiliza o fornecimento de nutrientes às plantas, maximizando a eficiência dos fertilizantes e, ao mesmo tempo, atende com precisão às necessidades nutricionais no momento e nas quantidades exigidas no ciclo das culturas.

A citricultura brasileira tem cerca de 120 mil hectares sob irrigação, que representam 30% do ambiente de produção do cinturão citrícola brasileiro do estado de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro, onde a maior parte desta área conta com algum tipo de fertirrigação. Mudanças no uso de porta-enxertos, principalmente com a substituição do limão Cravo por cultivares mais sensíveis ao déficit hídrico, impulsionaram o avanço da irrigação nos pomares.

Na cafeicultura, a área irrigada e fertirrigada ultrapassa 200 mil hectares, distribuída nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Como a cultura do café é também sensível ao estresse hídrico durante a floração e fixação dos frutos, essa prática tem proporcionado ganhos de produtividade e qualidade dos frutos, o que resulta em bebida superior.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Técnicas modernas de irrigação têm facilitado a adoção da fertirrigação, especialmente para culturas perenes, que pode ser feita por meio de equipamentos de pivô central, microaspersores ou tubos gotejadores enterrados ou de superfície. Entretanto, na busca da eficiência de uso de água, a irrigação localizada, por microaspersão e principalmente por gotejamento, tem acelerado a adoção de fertirrigação para várias culturas, desde frutíferas até cana-de-açúcar.

A fertirrigação permite maior uniformidade de distribuição de água e de nutrientes no solo. Contudo, o manejo da irrigação é fundamental para minimizar a percolação da água abaixo da profundidade de enraizamento das culturas e, assim, reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação.

Entre as vantagens da fertirrigação destacam-se: a) facilidade de aplicação de nutrientes na quantidade e momento certos para atender à demanda das plantas nos estágios fenológicos da cultura; assim, nutrientes, em diferentes combinações, podem ser aplicados até diariamente; b) ganhos de eficiência de uso de nutrientes em relação aos fertilizantes sólidos e solúveis tradicionais devido ao melhor sincronismo entre demanda e suprimento de nutrientes e também à redução das perdas de nutrientes por lixiviação ou volatilização, especialmente no caso do nitrogênio e c) melhor localização e uniformidade de distribuição dos fertilizantes junto às raízes e ausência de segregação de nutrientes, quando comparado com o uso de misturas de fertilizantes granulados aplicados sobre o solo com máquinas. Além disso, a fertirrigação reduz o custo com operações mecanizadas e a compactação do solo, minimizando o tráfego de equipamentos pesados no campo para a distribuição dos fertilizantes, como também reduz gastos com mão de obra devido à facilidade operacional e ao emprego de equipamentos de automação.

Na fertirrigação é possível aplicar nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), além do magnésio (Mg), cálcio (Ca) e enxofre (S), e micronutrientes, incluindo boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn). A principal vantagem da aplicação dos fertilizantes via fertirrigação é que os nutrientes são aplicados em solução, assim, imediatamente disponíveis às plantas.

As fontes mais comuns de nutrientes utilizados na fertirrigação, e compatibilidade entre fertilizantes são apresentadas nas tabelas 1 e 2.

É importante observar a compatibilidade entre os fertilizantes para fertirrigação para evitar a precipitação e o entupimento das linhas de irrigação. Esses problemas são também associados à má qualidade da água, sejam pelo excesso de ferro ou presença de carbonato, ou pelo crescimento microbiano, especialmente algas. Por essas razões, as linhas de irrigação precisam ser lavadas por pelo menos 30 minutos após a aplicação de nutrientes. Periodicamente, é necessário fazer a limpeza do sistema de irrigação com cloro ou hipoclorito de sódio na concentração de 2,0 mg L<sup>-1</sup>, de preferência junto ao ácido fosfórico na concentração de 1,0 mg L<sup>-1</sup>, cuja frequência depende da qualidade da água. É recomendável aplicar esses produtos no final da tarde para que possam reagir durante a noite, até o próximo ciclo de aplicação, com os diversos sedimentos dentro das tubulações e emissores de irrigação. Na manhã seguinte deve-se aplicar apenas água e abrir os finais das linhas de irrigação para que os sedimentos deixem as tubulações.

A irrigação por pivô central para culturas anuais ou perenes também propicia o uso de fertirrigação. Com esse equipamento, os nutrientes são aplicados na superfície da folhagem das plantas, o que torna necessário usar alta diluição para evitar injúrias às folhas. Após a aplicação da solução de nutrientes é necessário aplicar água suficiente para lavar as folhas do excesso de nutrientes. A fertirrigação por pivô é um meio conveniente de aplicação de nutrientes em áreas extensas - 80 a 140 ha - sem custo adicional para a aplicação de fertilizantes. Como as lâminas de irrigação são geralmente maiores nesse sistema do que naquele localizado, a irrigação deve ser calculada para evitar a perda de água e nutrientes abaixo da zona radicular.

Neste capítulo são resumidos os avanços da fertirrigação em solos tropicais, com ênfase em culturas com amplo uso de fertirrigação tais como citros, banana e café. Ademais, as informações aqui descritas podem ser facilmente adaptadas para outras culturas.

**Tabela 1.** Garantias mínimas dos principais fertilizantes utilizados para fertirrigação e preparo de soluções nutritivas usadas em hidroponia, de acordo com a Instrução Normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018, do MAPA

Fertilizante	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
garantia mínima, %							
<b>Nitrogenados</b>							
Nitrato de cálcio	14	-	-	-	16	-	-
Nitrato de amônio	16	16	-	-	-	-	-
Nitrato de magnésio	10	-	-	-	-	8	-
Sulfato de amônio	-	20	-	-	-	-	22
Ureia	45	-	-	-	-	-	-
<b>Fosfatados</b>							
Fosfato monoamônico purificado (MAP cristal)	11	-	60	-	-	-	-
Fosfato monopotássico (MKP)	-	-	51	33	-	-	-
*Ácido fósforico (85%; d = 17)	-	-	46	-	-	-	-
<b>Potássicos</b>							
Cloreto de potássio (branco)	-	-	-	50	-	-	-
Nitrato de potássio	12	-	-	44	-	-	-
Sulfato de potássio	-	-	-	48	-	-	15
<b>Macros secundários</b>							
Cloreto de cálcio	-	-	-	-	24	-	-
Cloreto de magnésio	-	-	-	-	-	10	-
Sulfato de magnésio	-	-	-	-	-	9	11
Micronutrientes	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Outros
garantia mínima, %							
Ácido bórico	17	-	-	-	-	-	-
Octaborato de sódio	20	-	-	-	-	-	-
Sulfato de cobre	-	24	-	-	-	-	11 (S)
Nitrato de cobre	-	22	-	-	-	-	9 (N-NO <sub>3</sub> )
Cloreto de cobre	-	20	-	-	-	-	23 (Cl)
Quelato de cobre	-	5	-	-	-	-	-
Sulfato ferroso	-	-	19	-	-	-	10 (S)
Quelato de ferro	-	-	5	-	-	-	-
Sulfato de manganês	-	-	-	26	-	-	16 (S)
Nitrato de manganês	-	-	-	16	-	-	8 (N-NO <sub>3</sub> )

Continua

**Tabela 1.** Conclusão

Micronutrientes	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Outros
Cloreto de manganês	-	-	-	25	-	-	32 (Cl)
Quelato de manganês	-	-	-	5	-	-	-
Molibdato de amônio	-	-	-	-	52	-	5 (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
Molibdato de sódio	-	-	-	-	39	-	-
Sulfato de zinco	-	-	-	-	-	20	9 (S)
Cloreto de zinco	-	-	-	-	-	24	26 (Cl)
Nitrato de zinco	-	-	-	-	-	18	8 (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
Quelato de zinco	-	-	-	-	-	7	-

\* Classificado pelo MAPA como aditivos para uso em fertilizantes minerais (IN 39 de 2018). Legenda: d = densidade em g L<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Compatibilidade entre fertilizantes minerais solúveis para uso em fertirrigação

Fertilizante	Ureia	Nitrato de amônio	Sulfato de amônio	Nitrato de cálcio	Nitrato de potássio	Cloreto de potássio	Sulfato de potássio	Fosfato monoamônico (MAP)	Sulfato de magnésio	Ácido fosfórico	Ácido nítrico	Sulfato de Fe, Zn, Cu ou Mn
<b>Nitrato de amônio</b>	O											
<b>Sulfato de amônio</b>	O	O										
<b>Nitrato de cálcio</b>	O	O	X									
<b>Nitrato de potássio</b>	O	O	O	O								
<b>Cloreto de potássio</b>	O	O	O	O	O							
<b>Sulfato de potássio</b>	O	O	CL	X	O	CL						
<b>Fosfato monoamônico (MAP)</b>	O	O	O	X	O	O	O					
<b>Sulfato de magnésio</b>									X			
<b>Ácido fosfórico</b>	O	O	O	X	O	O	O	O	O			
<b>Ácido nítrico</b>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O		
<b>Sulfato de Fe, Zn, Cu, ou Mn</b>	O	O	O	X	O	O	CL	X	O	O	O	O
<b>Quelato de Fe, Zn, Cu ou Mn</b>	O	O	O	CL	O	O	O	CL	O	CL	X	O

O = compatível; X = incompatível e CL= compatibilidade limitada.

## 2. EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTES

### 2.1. CITROS

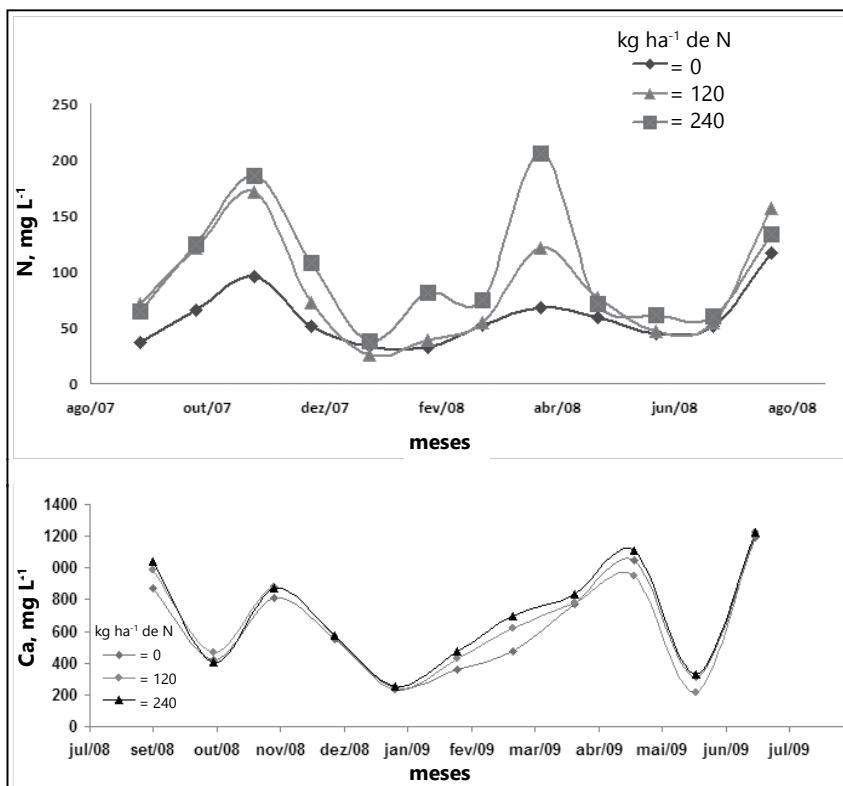
#### 2.1.1. DEMANDA DOS CITROS POR NUTRIENTES

A fertirrigação permite aplicações frequentes de nutrientes no pomar. Para tanto, é importante o emprego de critérios diagnósticos sensíveis às variações da disponibilidade de nutrientes no solo para o ajuste da quantidade de fertilizantes, conforme a demanda da planta. Isso pode ser feito com o monitoramento da concentração de nutrientes na solução do solo, que geralmente apresenta variação temporal, como também com a análise do extrato de seiva, que é eficiente para avaliar o estado nutricional atual da planta.

Por exemplo, as curvas de concentração de N e Ca no extrato de seiva da laranjeira demonstram a demanda nutricional da planta em diferentes estágios fenológicos (Figura 1). Esses resultados foram obtidos em experimento de longa duração, com monitoramento mensal das laranjeiras Hamilin e Valêncica que receberam a aplicação de doses de N e K via fertirrigação (Souza et al., 2012).

Observa-se que, mesmo sem a aplicação de fertilizante nitrogenado, existem dois picos de demanda por N, sendo que o primeiro ocorre entre outubro e novembro, período da floração das laranjeiras em São Paulo, e o segundo entre março e abril, período da diferenciação floral, ou seja, quando a planta transforma os órgãos vegetativos em reprodutivos, que irão produzir flores e depois frutos na próxima safra. Esses são momentos críticos na definição da produção de frutos das plantas, quando se deve evitar déficit hídrico e de nutrientes.

Embora, apenas as doses de N tenham variado no estudo, verifica-se que os picos de concentração de Ca no extrato de seiva ocorreram em sincronismo com aqueles de N. Isso se dá em função do equilíbrio estreito da absorção de Ca e N nos citros, e mostra que a planta começa a absorver mais Ca para acumular o nutriente nos tecidos reprodutivos desde o verão.



**Figura 1.** Curvas de concentração de nitrogênio e cálcio no extrato de seiva das laranjeiras Valencia e Hamilin, em diferentes estágios fenológicos, em resposta à aplicação de doses de N (Souza et al., 2012).

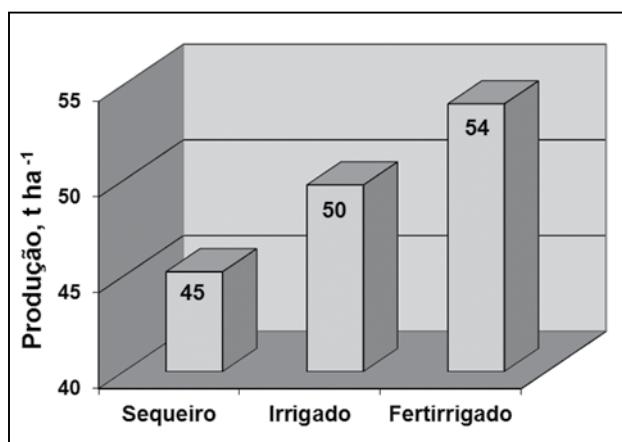
Com base nestes resultados, recomenda-se que sejam fornecidos 60% do N e do Ca via fertirrigação, logo após a quebra de dormência até o final de novembro e, 40% restantes de fevereiro até o final de abril.

### 2.1.2. EFICIÊNCIA DE USO DE NUTRIENTES NA CITRICULTURA

A eficiência de uso de nutrientes (EUN) é definida como a quantidade de frutos produzidos por unidade de nutriente aplicado. Os primeiros estudos sobre fertirrigação conduzidos pelo Instituto

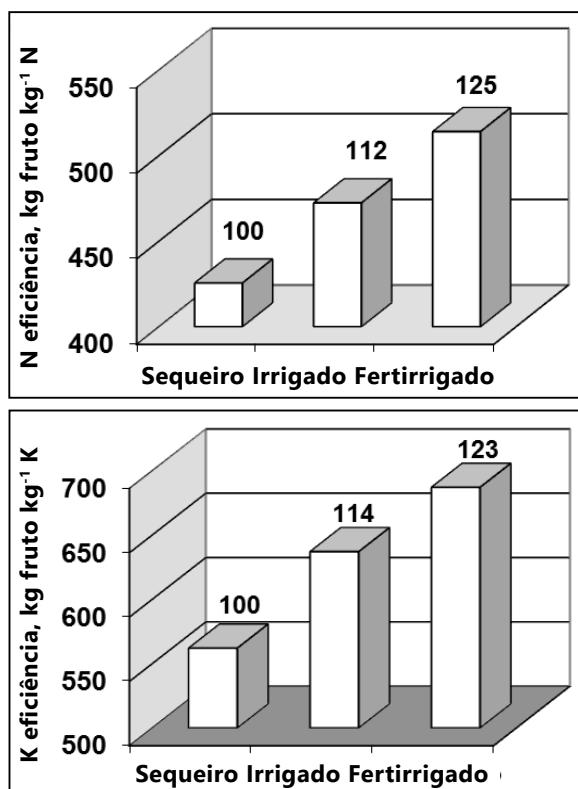
Agronômico tiveram o objetivo verificar se as doses recomendadas para a citricultura, empregando-se fertilizantes minerais sólidos, seriam ajustadas também às culturas em sistemas de fertirrigação. O uso de fertirrigação resulta em maior eficiência na absorção de fertilizantes e no uso da água, maior tempo de residência dos nutrientes na zona radicular e redução do potencial de perda de N em subsuperfície (Mattos Jr. et al., 2020). Assim, estudos já demonstraram, em comparação com a aplicação convencional no solo, que a fertirrigação pode favorecer o crescimento de árvores, bem como a produtividade de frutos com menor quantidade de fertilizante. Morgan et al. (2009) demonstraram que a EUN aumenta em cerca de 24% com aplicações semanais do nutriente via fertirrigação. Detalhes sobre o assunto foram apresentados por Alva et al. (2008).

Quaggio et al. (2019) realizaram estudo com laranjeira Natal conduzido por dez anos, para avaliar a produtividade e a eficiência de uso de N a ( $160 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e de K ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) aplicados via adubos sólidos (nitrato de amônio e cloreto de potássio), sem irrigação ou irrigados em comparação com a fertirrigação. Os autores demonstraram ganhos de eficiência na ordem de 12% a 25% para a fertirrigação (Figuras 2 e 3).



**Figura 2.** Produtividades de laranjeiras comparando a adubação sólida convencional, aplicada nos tratamentos de sequeiro ou irrigado, com a adubação aplicada via fertirrigação. Valores médios de quatro safras (adaptado de Quaggio et al., 2019).

Por esta razão, e também pela coerência com a literatura internacional, recomenda-se a redução de 20% nas doses anuais de N e K para o pomar, quando esses nutrientes são aplicados via fertirrigação, em relação às doses de nutrientes recomendadas para adubação sólida sem irrigação, observando-se as quantidades extraídas de nutrientes pela colheita de frutos, cuja produção pode aumentar quando comparado ou irrigado com o sequeiro. Caso, seja feita apenas a irrigação localizada com a adubação sólida, pode-se reduzir as doses de N e K em 10% em relação às recomendadas sem irrigação.



**Figura 3.** Eficiência de uso de nitrogênio e potássio em adubação sólida convencional, aplicada nos tratamentos de sequeiro ou irrigado em comparação com a fertirrigação. Valores médios de quatro safras (adaptado de Quaggio et al., 2019).

A forma de distribuição da água de irrigação e a superfície molhada também interferem na EUN. Schumann et al. (2003) compararam três áreas de cobertura de irrigação de laranjeiras por microaspersão, de 1,5, 3,0, e 4,5 m de diâmetro por árvore, onde todos os aspersores tinham a mesma vazão ( $37,8 \text{ L h}^{-1}$ ) de água. Independentemente da área de cobertura, a taxa de aplicação de água por unidade de área diminuía com um aumento na área molhada; portanto, foi mantida a mesma lâmina de irrigação. Foram avaliadas também duas doses de N ( $134$  e  $190 \text{ kg ha}^{-1}$ ) via fertirrigação, em 15 aplicações anuais. Os autores verificaram que o aumento da área molhada diminui a quantidade de nutrientes aplicada por unidade de área em cada fertirrigação. No tratamento com maior área molhada (4,5 m de diâmetro), parte dos nutrientes pode ter sido aplicada fora da região de maior concentração de raízes, resultando assim em menor eficiência de uso de N.

Esses resultados são coerentes com aqueles obtidos por Pires e Quaggio (IAC), em solo arenoso da região de Boa Esperança (SP), com a variedade Pera sobre Sunki, com idade inicial de dois anos. Nesse experimento foi mantida a mesma lâmina de irrigação e as mesmas doses de N, P e K porém aplicadas em áreas de molhamento que variaram desde 8,7% até 21,5% da área total do talhão. Os resultados foram comparados com o tratamento sem irrigação. Dados, na média das três primeiras colheitas, indicaram que o tratamento com duas linhas de gotejamento, com área irrigada de 16,6%, a produção de frutos foi superior aos demais tratamentos devido, provavelmente, à maior eficiência de uso de água e nutrientes em zonas com maior concentração de raízes (Tabela 3).

**Tabela 3.** Produção da laranjeira Pera nas primeiras safras em função da irrigação localizada com diferentes áreas de molhamento [Pires e Quaggio (IAC), projeto-piloto, Boa Esperança (SP)]

<b>Sistema de irrigação</b>	<b>Área molhada do talhão</b>	<b>Safras</b>			<b>Ganho de produção</b>
		<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	
	%		t ha <sup>-1</sup>		%
1 linha gotejador	8,7	23 a*	49 cd	51 a	108
2 linhas gotejadores	16,6	26 a	61 a	52 a	125
4 linhas gotejadores	21,5	22 a	55 ab	53 a	116
Microaspersor	15,0	22 a	53 bc	55 a	117
Sequeiro	0	22 a	48 d	41 b	100
CV%		13	5	12	

\* Médias na coluna seguidas de mesma letra não diferem pelo método estatístico (Tukey, 5%).

A distribuição de nutrientes no perfil do solo e em relação à distância do ponto de emissão em sistema de irrigação e fertirrigação com uma linha de gotejadores, duas linhas e microaspersão foi estudada por Laurindo et al. (2010). Em todos os tratamentos da pesquisa foram empregadas a mesma lâmina de água e doses de nutrientes. Os resultados mostraram que o uso apenas de uma linha de gotejadores provoca concentração de P próximo ao ponto de emissão ou no bulbo molhado em relação à duas linhas de gotejadores e principalmente em relação à microaspersão. Além disso, com uma linha de gotejadores, ocorre maior aprofundamento do P aplicado no perfil do solo. Por outro lado, a microaspersão apresenta comportamento semelhante ao que ocorre com aplicação de P em superfície via adubação sólida convencional, na qual há distribuição do P numa área maior e concentração do nutriente na superfície do solo.

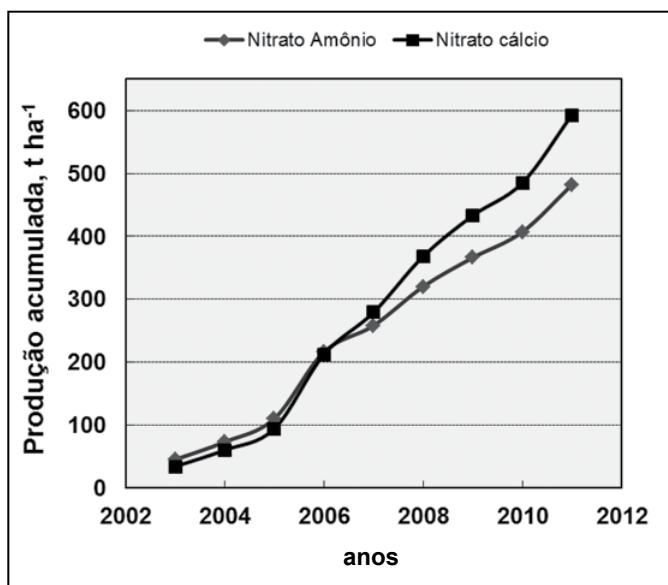
A maior concentração e o maior aprofundamento de P no perfil do solo próximo à linha de emissores na fertirrigação por gotejamento resulta em maior eficiência de uso desse nutriente (Quaggio et al., 2019); a distribuição das formas de P no solo com a fertirrigação ocorre com maior participação de fosfato monocálcio em relação à adubação sólida, forma preferencialmente absorvida pelas plantas.

A acidez excessiva do bulbo, causada com o uso de fontes de N acidificantes do solo, pode também ser verificada pela variação da concentração de Ca, que é menor quanto menor a distância do ponto de emissão de água e fertilizantes no solo, em sistema de gotejamento de uma linha, em comparação com duas linhas de gotejadores ou microaspersão. Da mesma forma, as concentrações de Mg também diminuem no solo (Laurindo et al., 2010).

Esses resultados indicam que a acidificação e a perda de bases no sistema de fertirrigação comprometem a sustentabilidade desse sistema nos solos tropicais, principalmente com o uso de fertilizantes nitrogenados com maior potencial de acidificação, como o sulfato de amônio, a ureia e o nitrato de amônio.

O processo de acidificação em fertirrigação é o mesmo, e mais intenso, que acontece quando fertilizantes convencionais são aplicados no solo. A aplicação de corretivos de acidez pode resolver o problema da acidificação do solo. Porém, em fertirrigação, isto nem sempre é simples. O bulbo úmido, onde as raízes se concentram, geralmente representa um volume restrito de solo, que se estende em profundidade e sob a copa das árvores. O pH em um bulbo úmido acidificado por ação de fertilizantes nitrogenados pode atingir valores de 4 ou até abaixo. Este volume de solo recebe os investimentos - água e fertilizantes, mas o ambiente químico desfavorável pode reduzir o crescimento radicular e a absorção de nutrientes. Devido à localização e extensão da acidificação, corrigir a acidez do bulbo úmido é um desafio. Assim, é importante, no manejo da fertirrigação, evitar que a acidificação excessiva ocorra.

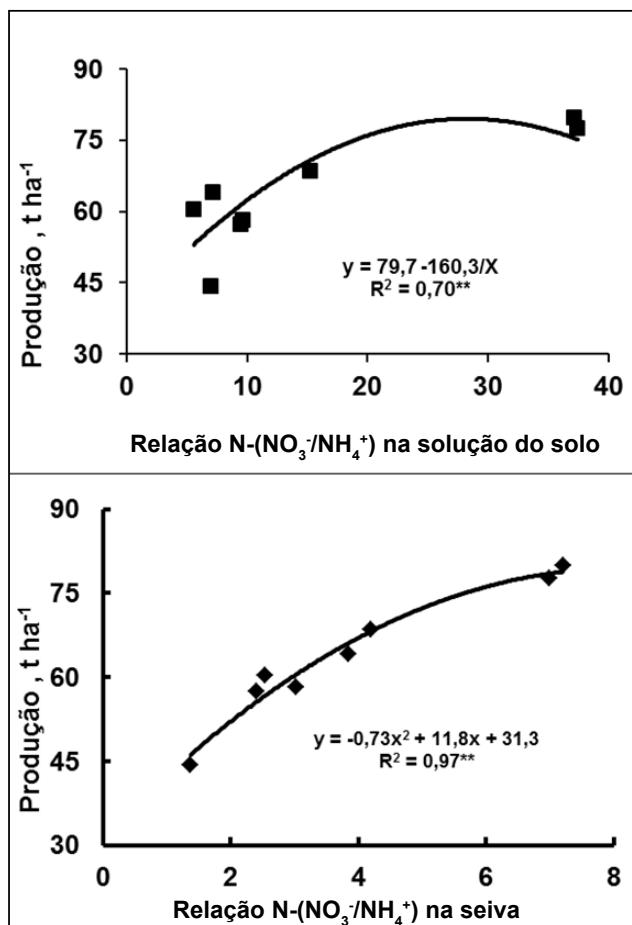
Por esta razão, Quaggio et al. (2014) estudaram, em um experimento de longa duração, as respostas da laranjeira Valênci sobre Swingle, com idade inicial de três anos, as curvas de resposta ao N usando o nitrato de amônio ou o nitrato de cálcio. Nos primeiros três anos de experimento as diferenças entre as fontes de N foram modestas devido ao bom preparo inicial e correção da acidez do solo, tanto com a calagem em área total como aquela também no sulco de plantio. Isso foi suficiente para manter a acidez do solo em níveis toleráveis pela laranjeira nos três primeiros anos. Porém, nos anos subsequentes, mesmo as aplicações a cada dois anos de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, não foram suficientes para manter a produtividade das plantas que receberam nitrato de amônio como fonte de N (Figura 4).



**Figura 4.** Produção acumulada de pomar de laranja Valência, em 10 anos, em função da aplicação de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de nitrato de amônio ou nitrato de cálcio (Quaggio et al., 2014)

Ganhos de produtividade puderam ser explicados pelo melhor equilíbrio iônico das plantas, ou seja, melhor balanço entre cátions e ânions absorvidos. Observa-se que a produção da laranjeira cresce com o aumento da relação N-(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) medida tanto na solução do solo como no extrato de seiva das plantas (Figura 5). O aumento dessa relação eleva o suprimento de N na forma nítrica o que proporciona maior absorção de cátions como Ca, Mg e K e menor acidificação do bulbo úmido, o que resulta em maior produtividade das plantas e sustentabilidade da fertirrigação na citricultura em solos tropicais.

Portanto, para aumentar a EUN e garantir altas produtividades dos pomares é fundamental o uso, em fertirrigação, de pelo menos 60% da dose de N por meio de fontes de nitrogênio na forma nítrica, evitando o uso exclusivo de N na forma amídica/amoniacal, como a ureia ou o nitrato de amônio. No caso dos citros, a melhor fonte de N é o nitrato de cálcio, que além de não ser fonte acidificante, também fornece Ca em forma prontamente disponível às plantas.



**Figura 5.** Produtividade da laranjeira Valênciá em função da relação N-(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) medida na solução do solo, como no extrato de seiva das plantas (médias de quatro safras) (Quaggio et al., 2014).

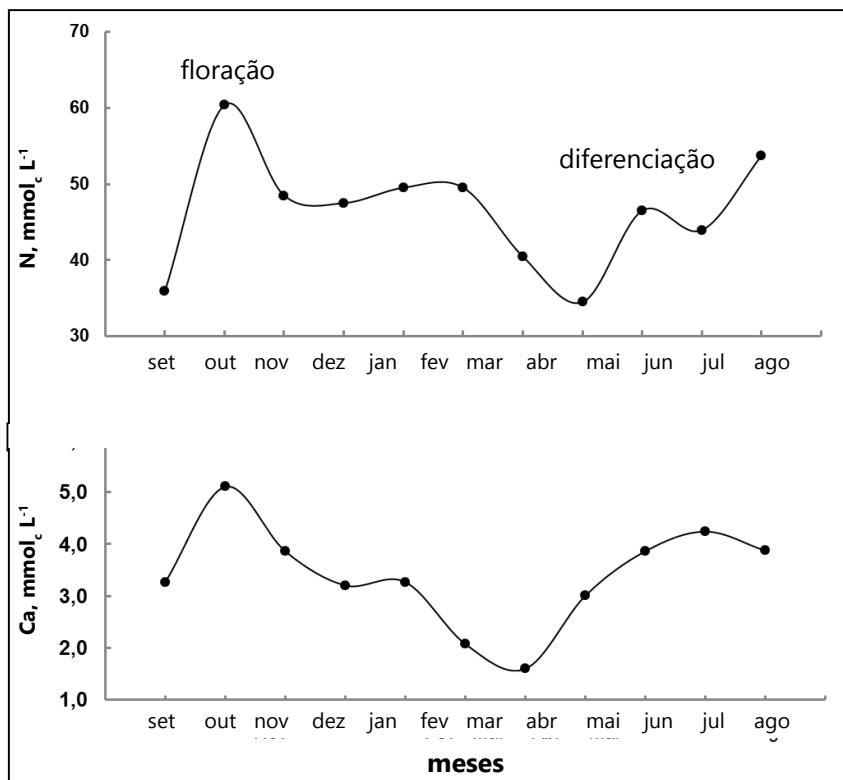
## 2.2. CAFÉ

### 2.2.1. DEMANDA DO CAFEEIRO POR NUTRIENTES

A demanda nutricional do cafeiro é semelhante à dos citros, ou seja, verificam-se também dois picos de absorção de nutrientes

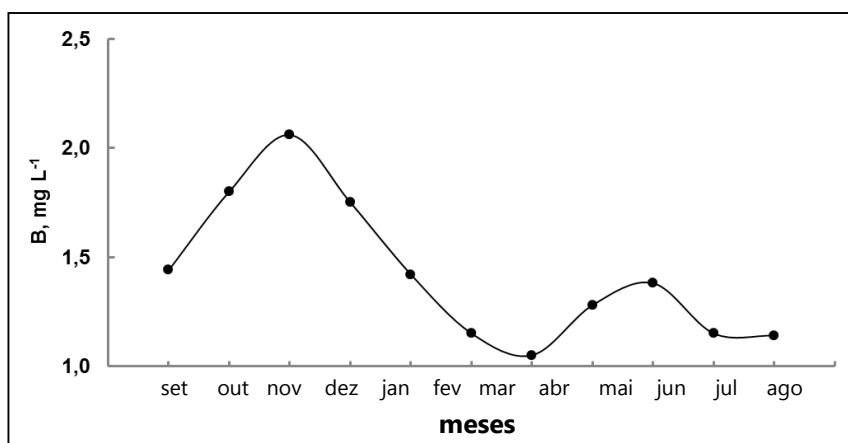
mais importantes, sendo o principal durante a floração e o segundo durante a diferenciação floral (Figura 6). Observa-se também no cafeeiro o sincronismo na absorção de N e Ca. Isso mostra que o bom manejo das adubações do cafeeiro depende do bom suprimento desses dois nutrientes.

Com base nesses dados, recomenda-se que, em culturas fertirrigadas, 60% do N e do Ca sejam fornecidos após a quebra de dormência até final de novembro e os 40% restantes de fevereiro até o final de abril. Dessa forma os tecidos vegetais que irão produzir a próxima safra serão bem supridos com nutrientes fundamentais para a fixação dos frutos.



**Figura 6.** Demanda do cafeeiro por nitrogênio e cálcio em diferentes estágios fenológicos (Quaggio e colaboradores; dados dos autores).

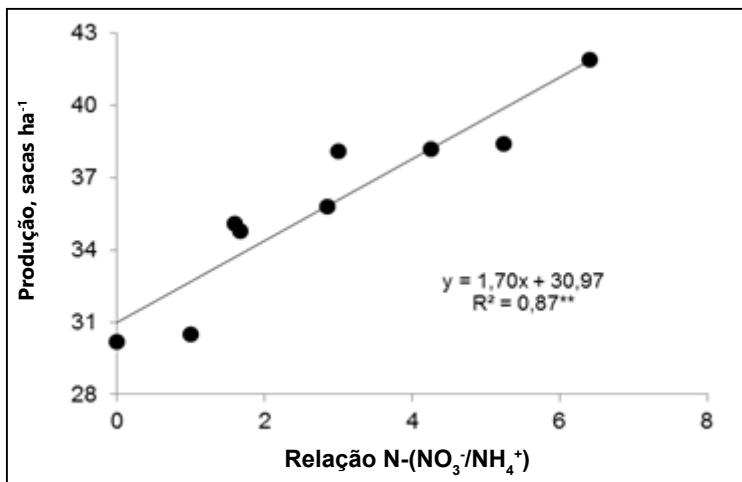
O boro (B), que é um nutriente importante para o cafeeiro, especialmente nas cultivares de porte baixo, no mesmo experimento anterior, apresentou também dois picos de demanda semelhantes aos do N e do Ca. É importante observar que a concentração de B no extrato de seiva aumenta tanto na floração como na diferenciação floral. Por essa razão, o mercado de fertilizantes foliares insiste no uso da aplicação foliar de Ca e B durante a floração com objetivo de melhorar a fixação de frutos na florada. Contudo, a resposta à aplicação foliar é pequena, pois a forma mais eficiente de suprir os tecidos reprodutivos com Ca e B é por meio da absorção pelas raízes conforme a demanda da planta (Figuras 6 e 7).



**Figura 7.** Demanda do cafeeiro por boro em diferentes estágios fenológicos (Quaggio e colaboradores; dados dos autores).

Cafeeiros fertirrigados têm produtividade elevada o que exige doses proporcionais de nutrientes para sustentarem a produção. Doses de N acima de  $350 \text{ kg ha}^{-1}$  são frequentes e, por essa razão, a principal causa da acidificação do solo na cultura do café é decorrente do uso de fertilizantes nitrogenados com alto potencial de acidificação, como o sulfato e o nitrato de amônio, e a ureia. Além da acidificação resultante do processo de nitrificação no solo, esta ocorre também pelo desbalanço da absorção de cátions e ânions pelas raízes, que leva a planta a liberar  $\text{H}^+$  por exsudações radiculares a fim de manter o equilíbrio iônico em seus tecidos.

Resultados de quatro safras demonstraram que a relação N-(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) tem implicação direta para a produtividade do cafeeiro (Figura 8), o que decorre da menor acidificação do solo, preservando o sistema radicular da planta, que é ainda afetado pelo excesso de manganês, bastante nocivo ao cafeeiro, causando escaldadura de folhas e forte redução da folhagem e da produtividade na safra seguinte.



**Figura 8.** Produtividade média do cafeeiro fertirrigado com diferentes fontes de nitrogênio em função da relação N-(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) nas quatro primeiras safras após o plantio (Quaggio e colaboradores; dados dos autores).

O estudo acima tem permitido outras observações importantes. Por exemplo, o exame das plantas no campo mostrou que tratamentos com relação N-(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) acima de 4:1 e com pelo menos 50% das doses de K na forma de nitrato de potássio, ao invés do cloreto de potássio, apresentaram enfolhamento muito melhor após a colheita, mesmo após o ano de safra alta. Tal fato sugere que é possível reduzir a alternância da produção da cultura com o ajuste nas fontes de N e redução na aplicação do cloreto (Cl), a cujo excesso o cafeeiro é bastante sensível. Ademais, a substituição de cloreto de potássio por nitrato de potássio contribui de modo acentuado para a melhoria na qualidade de bebida do café. Portanto, a redução da dose de cloreto aplicada, além dos efeitos positivos sobre a resposta da planta, tais como, melhor

enfolhamento devido à menor incidência de escaldadura de folhas, também gera aumento do valor agregado do café de alta qualidade.

## 2.3. BANANA

### 2.3.1. DEMANDA DA BANANEIRA POR NUTRIENTES

A bananeira cresce rapidamente e acumula quantidades elevadas de nutrientes na biomassa. As estimativas das necessidades nutricionais das plantas variam bastante em função das cultivares, condições de cultivo e, especialmente, do rendimento do bananal. Dados das cultivares do subgrupo Cavendish, Nanicão e Grand Naine, cultivados no estado de São Paulo foram compilados por Teixeira et al. (2008) (Tabela 4). O acúmulo de nutrientes também apresenta variação significativa em função da produtividade do bananal, com destaque para exigência de K que pode atingir mais de 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Tabela 5).

**Tabela 4.** Exportação de macro e micronutrientes pelos cachos e produtividade de bananeira do subgrupo Cavendish com 2.000 famílias por hectare

Variável	Média	Mínimo	Máximo	Desvio-padrão	Média	Mínimo	Máximo	Desvio-padrão
kg ha <sup>-1</sup>								
<b>N</b>	68	22	137	21,4	1,75	0,87	2,59	0,317
<b>K</b>	182	31	375	65,5	4,50	3,01	6,89	0,569
<b>P</b>	8	2	16	2,9	0,20	0,12	0,31	0,035
<b>Ca</b>	6	1	21	3,2	0,14	0,03	0,37	0,055
<b>Mg</b>	10	3	23	3,2	0,24	0,15	0,35	0,032
<b>S</b>	3	1	6	1,1	0,09	0,05	0,12	0,013
g ha <sup>-1</sup>								
<b>B</b>	89	25	260	40,5	2,23	0,63	4,06	0,664
<b>Cu</b>	25	4	69	9,6	0,67	0,23	2,19	0,304
<b>Fe</b>	147	20	890	123,8	3,82	0,53	25,05	2,889
<b>Mn</b>	191	32	783	143,1	5,03	0,56	21,26	3,616
<b>Zn</b>	68	17	202	33,1	1,68	0,80	5,54	0,624
t ha <sup>-1</sup>								
<b>Produti-vi-dade</b>	40,1	9,8	73,6	13,0				

**Tabela 5.** Acúmulo médio de nutrientes na biomassa de bananal do subgrupo Cavendish com 2.000 famílias por hectare em função da produtividade

<b>Produtividade</b> t ha <sup>-1</sup>	<b>N</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>
		kg ha <sup>-1</sup>	
15	84	218	15
25	132	420	26
35	164	595	39
45	208	757	46
55	231	942	57
65	273	1108	69

Diferentemente de outras frutíferas, o manejo da fertirrigação de um bananal em produção dificilmente pode ser feito de acordo com a fenologia das plantas, exceto no primeiro ciclo de produção. Num mesmo talhão, é comum haver plantas em pleno crescimento vegetativo, outras emitindo a inflorescência e aquelas ainda iniciando o enchimento dos frutos, o que dificulta a adequação do fornecimento de nutrientes de acordo com a demanda específica de cada fase. Entretanto, o manejo da fertirrigação pode ser feito variando a proporção de N e K sazonalmente. Em épocas de maior temperatura, quando o crescimento vegetativo se acelera com maior emissão de folhas, aumenta-se a proporção de N. Por outro lado, no inverno, a demanda por N diminui proporcionalmente à temperatura, mas a necessidade de K aumenta.

### 2.3.2. FERTIRRIGAÇÃO E EFEITOS EM CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO

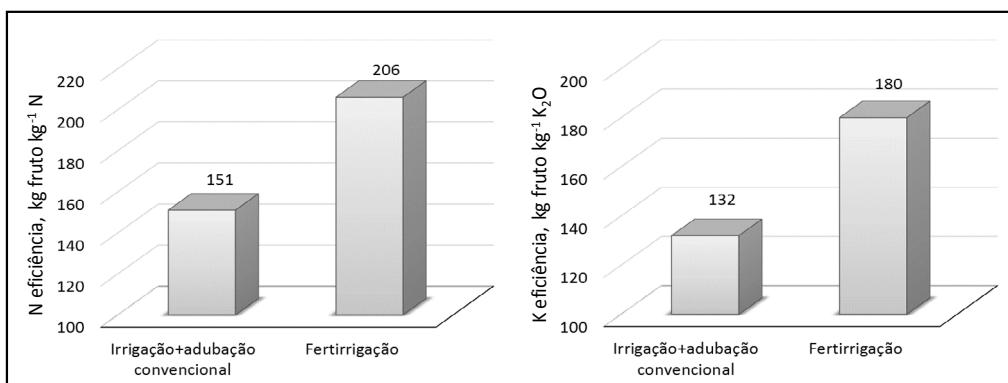
Nas condições de cultivo da bananeira no Planalto Paulista (clima tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno) observa-se que a adubação nitrogenada com nitrato de amônio, tanto via fertirrigação como via adubação sólida em superfície, causa acidificação na camada de 0 a 20 cm de profundidade do solo. A diminuição no pH do solo é diretamente proporcional à dose de N aplicada, entretanto, em decorrência do método de aplicação da adubação, a acidificação do solo ocorre mais difusa com a fertirrigação do que com a aplicação convencional (Teixeira et al., 2007).

O K é o nutriente mais requerido pela bananeira e juntamente com o N são os mais utilizados na fertirrigação desta cultura. A distribuição e movimentação de K no solo variam conforme a forma de aplicação do adubo. Assim, a adubação potássica convencional causa acúmulo de K nas camadas superficiais do solo e na área mais próxima das plantas, enquanto com a fertirrigação (via gotejamento), há maior movimentação de potássio no perfil do solo.

### 2.3.3. FERTIRRIGAÇÃO E EFEITOS NA PLANTA

A fertirrigação em bananeira permite que a EUN dos fertilizantes nitrogenados e potássicos seja aumentada em relação à adubação convencional. Em experimento realizado no Planalto Paulista com “Nanicão”, com aplicação de aproximadamente 80% da dose recomendada de N e K, foi possível atingir produção equivalente a 100% da dose via adubo sólido, correspondente a  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Isso significa que a EUN foi aumentada com a fertirrigação em relação à adubação sólida convencional.

A possibilidade de otimizar a quantidade de adubo aplicado via fertirrigação, em comparação com a adubação convencional em bananeiras, também foi comprovada em condições de cultivo na Índia (Srinivas, 1997) e Austrália (Stewart et al., 1998; Hagin e Tucker, 1982). Esse fato se deve ao melhor aproveitamento dos fertilizantes quando aplicados junto à irrigação. Assim, a fertirrigação pode contribuir para a redução de impactos ambientais adversos da adubação e aumentar a rentabilidade da produção. Para uma produção em torno de  $40 \text{ t ha}^{-1}$  de frutos, observa-se um aumento da eficiência fertilizante para N e K superior a 30% somente em função dessa prática (Figura 9).



**Figura 9.** Índice de eficiência fertilizante para N (esquerda) e K (direita) aplicados em bananeira “Nanicão” sob irrigação e adubação sólida convencional comparado à fertirrigação.

Com a aplicação de cerca de 80% da dose recomendada de N é possível atingir teor foliar deste nutriente equivalente ao obtido com 100% da dose aplicada de forma convencional.

#### 2.4. RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS PARA A FERTIRRIGAÇÃO DE CULTURAS PERENES EM SOLOS TROPICAIS

A prática da fertirrigação de frutíferas perenes em geral foi desenvolvida predominantemente em solos da zona mediterrânea, onde predominam solos formados sobre substratos calcários, portanto sem problemas com acidez. Os solos dessas regiões apresentam excesso de alcalinidade e, assim, a acidificação é desejável para facilitar o manejo de nutrientes, por exemplo, com alta capacidade da redução da disponibilidade de nutrientes como o Fe em condições de pH alto. Nos solos tropicais a situação é inversa, pois a maioria é ácida ou muito ácida, o que compromete a sustentabilidade da produção das culturas, ainda de forma mais significativa quando a acidificação ocorre na área de influência do bulbo molhado. A acidificação é mais preocupante quanto menor for a área molhada, ou seja, em sistema de gotejamento com uma linha é mais acentuada do que com duas linhas de emissores, enquanto que na microaspersão o problema é menor.

Para reduzir a acidificação do solo em áreas fertirrigadas, é fundamental o uso de fertilizantes com reação alcalina. O ácido fosfórico pode ser usado como fonte de P, porém o seu uso deve ser restrito apenas à limpeza do sistema de irrigação, como um coadjuvante das fontes de cloro, normalmente empregadas no processo de limpeza. Para tanto, deve-se limitar a dose anual a 10 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que é suficiente para limpar o sistema. Dessa maneira, em áreas fertirrigadas nos solos tropicais é recomendável o uso de fertilizantes fosfatados sólidos granulados em dose única, de preferência antes da floração das culturas. Deve-se ressaltar que existem fertilizantes fosfatados solúveis como o MAP purificado e o fosfato monopotássico (MKP) que são excelentes para fertirrigação, porém apresentam custo elevado, que restringe seu uso a cultivos com alto valor agregado e em ambiente protegido.

É recomendável que a participação de fertilizantes nitrogenados contendo N na forma amoniacal em fertirrigação não ultrapasse 40% da dose total de N, para evitar acidificação excessiva do solo. Isto se aplica inclusive para o nitrato de amônio que possui metade do N na forma amoniacal. O restante do N deve ser aplicado na forma de nitrato de cálcio que não acidifica o solo e ainda fornece Ca na forma solúvel. Este fertilizante tem trazido excelentes resultados, tanto na citricultura como na cafeicultura fertirrigadas, como já ilustrado neste capítulo.

Alguns produtores têm usado ureia na fertirrigação por gotejamento, uma prática não recomendada pelo fato do N contido nesse fertilizante ser transformado em amônio após a hidrólise pela ação da enzima urease.

Geralmente, os fertilizantes utilizados em fertirrigação são sais com especificações mais rigorosas e com preço maior do que o de fertilizantes sólidos. No manejo da fertirrigação em solos tropicais não é necessário ou mesmo recomendável fornecer todos os nutrientes por essa via, podendo parte da adubação ser feita com fertilizantes sólidos. Há duas justificativas para isso. No período das águas, da primavera até o final do verão, ocorrem chuvas que provocam crescimento de raízes para fora da zona do bulbo úmido as quais também precisam receber nutrientes para garantir a adequada nutrição da cultura. Essa situação é diferente de regiões semiáridas, onde, devido à baixa precipitação média anual, entre 300 a 700 mm, as raízes das plantas tendem a permanecer confinadas quase que totalmente dentro do bulbo. A segunda razão para

utilizar fertilizantes sólidos para complementar a adubação e a redução de custos.

Observações feitas em áreas fertirrigadas ao longo de anos permitem refinar as presentes recomendações. Em sistema de fertirrigação por gotejamento, cerca de 30% a 40% das doses de N e de K devem ser aplicadas via adubação sólida convencional logo após a floração das culturas, o que irá contribuir para a maior fixação dos frutos.

Em sistemas de fertirrigação por microaspersão essa recomendação não é tão relevante, pois contribui apenas para reduzir custos com fertilizantes mais caros usados na fertirrigação, como o nitrato de cálcio e o sulfato de potássio.

## REFERÊNCIAS

- ALVA, A. K.; MATTOS JR., D.; QUAGGIO, J. A. Advances in nitrogen fertigation of citrus. **Journal of Crop Improvement**, v. 22, p. 121-146, 2008.
- HAGIN, J.; TUCKER, B. **Fertilization of dryland and irrigated soils**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 190 p.
- KUSAKABE, A.; WHITE, S. A.; WALWORTH, J. L.; WRIGHT, G. C.; THOMPSON, T. L. Response of microsprinkler-irrigated navel oranges to fertigated nitrogen rate and frequency. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 1623-1628, 2006.
- LAURINDO, T. V.; SILVA, G .O.; PAVANI, G. O. L.; QUAGGIO, J. A. Padrão de distribuição de K+, Ca++, Mg++ e P no solo de um pomar de citros em função da fertirrigação. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 30, p. 909-921, 2010.
- MATTOS JR., D.; KADYAMPAKENI, D. M.; OLIVER, A. Q.; BOARETTO, R. M.; MORGAN, K. T.; QUAGGIO, J. A. Soil and nutrition interactions. In: TALON, M.; CARUSO, M.; GMITTER JR., F. (Org.). **The Genus Citrus**. Duxford: Elsevier, 2020, p. 311-331.
- MORGAN, K. T.; WHEATON, T. A.; CASTLE, W. S.; PARSONS, L. R. Response of young and maturing citrus tree grown on a sandy soil to irrigation scheduling, nitrogen fertilizer rate, and nitrogen application method. **HortScience**, v. 44, p. 145-150, 2009.

QUAGGIO, J. A.; SOUZA, T. R.; ZAMBROSI, F. C. B.; BOARETTO, R. M.; MATTOS JR., D. Nitrogen-fertilizer forms affect the nitrogen-use efficiency in fertigated citrus groves. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 177, p. 404-411, 2014.

QUAGGIO, J. A.; SOUZA, T. R.; ZAMBROSI, F. C. B.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; SILVA, G. O. Citrus fruit yield response to nitrogen and potassium fertilization depends on nutrient-water management system. **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 329-333, 2019.

SCHUMANN, A. W.; FARES, A.; ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S. Response of "Hamlin" orange to fertilizer source, annual rate and irrigated area. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 116, p. 256-260, 2003.

SOUZA, T. R.; VILLAS BÔAS, R. L.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C. Nutrientes na seiva de plantas cítricas fertirrigadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 482-492, 2012.

SRINIVAS, K. Growth, yield, and quality of banana in relation to N fertigation. **Tropical Agriculture**, v. 74, p. 260-4, 1997.

STEWART, L.; CAMPAGNOLO, D.; DANIELLS, J.; LEMIN, C.; GOEBEL, R.; PINESE, B.; PETERSON, R.; PETERSON, R.; EVANAS, D.; PATTSON, T.; ARMOUR, J.; GUNTHER, M. **Tropical banana information kit**. Nambour: Queensland Department of Primary Industries, 1998. (Serie Agrilink)

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; BETTIOL NETO, J. E.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio em bananeira via fertirrigação e adubação convencional - atributos químicos do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 143-152, 2007.

TEIXEIRA, L. A. J.; RAIJ, B. van; BETTIOL NETO, J. E. Estimativa das necessidades nutricionais de bananeiras do subgrupo Cavendish cultivadas no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 540-545, 2008.

## 2.9. HIDROPONIA

---

Fernando Cesar Bachiega Zambrosi (¹)

Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

O cultivo em ambiente protegido vem se tornando uma alternativa importante para a produção de alimentos uma vez que, além de ser realizado praticamente durante todo o ano, permite produtividade elevada e de qualidade em espaço físico reduzido. Esse sistema de produção é caracterizado pelo uso de estruturas tais como estufas agrícolas e telados, que permitem melhor controle das variáveis ambientais. Uma importante modalidade de cultivo em tais ambientes é o sistema hidropônico, caracterizado pela produção das plantas em solução nutritiva (SN) sem o uso de solo. É uma técnica na qual as raízes recebem uma solução contendo nutrientes de forma balanceada. As hortaliças e ornamentais são as principais culturas produzidas em hidroponia sendo que o primeiro grupo representa a maioria das instalações.

Existem variações no tipo de cultivo hidropônico, porém, o mais utilizado é o de fluxo laminar de nutrientes, conhecido como NFT (*Nutrient Film Technique*). Nesse sistema, as raízes são apoiadas em canais estreitos e inclinados, onde são irrigadas, de forma contínua ou intermitente, por SN armazenada em reservatório e movimentada ciclicamente por meio de bombas. O tempo de irrigação e repouso (drenagem) é variável em função da espécie vegetal, da época do ano, da idade da planta e condições ambientais. Além do NFT, existem outras técnicas: aeroponia, em que as raízes, suspensas no ar e sem impedimento para crescer, recebem nebulização de gotículas de SN; *floating*, na qual as raízes ficam submersas e a SN é aerada de forma contínua ou em intervalos programados.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Apesar da hidroponia, por conceito, ser uma técnica de cultivo sem o uso de solo, existem vertentes, nas quais, substratos inertes ou semi-inertes são irrigados com SNs. Esse sistema é uma opção adotada principalmente para o cultivo de hortaliças de frutos e plantas ornamentais. O substrato agrícola, quando colocado em recipiente próprio, como sacos, sacolas, vasos, travesseiros (*slab*) ou canaletas de polietileno, apresenta a vantagem de favorecer a fixação do sistema radicular e sustentação das plantas. O modo de preparo da SN é semelhante ao sistema NFT.

## 2. MANEJO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

### 2.1. SAIS E FERTILIZANTES RECOMENDADOS

No mercado brasileiro existem diversos kits fertilizantes prontos para cultivo hidropônico. Alternativamente, os produtores podem utilizar qualquer sal solúvel, desde que forneça o nutriente e não contenha elementos químicos tóxicos às plantas. Recomenda-se que os fertilizantes sejam dissolvidos separadamente e acrescentados no depósito, contendo aproximadamente 90% de sua capacidade com água. A composição dos sais/fertilizantes comumente usados para o preparo da SNs é apresentada na tabela 1. Vale destacar que, no caso do micronutriente ferro, é recomendável usar as fontes quelatadas, uma vez que permitem menor interferência do pH sobre a disponibilidade às plantas.

O manejo da SN está entre os principais fatores condicionantes da produtividade e qualidade do produto colhido devendo, assim, receber atenção especial dos produtores. No planejamento do preparo da SN é importante conhecer as características químicas e microbiológicas da água, bem como a relação custo/benefício e solubilidade dos fertilizantes empregados. Além disso, deve-se evitar mistura de sais que reduzam a disponibilidade dos nutrientes. Por exemplo, a combinação de soluções concentradas de nitrato de cálcio com sulfato de magnésio resulta em precipitados na forma de sulfato de cálcio. Ainda, atenção especial deve ser dada à fonte de nitrogênio usada no cultivo hidropônico: o nitrogênio na forma amoniacial ( $N-NH_4^+$ ) não deve ultrapassar 15% a 20% da quantidade total do nutriente; evitar o uso de ureia, pois muitas espécies de plantas não absorvem adequadamente este composto.

**Tabela 1.** Garantias mínimas dos principais fertilizantes utilizados para fertirrigação e preparo de soluções nutritivas usadas em hidroponia, de acordo com a Instrução Normativa nº 39, de 8 de agosto de 2018 do MAPA

Fertilizante	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
garantia mínima, %							
<b>Nitrogenados</b>							
Nitrato de cálcio	14	-	-	-	16	-	-
Nitrato de amônio	16	16	-	-	-	-	-
Nitrato de magnésio	10	-	-	-	-	8	-
Sulfato de amônio	-	20	-	-	-	-	22
Ureia (amídico)	-	45	-	-	-	-	-
<b>Fosfatados</b>							
Fosfato monoamônico purificado (MAP cristal)	11	-	60	-	-	-	-
Fosfato monopotássico (MKP)	-	-	51	33	-	-	-
* Ácido fósforico (85%; d = 17)	-	-	46	-	-	-	-
<b>Potássicos</b>							
Cloreto de potássio (branco)	-	-	-	50	-	-	-
Nitrato de potássio	12	-	-	44	-	-	-
Sulfato de potássio	-	-	-	48	-	-	15
<b>Macros secundários</b>							
Cloreto de cálcio	-	-	-	-	24	-	-
Cloreto de magnésio	-	-	-	-	-	10	-
Sulfato de magnésio	-	-	-	-	-	9	11
<b>Micronutriente</b>							
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	<b>Outros</b>	
garantia mínima, %							
Ácido bórico	17	-	-	-	-	-	-
Octaborato de sódio	20	-	-	-	-	-	-
Sulfato de cobre	-	24	-	-	-	-	11 (S)
Nitrato de cobre	-	22	-	-	-	-	9 (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
Cloreto de cobre	-	20	-	-	-	-	23 (Cl)
Quelato de cobre	-	5	-	-	-	-	-
Sulfato ferroso	-	-	19	-	-	-	10 (S)
Quelato de ferro	-	-	5	-	-	-	-
Sulfato de manganês	-	-	-	26	-	-	16 (S)

Continua

**Tabela 1.** Conclusão

Micronutriente	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Outros
Nitrato de manganês	-	-	-	16	-	-	8 (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
Cloreto de manganês	-	-	-	25	-	-	32 (Cl)
Quelato de manganês	-	-	-	5	-	-	-
Molibdato de amônio	-	-	-	-	52	-	5 (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
Molibdato de sódio	-	-	-	-	39	-	-
Sulfato de zinco	-	-	-	-	-	20	9 (S)
Cloreto de zinco	-	-	-	-	-	24	26 (Cl)
Nitrato de zinco	-	-	-	-	-	18	8 (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )
Quelato de zinco	-	-	-	-	-	7	-

\* Classificado pelo MAPA como aditivos para uso em fertilizantes minerais (IN nº 39 de 2018). Legenda: d = densidade em g L<sup>-1</sup>.

## 2.2. MONITORAMENTO DO pH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

A SN deve ser monitorada diariamente, completando o volume do reservatório com água, após adequada homogeneização, e medindo o pH e a condutividade elétrica (CE). Valores de pH entre 5,0 e 6,5 são os mais indicados para o ambiente radicular pois valores abaixo de 4,0 afetam a integridade das membranas celulares, enquanto valores superiores a 6,5 favorecem a ocorrência de deficiências nutricionais. Contudo, as plantas conseguem, por curtos períodos, tolerar valores de pH fora da faixa acima sem comprometimento significativo do potencial produtivo. Em condições extremas de pH podem ocorrer a formação de complexos insolúveis, o que reduz a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Nesse contexto, vale destacar que a disponibilidade dos micronutrientes cationícios, especialmente a de ferro, é muito sensível a valores elevados de pH, que podem causar sintomas de carência deste nutriente.

A correção do pH da SN deve ser realizada quando os valores forem inferiores a 4,5 ou superiores a 7,5. Para o abaixamento do pH usar soluções de ácidos fosfórico, nítrico ou sulfúrico, enquanto que para a elevação do pH usar hidróxidos de amônio, sódio ou potássio. Uma opção para reduzir a intensidade de variação do pH no ambiente radicular é controlar a relação entre as concentrações de N nítrico (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e N amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Menores variações de pH da SN são observadas quando a relação de

$N-(NO_3^-)/N-NH_4^+$ ) é próxima de 8:1. A reposição dos nutrientes na SN com fontes de N amoniacal aumenta o pH da SN, enquanto o oposto ocorre com o uso de formas nítricas.

A CE serve como medida indireta da concentração de nutrientes na SN e deve ficar entre 1,0 a 3,0 mS cm<sup>-1</sup>. Em termos práticos, menores valores de CE devem ser utilizados em sistemas com circulação da água e em condições ambientais de alta evapotranspiração, enquanto, os maiores valores de CE podem ser utilizados em sistemas hidropônicos estáticos.

A avaliação da CE também indica a necessidade de reposição de nutrientes, que deve ser feita com soluções de ajuste de composição química semelhante à relação de absorção de nutrientes pela planta. A análise da composição química de folhas oferece um bom parâmetro para a relação entre os nutrientes que podem ser usados para a formulação da solução de ajuste. Quando a CE na SN estiver entre 70% a 80% do valor inicial, fazer a reposição de nutrientes de modo que a CE corrigida fique próxima daquela aferida inicialmente. As estratégias de reposição de água e nutrientes da SN dependem do sistema de cultivo hidropônico. Em cultivos comerciais com sistema NFT, devido aos altos custos de substituição total da solução, a forma mais utilizada é a reposição de água até atingir o volume inicial do reservatório e a complementação dos nutrientes em função da CE. Como recomendação geral para a reposição de nutrientes, para cada diferença de 0,20 mS cm<sup>-1</sup> da condutividade inicial, adicionar 10% das quantidades de sais empregados no preparo inicial da solução nutritiva.

Apesar da possibilidade de reposição de água e nutrientes, a vida útil de uma solução deve ser de no máximo de 2 a 3 meses devido à liberação de resíduos das raízes, desenvolvimento de microrganismos e outros contaminantes. Ao final do ciclo de cultivo deve-se fazer a troca completa da SN e a limpeza do sistema.

### 2.3. FAIXA DE CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA O CULTIVO DE PLANTAS EM HIDROPONIA

Há inúmeras propostas de SN para produção em hidroponia na literatura. A composição ideal depende, além do sistema hidropônico, das condições climáticas, estádio fenológico, espécie vegetal e cultivar. Maiores concentrações de nutrientes no ambiente radicular são recomendadas para condições favoráveis ao crescimento vigoroso das plantas. A tabela 2 traz uma recomendação geral das faixas de

concentrações de macro e micronutrientes na SN para o cultivo em hidroponia de folhosas e ornamentais. Uma sugestão de SN para o cultivo de plantas em hidroponia, incluindo hortaliças no NFT é apresentada na tabela 3.

**Tabela 2.** Faixas de concentração final de macro e micronutrientes em solução nutritiva para o cultivo de plantas em sistema hidropônico<sup>(1)</sup>

Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
— mg L <sup>-1</sup> —					
100-220	30-60	180-300	80-200	24-40	36-60
Boro	Cobre	Ferro	Manganês	Molibdênio	Zinco
— mg L <sup>-1</sup> —					
0,2-0,5	0,1-0,4	1,5-3,0	0,3-0,5	0,05-0,1	0,1-0,3

<sup>(1)</sup> Nota: Embora tenha baixa exigência pelas plantas, o micronutriente níquel também pode ser adicionado na solução nutritiva na concentração equivalente à 0,05-0,1 mg L<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Quantidades de sais para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva - proposta do Instituto Agronômico<sup>(1)</sup>

Sal ou fertilizante	Gramas por 1.000 L de água
Nitrito de cálcio	750,0
Nitrito de potássio	500,0
Fosfato monoamônio	150,0
Sulfato de magnésio	400,0
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	0,15
Sulfato de manganês	1,5
Ácido bórico ou	1,5
Bórax	2,3
Molibdato de sódio ou de amônio	0,15
FeEDDHMA (6% Fe) ou	30,0
FeEDTA (13% Fe) ou	13,8
FeEDDHA (6% Fe)	30,0

<sup>(1)</sup> Furlani, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: Instituto Agronômico, 1998. 30 p. (Boletim Técnico 168).

### 3. TABELAS DE RECOMENDAÇÕES DE CALAGEM DO BOLETIM 100

## 3.1. ALGODÃO

---

Ciro Antonio Rosolem (¹)

José Antonio Quaggio (²)

Heitor Cantarella (²)

Nelson Machado da Silva (²)

Luiz Henrique Carvalho (²)

#### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

O algodão (*Gossypium hirsutum*) é a mais importante fonte natural de fibras para o mercado mundial. A cultura do algodão passou por grandes alterações nos anos recentes, com o advento de novas cultivares e expansão para a região central do Brasil. Houve grande verticalização da cadeia de produção e elevado nível de adoção de tecnologia.

O manejo da adubação é fundamental para sustentar os aumentos médios de produtividade de fibras que vêm sendo observados. O algodoeiro é uma cultura sensível às condições de acidez do solo, exigente em nutrientes em geral e o fornecimento de micronutrientes, em especial de boro, requer atenção.

O dimensionamento da adubação é baseado principalmente em resultados da análise de solo e na produtividade esperada. Informações relativas à extração de nutrientes e exportação pelas colheitas, bem como resultados de análise foliar, ajudam no ajuste fino das adubações.

---

(¹) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

(²) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

## 2. EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

Os nutrientes extraídos do solo e contidos em toda a planta do algodoeiro, para a produção de uma tonelada de algodão em caroço, e as quantidades de nutrientes exportadas pela colheita são, aproximadamente, os seguintes:

**Tabela 1.** Conteúdo de nutrientes extraídos e exportados para produzir 1 t ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço (fibra e caroço)

	N	P	K	Ca	Mg	S
———— kg t <sup>-1</sup> de algodão em caroço ——						
Planta inteira (extração)	59	10	60	26	16	10
Parte colhida (exportação)	23	4	18	7	5	4,0

## 3. AMOSTRAGEM E ANÁLISE QUÍMICA DE FOLHAS

**Tabela 2.** As instruções para amostragem de folhas do algodoeiro para diagnose foliar são as seguintes

Cultura	Instruções para amostragem
Algodão	Amostrar 30 plantas, em pleno florescimento, coletando os limbos das 4 <sup>a</sup> e 5 <sup>a</sup> folhas da haste principal, a partir do ápice. A primeira folha é aquela com limbo com largura de 2,0 cm

## 4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIAGNOSE FOLIAR DO ALGODEIRO

**Tabela 3.** Limites de interpretação de nutrientes em folhas de algodoeiro: teores adequados

Macronutriente	g kg <sup>-1</sup>	Micronutriente	mg kg <sup>-1</sup>
N	35-45	B	40-60
P	2,5-4,0	Cu	5-25
K	15-25	Fe	40-250
Ca	20-35	Mn	25-200
Mg	5-10	Mo	1-3
S	5-10	Zn	25-100

## 5. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ALGODOEIRO

**Espaçamento:** 0,70 m a 1,0 m. Densidade de semeadura: 7 a 10 sementes por metro de sulco.

**Calagem:** Aplicar calcário, de preferência dolomítico, para elevar a saturação por bases na camada de 0-20 cm a 80%, e o teor de Mg acima de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. O produto deverá ser bem incorporado ao solo e aplicado com a maior antecedência possível ao plantio. Devido à sensibilidade do algodoeiro à acidez do solo é importante corrigir a acidez do perfil do solo, elevando a saturação por bases a pelo menos 50% na camada de 20-40 cm.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar as quantidades de fertilizantes de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 4.

**Tabela 4.** Recomendações de adubação para algodoeiro, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16 <sup>(1)</sup>	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> —	—	—	— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> —	—	—
< 3,0	20	80	60	40	80	60	40
3,0-4,0	20	100	80	40	100	80	60
4,1-5,0	20	120	100	60	120	100	80
>5,0	20	140	120	60	140	120	100

<sup>(1)</sup> Em solos com P abaixo de 6 mg dm<sup>-3</sup>, recomenda-se aplicar a lanço e incorporar 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, além das doses de P da tabela acima. Se possível, para construir a fertilidade do solo antes do cultivo do algodoeiro, recomenda-se o cultivo de espécies menos exigentes nos primeiros anos, como, por exemplo, soja e arroz.

**Potássio:** Em solos com CTC acima de 60 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, aumentar as doses de K da tabela acima em 20%. Doses de K<sub>2</sub>O acima de 80 kg ha<sup>-1</sup> devem ser parceladas em até três aplicações: a primeira, 40% da dose, a lanço antes da semeadura ou na semeadura; a segunda por ocasião do aparecimento do primeiro botão floral e a terceira até a segunda semana de florescimento. Em solos com teor de K acima de 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> aplicar somente 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O como adubação de arranque.

**Enxofre:** Em solos com teor de S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, aplicar 15 kg ha<sup>-1</sup> de S para cada tonelada de produção esperada.

**Zinco:** Aplicar na mistura de adubo de semeadura 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, se o teor no solo for inferior a 0,6 mg dm<sup>-3</sup>.

**Boro:** Aplicar as doses de B conforme tabela abaixo. Por ocasião da semeadura, o B pode ser aplicado na mistura de adubo ou com o dessecante. Não aplicar mais do que 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de B no sulco de semeadura. O restante deve ser aplicado em cobertura, até o aparecimento do primeiro botão floral. O B é pouco móvel em algodão. A adubação foliar com B é pouco eficiente e deve ser usada apenas em casos de deficiência severa.

**Tabela 5.** Recomendações de B com base no teor no solo

B no solo, mg dm <sup>-3</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup> de B
<0,20	2,5
0,20-0,60	1,5
>0,60	1,0

**Adubação de cobertura:** O nitrogênio será aplicado de forma parcelada, em função da expectativa de produção e da resposta esperada: em condições de alta exigência, parte do potássio deve ser aplicado em cobertura, conjuntamente.

**Tabela 6.** Classes de resposta a N em algodoeiro

Produtividade esperada	Classe de resposta	
	Alta	Média e baixa
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> N	
<3,0	80	60
3,0-4,0	100	80
4,0-5,0	120	100
>5,0	140	120

**1. Alta resposta esperada:** Solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de gramíneas ou outras culturas não leguminosas; primeiros anos de plantio direto; grande quantidade de resíduos de gramíneas; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação.

**2. Média e baixa resposta esperada:** Plantio anterior de leguminosas; uso de adubos orgânicos, cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do algodão; plantio direto estabilizado em rotação com leguminosas.

Efetuar a cobertura com N até o aparecimento do primeiro botão floral. Coberturas superiores a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N devem ser parceladas, especialmente em solos arenosos, devendo a segunda aplicação ser efetuada até a segunda semana após o florescimento.

**Adubação foliar:** Pulverizações foliares de micronutrientes podem ajudar a corrigir deficiências nutricionais detectadas tardeamente ou complementar as adubações de plantio. Se necessário, complementar a adubação de plantio com Zn, aplicando-se de 0,5 a 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, distribuído em até três aplicações até o florescimento. O algodoeiro geralmente requer doses altas de K; assim, a complementação com Mg via foliar é uma estratégia eficiente para corrigir a deficiência desse nutriente. Se necessário, aplicar solução contendo 5,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio heptahidratado na calda de pulverização.

## 3.2. CAFÉ

---

José Antonio Quaggio (¹)  
Roberto Antonio Thomaziello (¹)  
Bernardo van Raij (¹)  
Heitor Cantarella (¹)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**H**á mais de 100 espécies de plantas do gênero *Coffea*. As mais importantes para a produção da popular bebida são a *Coffea arabica*, ou café arábico, e a *Coffea canephora*, conhecida como conilon ou café robusta.

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. A cultura tem grande importância no agronegócio brasileiro, sendo responsável pela geração de mais de 8 milhões de empregos no país. Nos últimos anos, a cafeicultura passou por significativas transformações que foram desde mudanças no manejo, no processamento e beneficiamento do fruto pós-colheita. Essas mudanças trouxeram ganhos tanto em produtividade quanto em qualidade da bebida.

A nutrição do cafeiro tem papel fundamental para atingir altos rendimentos na lavoura. Como o cafeiro é uma cultura exigente em nutrientes, os custos de produção e o retorno econômico satisfatório dependem do correto dimensionamento da adubação, que deve compatibilizar as necessidades da planta e, ao mesmo tempo, evitar excessos que podem ter impacto econômico negativo e sobre o ambiente. Assim, o conhecimento do balanço de entradas e saídas de nutrientes do cafezal, dos indicadores de estado nutricional na planta e de fertilidade do solo são ferramentas imprescindíveis para a correta adubação desta cultura.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

## 2. EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

A tabela 1 apresenta as quantidades de nutrientes exportadas pela colheita dos grãos de café. Esses valores se aplicam para cafezais com faixas de produtividade de 1,0 a 3,0 t ha<sup>-1</sup> de café beneficiado.

**Tabela 1.** Conteúdo de nutrientes exportados por tonelada de café beneficiado colhido<sup>(1)</sup>

	N	P	K	Ca	Mg	S
kg t <sup>-1</sup>						
Café beneficiado	22,2	1,3	18,8	2,6	2,0	1,5
Café com casca	42,5	2,0	48,6	8,6	3,3	3,5
Casca	20,3	0,7	29,8	6,0	1,3	2,0

<sup>(1)</sup> 1 kg de café em coco gera 0,45 kg de café beneficiado e 0,55 kg de casca.

## 3. AMOSTRAGEM FOLIAR PARA O CAFEEIRO

**Tabela 2.** Instruções para amostragem de folhas de cafeiro

Cultura	Instruções para amostragem
Café	Coletar o 3º par de folhas a partir do ápice de ramos com fruto, entre os meses de dezembro a fevereiro. Amostrar pelo menos 20 árvores por talhão, coletando-se duas folhas não danificadas por árvore, uma em cada lado na altura mediana da planta

Pulverizações com adubos foliares e/ou o uso de defensivos contendo nutrientes podem manter esses elementos aderidos na superfície do limbo foliar por vários meses, é recomendável não coletar folhas em um intervalo mínimo 30 dias após a última pulverização. As amostras devem ser acondicionadas em sacos de papel e enviadas para o laboratório em período inferior a dois dias após a coleta no campo.

## 4. INTERPRETAÇÃO DOS TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES

Os valores de concentrações nas folhas do cafeiro e suas interpretações estão apresentados na tabela 3.

**Tabela 3.** Faixas para interpretação de teores de macro e micronutrientes nas folhas de cafeiro, coletadas em ramos com frutos

Nutriente	Baixo	Adequado	Alto
$\text{g kg}^{-1}$			
<b>N</b>	<25	25-30	>30
<b>P</b>	<1,5	1,5-2,0	>2,0
<b>K</b>	<20	20-30	>30
<b>Ca</b>	<10	10-15	>15
<b>Mg</b>	<3,0	3,0-5,0	>5,0
<b>S</b>	<1,5	1,5-2,0	>2,0
$\text{mg kg}^{-1}$			
<b>B</b>	<60	60-100	>100
<b>Cu</b>	<10	10-20	>20
<b>Fe</b>	<50	50-200	>200
<b>Mn</b>	<50	50-200	>200
<b>Zn</b>	<20	20-40	>40
<b>Mo</b>	<0,1	0,5-2,0	>0,2

## 5. AMOSTRAGEM DE SOLO

Antes da formação do cafezal, deve-se retirar amostra composta da área total. Em cafezal formado, a amostragem deve ser feita a cada ano, na faixa de solo onde são aplicados os adubos, de preferência próximo da projeção da copa do cafeiro (0,5 m para dentro e 0,5 m para fora, misturando ambas). Essas amostras devem ser retiradas anualmente na profundidade de 0-20 cm, e a cada dois anos, retirar amostras compostas de 20 a 40 cm de profundidade.

## 6. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O CAFEEIRO

**Introdução:** A calagem e adubação impulsionaram a modernização da cafeicultura, a recuperação da lavoura cafeeira em solos degradados e a ocupação das terras de baixa fertilidade com vegetação nativa do cerrado. A pesquisa abordou os mais variados aspectos da nutrição do cafeeiro. Isso interferiu, também, na localização geográfica da cultura que foi para regiões de maior altitude, embora de menor fertilidade do solo, em Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Bahia, onde se produz café de qualidade superior.

Nos últimos anos, o café vem aumentando a sua participação em áreas irrigadas e fertirrigadas, o que desenvolveu um novo ambiente de produção, de limites ainda insuspeitados. As maiores produtividades obtidas em cafezais adultos irrigados exigem práticas de podas periódicas, sendo a mais utilizada o sistema "safra zero", havendo necessidade de adequação das adubações, suficientes apenas para a produção de novos ramos e, ainda, considerar a devolução ao solo dos nutrientes contidos na biomassa das partes podadas da planta.

A calagem e a adubação são práticas rotineiras, devendo ser monitoradas pela análise de solo e, no caso do nitrogênio, pela análise de folhas. O gesso pode ser utilizado como melhorador do ambiente radicular e como fonte de S e Ca com baixo custo. O cafeeiro requer mais fósforo no plantio. Em cafezais formados, as necessidades maiores são de nitrogênio e potássio. Há necessidade de outros nutrientes, sendo bastante comuns as deficiências de enxofre, boro, zinco e manganês.

Merecem atenção na cafeicultura a acidificação excessiva, causada pela adubação nitrogenada, a calagem insuficiente, o uso rotineiro de fórmulas NPK concentradas, sem enxofre, o acúmulo de potássio no solo e a aplicação insuficiente de fósforo e de micronutrientes em solos com baixa disponibilidade.

**Espaçamento:** Os espaçamentos mais comuns são: entrelinhas de 3,0 m a 3,7 m e entre plantas de 0,5 m a 0,7 m (3.860 a 6.660 plantas ha<sup>-1</sup>). Maior diversificação de espaçamentos vem ocorrendo com a ampliação da colheita mecanizada e a introdução da irrigação do cafeeiro.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 70% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do cafezal, distribuir o corretivo uniformemente sobre

o terreno e incorporá-lo ao solo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,5 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco. Em cafezal já formado, distribuir o corretivo de preferência logo após a colheita, aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e o restante 30% mais no centro das ruas. A calagem preventiva é muito importante em solos de textura arenosa: nesses casos, acrescentar 2 kg de calcário dolomítico por kg de N a ser aplicado na adubação. Esta dose é somada à calagem para corrigir a acidez definida pela análise do solo.

**Gessagem:** Aplicar gesso, com base na análise de solo da camada de 20-40 cm, se for constatada saturação de alumínio acima de 50% ou saturação por bases inferior a 25%. Da mesma forma que o calcário, o gesso deve ser distribuído de forma localizada na faixa de adubação, usando os mesmos critérios da calagem. As quantidades podem ser estimadas de acordo com a textura do solo. Assim, aplicar 1, 2 ou 3 t ha<sup>-1</sup> de gesso, respectivamente, para solos arenosos (<200 g kg<sup>-1</sup> de argila), de textura média (200-400 g kg<sup>-1</sup> de argila) ou argilosos (>400 g kg<sup>-1</sup> de argila).

**Adubação orgânica:** Se disponível, aplicar por metro de sulco um dos seguintes adubos orgânicos: 20 L de esterco de curral, ou 2 L de esterco de galinha, ou 5 L de cama de frango, ou 10 L de palha de café, ou 2 L de torta de mamona. Atenção especial deve ser dada às cascas de café, que são ricas em nutrientes, contendo, em g kg<sup>-1</sup>, aproximadamente 15 de N, 2,5 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 31 de K<sub>2</sub>O, sendo do maior interesse retorná-las ao cafezal. É fundamental a utilização desses materiais bem compostados.

**Adubação de sulco de plantio:** O plantio é uma oportunidade de aplicar P em profundidade no solo em culturas perenes. Assim, independentemente da análise do solo, aplicar 60 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, que, de acordo com espaçamento, varia de 160 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Dar preferência para fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo 0,5% de zinco. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, usar subsolador com três hastas, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das hastas.

**Adubação mineral de formação:** Após o pegamento das mudas, aplicar as doses de nutrientes da tabela 4, divididas em pelo menos quatro parcelas com intervalos de aproximadamente 30 a 45 dias, até o final do período chuvoso. Aplicar os fertilizantes em faixas ao lado das plantas.

**Tabela 4.** Recomendações de adubação para cafeiro em formação, em função da idade da planta e da análise do solo

<b>Idade</b>	<b>N</b>	<b>P resina, mg dm<sup>-3</sup></b>			<b>K<sup>+</sup> trocável, mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></b>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
<b>Anos</b>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	—	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—	—
<b>0-1</b>	90	30	20	0	30	20	0
<b>1-2</b>	140	60	40	20	90	60	30
<b>2-3</b>	160	90	60	40	120	90	60

**Adubação mineral de produção:** Aplicar os adubos minerais, a partir do 3º ano após o plantio, em função do teor de N nas folhas, dos teores de P, K, revelados pela análise de solo e da produtividade esperada em kg ha<sup>-1</sup> de café beneficiado, de acordo com a tabela 5.

**Tabela 5.** Recomendações de adubação para cafeiro em produção, em função das análises de solo e folhas e classes de produção

<b>Classes de produção (café beneficiado)<sup>(1)</sup></b>	<b>N foliar, g kg<sup>-1</sup></b>			<b>P resina, mg dm<sup>-3</sup></b>			<b>K<sup>+</sup> trocável, mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></b>		
	<25	25-30	>30	<16	16-40	>40 <sup>(2)</sup>	<1,6	1,6-3,0	>3,0 <sup>(2)</sup>
<b>kg ha<sup>-1</sup></b>	<b>kg ha<sup>-1</sup> de N</b>			<b>kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>			<b>kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O</b>		
<b>&lt;1200</b>	160	140	120	20	20	20	160	100	60
<b>1200 - 1800</b>	180	160	140	40	20	20	180	120	80
<b>1800 - 2400</b>	220	200	160	60	40	20	200	140	100
<b>2400 - 3000</b>	260	220	180	80	60	40	240	180	120
<b>3000 - 3600</b>	300	240	200	80	60	40	280	200	160
<b>3600 - 4200</b>	350	260	220	100	80	60	360	280	180
<b>4200 - 4800</b>	400	300	240	120	80	60	400	300	200
<b>&gt;4800</b>	450	350	240	140	100	60	450	320	220

<sup>(1)</sup> Devido à bienalidade do ciclo de produção do cafeiro no ano de safra baixa, recomenda-se utilizar a produtividade média do biênio para o cálculo da adubação. Conversões médias para unidades em café: 2,2 kg de café em coco geram 1 kg de café beneficiado e 1,2 kg de casca.

<sup>(2)</sup> Para solos com teores muito altos de K (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e de P (>80 mg dm<sup>-3</sup>) não aplicar K e P para evitar desequilíbrios entre nutrientes.

Parcelar a adubação em três aplicações, sendo a primeira com 40% da dose e as demais com 30% cada entre outubro a março. Procurar aplicar até o final de dezembro 70% das doses de N e K. Em solos arenosos ou com recomendações de doses muito altas de nutrientes, parcelar a aplicação em quatro vezes, evitando aplicar mais do que 80 kg ha<sup>-1</sup> de N ou de K<sub>2</sub>O por parcelamento.

Em solos com teores baixos de P aplicar preferencialmente toda a dose recomendada logo após a colheita. Em solos com teores médios ou altos de P, as doses do nutriente poderão ser parceladas juntamente com o N e K.

**Adubação com enxofre:** Acrescentar enxofre à adubação, na proporção de aproximadamente 1:8 kg de S por 1 kg do N aplicado. Essa adubação pode ser dispensada se a análise de solo revelar teores na camada de 20-40 cm acima de 20 mg dm<sup>-3</sup> de S. A fonte mais barata para o fornecimento de enxofre para o cafeeiro é o gesso, que contém aproximadamente 20% de Ca e 15% de S. O superfosfato simples, que contém 50% de gesso na sua composição também poderá ser fonte estratégica para o suprimento de S para o cafeeiro.

**Adubação com micronutrientes:** Os sintomas visuais de deficiência de B e Zn são os mais comuns na cafeicultura paulista, enquanto o Mn aparece mais em solos de cerrado, sendo mais frequente a toxicidade de Mn devido à acidificação do solo pelos fertilizantes. A deficiência de Cu ocorre geralmente no período de formação dos talhões, uma vez que as pulverizações com fungicidas cúpricos são menos frequentes.

Em plantas com idade inferior a três anos, recomendam-se quatro aplicações anuais, entre outubro e maio, de B e Zn via foliar. Em talhões em produção, realizar três a quatro pulverizações com Zn, desde o início da primavera até o final das chuvas, procurando atingir as brotações novas, com as folhas já expandidas. Em plantas em formação, a adubação foliar com B deve ser realizada somente como complemento à adubação via solo.

A aplicação de B em talhões adultos deve ser feita preferencialmente via solo na forma de ácido bórico dissolvido na solução de herbicidas, como o glifosato, que é a forma mais prática e eficiente de aplicação do nutriente. Geralmente são feitas de duas a três aplicações de herbicidas

por ano, com o volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup> de área tratada, na qual é possível dissolver a dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B, ou seja, 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico. Outra possibilidade de fornecimento de boro via solo é o uso de misturas NPK contendo B. A fonte de B deve ser pelo menos 70% solúvel em água. O boro é nutriente importante para a produtividade do cafeeiro e há variações de demanda entre cultivares. As doses recomendadas estão descritas na tabela 6.

**Tabela 6.** Recomendações de boro via solo e zinco via folhas para cafeeiro em produção, em função dos teores dos nutrientes no solo e cultivares

Teor no solo	Cultivares	
	Porte baixo	Porte Alto
mg dm <sup>-3</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de nutriente	
<b>Boro<sup>(1)</sup></b>		Aplicar via solo
<0,6	4,0	3,0
0,6 a 1,0	3,0	2,0
>1,0	2,0	1,0
<b>Zinco<sup>(2)</sup></b>		Aplicar via foliar <sup>(3)</sup>
<5,0	4,0	3,0
5,0 a 10,0	2,0	2,0
>10,0	1,0	1,0

<sup>(1)</sup> Teores de B extraídos com água quente ou solução 0,01M L<sup>-1</sup> de CaCl<sub>2</sub>.

<sup>(2)</sup> Teores de Zn extraídos com solução de DTPA-TEA, a pH 7,5.

<sup>(3)</sup> As quantidades expressas em kg ha<sup>-1</sup> para Zn na tabela devem ser divididas em 3 ou mais aplicações via foliar.

As fontes mais recomendadas de micronutrientes metálicos (Zn, Cu, Mn) para aplicação foliar são sais solúveis formados com íons sulfato, cloreto ou nitrato.

Acrescentar ureia, na dose de 2,5 g L<sup>-1</sup>, como coadjuvante, à calda usada da adubação foliar de micronutrientes. As soluções mais concentradas devem ser aplicadas durante as horas mais frescas do dia,

evitando também mistura com óleos mineral ou vegetal para não causar queimaduras das folhas e dos frutos.

Quando as fontes de micronutrientes estiverem nas formas de cloreto ou nitrato, as concentrações devem ser reduzidas em 2 a 3 vezes; portanto, número maior de aplicações será necessário para manter a dose do nutriente desejada.

Quando diagnosticada pela análise foliar as deficiências de Mn e Cu, aplicar os nutrientes via foliar. Para o manganês e o cobre, realizar, entre outubro e fevereiro, três pulverizações foliares, empregando solução contendo 6 a 10 g L<sup>-1</sup> de sulfato de manganês e soluções contendo 5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido de cobre ou misturas de hidróxido e sulfato de cobre, na proporção de 1,5:1,0. O oxicloreto de cobre, muito usado como fungicida, tem eficiência restrita como fonte prontamente disponível de cobre.

**Adubação foliar complementar:** O Mg tem sido nutriente pouco utilizado no manejo da adubação dos cafezais, apesar de resultados de pesquisa demonstrarem sua maior importância na nutrição de plantas e no aumento da produtividade das culturas e qualidade dos produtos. A adubação foliar com o Mg é uma estratégia eficiente para corrigir a deficiência desse nutriente em cafezais, principalmente pela facilidade de aplicação e possibilidade de misturas com outros produtos na calda de pulverização. Recomenda-se a aplicação de solução com 5,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio hidratado na calda de pulverização, juntamente com as aplicações de micronutrientes.

Experimentos recentes em condições controladas com culturas perenes têm demonstrado que a adição de Mo aumenta a eficiência de uso de N. Essas respostas poderão ocorrer em cafezais com altas produtividades, em solos com acidez moderada, arenosos e com baixo teor de matéria orgânica. A adubação foliar é também a forma mais eficiente para fornecer Mo para os cafezais. Nessas condições, recomenda-se de 2 a 3 aplicações anuais de solução contendo de 20 a 40 mg L<sup>-1</sup> de Mo, o que corresponde aproximadamente de 5 g a 10 g de molibdato de amônio ou de sódio para 100 L de calda.

**Adubação de cafezais sob diferentes sistemas de poda:** A poda vem sendo cada vez mais utilizada na cafeicultura moderna em consequência do uso de espaçamentos mais adensados e do crescimento de áreas com irrigação e fertirrigação. Os tipos de poda mais

frequentes são: o decote, geralmente numa altura entre 2,0 m a 2,2 m; o esqueletamento com poda dos ramos plagiotrópicos, deixando ramos com comprimento entre 30 a 40 cm, sendo normalmente associado ao decote; e a recepa, que consiste na poda do ramo ortotrópico, numa altura de 30 cm a 40 cm. Essa última técnica é a mais drástica e onerosa, devendo ser usada quando as demais podas não são recomendadas.

O sistema "safra zero" é prática crescente na cafeicultura, empregada em cafezais irrigados e fertirrigados, que consiste no esqueletamento associado ao decote em anos alternados, realizada sempre após a colheita do ano de alta produtividade. Os materiais oriundos dessa poda devem ser mantidos no terreno e triturados com equipamentos como roçadeiras ou, preferencialmente, trinchas, que reduzem esses resíduos em partículas pequenas facilitando assim, a decomposição no solo.

Estudos realizados em 1987 por Antonio Wander R. Garcia e colaboradores, mostraram que a poda "safra zero" adiciona, em média, cerca de (em kg ha<sup>-1</sup>): N= 260; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=16 e K<sub>2</sub>O=270. Estima-se que 50% desses nutrientes estarão disponíveis para a planta de café no período de um ano. Assim, deverão ser considerados no plano de adubação do cafeeiro após a poda. Quando os teores de P e K no solo estiverem entre médio a alto, recomenda-se adubar apenas com N, na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup>. É importante aplicar cerca de 70% desse N até o final de dezembro, devido à imobilização temporária desse nutriente provocada pela decomposição dos resíduos da poda.

Caso os teores de P e K no solo estiverem baixos, aplicar 40 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. No ano seguinte à "safra zero", seguir as recomendações de adubação para cafezais em produção constantes da tabela 2.

No caso da poda de decote, como a maior parte da estrutura da planta é mantida, seguir as recomendações de adubação da tabela 5, conforme a produtividade esperada.

Quando for realizada a poda de recepa, a produção também será nula no primeiro ano. Dessa maneira, a demanda por nutrientes será ainda mais baixa que na "safra zero". Portanto, aplicar apenas nitrogênio em doses entre 70 a 100 kg ha<sup>-1</sup>, de acordo com o desenvolvimento dos novos ramos. Como a brotação da planta é lenta, deve-se iniciar

as adubações somente quando os ramos possuírem cerca de 20 cm de comprimento, para evitar as perdas de N.

**Recomendações básicas de fertirrigação para a cafeicultura:**

A fertirrigação tem sido praticada na cafeicultura brasileira por meio de equipamentos de pivô central, mais frequente na região oeste do estado da Bahia, e sistema de gotejamento bastante difundido nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil.

Com pivô central o plantio é circular, e na maioria das vezes com o uso de emissores LEPA (Low Energy Precision Application), um método eficiente de aplicação de água às culturas perenes. O LEPA promove redução nas perdas de água por deriva devido à ação dos ventos ou evaporação, melhor localização dos fertilizantes na fertirrigação e, por conseguinte, aumento na eficiência de uso da água, nutrientes e na produtividade das culturas. A fertirrigação no pivô central é bastante simples, pois basta dissolver fertilizantes solúveis como a ureia e o cloreto de potássio num tanque no centro do equipamento e injetar a solução por meio de bomba. Os cuidados principais nesse sistema são evitar soluções muito concentradas de fertilizantes para prevenir queimaduras de folhas e controlar a acidificação do solo, uma vez que essas fontes de nutrientes, apesar do custo mais baixo, são muito acidificantes.

O sistema de fertirrigação por gotejamento tem por característica a aplicação localizada da água e nutrientes sob a copa do cafeeiro, num bulbo úmido que representa aproximadamente 15% a 20% da área do cafezal. Cafezais fertirrigados, quando bem manejados, têm produtividade elevada o que demanda mais nutrientes. A principal vantagem desse sistema é a maior eficiência de uso de água e nutrientes. Como desvantagem ocorre concentração de raízes no bulbo, onde a concentração elevada de fertilizantes pode prejudicar o sistema radicular do cafeeiro por salinidade e forte acidificação do solo. Para minimizar esses efeitos, é recomendável que todo o fósforo e cerca de 40% das doses de N e K, necessárias para atender a produtividade esperada, sejam supridos via adubação sólida convencional. Isso tem a vantagem adicional de fornecer nutrientes para as raízes fora da região do bulbo.

Muitas das informações e conceitos estão sendo desenvolvidos ou aperfeiçoados. Por exemplo, experimento de campo de longa duração conduzido recentemente no Instituto Agronômico demonstrou que o

fornecimento de nitrogênio pela fertirrigação deve levar em conta a relação N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dos fertilizantes empregados. O ideal é manter esta relação acima de 4:1, ou seja, quatro partes da dose de N na forma nítrica e uma parte na forma amoniacal. Essa recomendação é importante para evitar a acidificação excessiva do solo e, por conseguinte, toxidez de elementos como alumínio e manganês, poderá comprometer a sustentabilidade do sistema. Para tanto, é necessário substituir pelo menos 50% do N de fertilizante com reação ácida, como o nitrato de amônio, por fertilizante com reação neutra como o nitrato de cálcio. O uso de ureia, apesar do custo mais baixo, deve ser reduzido na fertirrigação de cafezais devido à sua alta capacidade de acidificação dos solos. Os resultados desse experimento demonstraram também que a substituição de 50% das doses de K, na forma de cloreto de potássio por nitrato de potássio ou sulfato de potássio, além de aumentar a produtividade, melhora a qualidade de bebida do café. Essas fontes de nutrientes são mais caras do que as convencionais, razão por que devem ser utilizadas em cafezais de alto rendimento.

### 3.3. CANA-DE-AÇÚCAR

---

José Antonio Quaggio (¹)  
Heitor Cantarella (¹)  
Bernardo van Raij (¹)  
Rafael Otto (²)  
Claudimir Pedro Penatti (³)  
Raffaella Rossetto (¹)  
Godofredo Cesar Vitti (²)  
Gaspar Henrique Korndörfer (⁴)  
Paulo Cesar Ocheuse Trivelin (⁵)  
Estêvão Vicari Mellis (¹)  
Henrique Coutinho Junqueira Franco (³)  
Glauber José de Castro Gava (¹)  
André Cesar Vitti (⁶)  
Fabio Luiz Dias (¹)

#### 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

**A**cana-de-açúcar cultivada (*Saccharum* spp.) é geralmente um híbrido de até cinco espécies de plantas do gênero *Saccharum*. A presente recomendação foi ajustada para as condições de cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo e com palha preservada sobre o solo.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Departamento de Solos, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP).

(³) Consultor autônomo.

(⁴) Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

(⁵) Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP).

(⁶) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Piracicaba (SP).

Um dos objetivos da presente recomendação é permitir, por meio do manejo de nutrientes, o aumento das produtividades médias da cana-de-açúcar, estacionadas em menos de 80 t ha<sup>-1</sup> há muitos anos, para mais de 100 t ha<sup>-1</sup>, reconhecendo, porém, que as práticas de correção do solo e adubação isoladamente não são suficientes. Em relação à versão anterior, foi reforçada a recomendação para aplicações de calcário e gesso durante o ciclo das soqueiras e foram estabelecidas doses mais elevadas de micronutrientes no plantio e de fósforo e micronutrientes nas soqueiras. A meta é manter a fertilidade do solo em níveis médios durante todo o ciclo da cultura visando atenuar a queda de produtividade com o envelhecimento das soqueiras e promover o aumento do número de cortes do canavial, evitando também que o solo chegue exaurido na época da reforma. Reformar canaviais em solos muito empobrecidos implica em maiores investimentos em insumos e concentrações de fertilizantes no sulco de plantio ou próximo deste, restringindo o aproveitamento dos nutrientes.

A cana-de-açúcar extrai e exporta grandes quantidades de nutrientes. Para uma produção de colmos de 100 t ha<sup>-1</sup>, a planta acumula na parte aérea aproximadamente 150, 46 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, exportando com os colmos, 90, 35 e 130 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. As quantidades de micronutrientes exportadas correspondem em média, 120 g B, 260 g Cu, 1.400 g Fe, 970 g Mn, 160 g Mo e 350 g Zn por 100 t de colmo. Os cálculos das adubações consideram a necessidade de pelo menos repor os nutrientes removidos pela colheita em solos com teores baixos dos mesmos.

## 2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIAGNOSE FOLIAR

A composição em macronutrientes é apresentada na tabela 1, bem como as faixas de produtividades mais comuns. A tabela 2 contém as faixas de teores foliares consideradas adequadas de macro e micronutrientes.

**Tabela 1.** Nutrientes removidos com a colheita da cana-de-açúcar sem despalha a fogo, expressos em relação à quantidade de colmos colhidos, e teor de nutrientes na palha

Parte colhida	Quantidade de nutrientes removida						Produtividade t ha <sup>-1</sup>
	N	P	K	Ca	Mg	S	
	kg t <sup>-1</sup> de colmos frescos						
Colmos <sup>(1)</sup>	0,9	0,15	1,1	0,4	0,2	0,2	80-200
Planta toda <sup>(2)</sup>	1,5	0,20	1,5	0,7	0,4	0,3	100-220
	kg t <sup>-1</sup> de palha (matéria seca)						
Palha <sup>(3)</sup>	5,4	0,60	6,0	3,0	1,1	0,9	6-25

<sup>(1)</sup> Com a colheita mecânica, parte dos ponteiros também é removida com os colmos.

<sup>(2)</sup> Colmo, folha seca e ponteiro.

<sup>(3)</sup> Palha (matéria seca): ~13% da produção de colmos (massa fresca).

### 3. INSTRUÇÕES PARA AMOSTRAGEM DE FOLHAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Amostrar 30 plantas durante a fase de maior desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar, com pelo menos quatro internódios. Na região Centro-Sul, essa ocorre entre os meses de dezembro a fevereiro. Aproveitar os 20 cm centrais, excluída a nervura central, da folha +1 (Kuijper), que é a folha mais alta no colmo a apresentar a inserção da baínha (ou colar) visível. Esta folha é, às vezes, erroneamente chamada de folha +3 por ser geralmente a terceira folha a partir do cartucho.

**Tabela 2.** Faixas de teores adequados de macro e micronutrientes da cana-de-açúcar

Macronutrientes		Micronutrientes	
	g kg <sup>-1</sup>		mg kg <sup>-1</sup>
<b>N</b>	18-25	<b>B</b>	5-15
<b>P</b>	1,5-3,0	<b>Cu</b>	5-15
<b>K</b>	10-16	<b>Fe</b>	40-250
<b>Ca</b>	2,0-5,0	<b>Mn</b>	25-100
<b>Mg</b>	1,0-2,5	<b>Mo</b>	0,5-2,0
<b>S</b>	1,2-2,0	<b>Zn</b>	10-30

A composição foliar é afetada pela variedade de cana, solo, clima e época de amostragem. Assim, os limites apresentados são referência, indicando faixas de teores comuns em canaviais bem supridos de nutrientes. Teores menores que os limites mínimos devem ser tomados apenas como indício de deficiência. Além disso, teores acima do limite superior das faixas podem indicar suficiência do nutriente, mas não excesso que prejudique a produtividade.

#### 4. AMOSTRAGEM DE SOLO E ESPAÇAMENTO DA CULTURA

Antes do plantio da cana-de-açúcar, retirar amostra composta (15 a 20 pontos por gleba) da área total. Em soqueiras, retirar amostras a cerca de 25 cm da linha de soqueira onde o efeito da adubação se manifesta. Amostrar a camada de 0-25 cm para fins de cálculo de calagem e adubação e de 25-50 cm para avaliar a acidez em profundidade, a disponibilidade de S e a necessidade calagem e gessagem.

**Espaçamento:** Simples: 1,0 m a 1,8 m entrelinhas (mais comum 1,5 m); combinados ou alternados: 1,4 m a 1,6 m x 0,4 m a 0,9 m (mais comum 0,9 m x 1,5 m).

**Calagem, gessagem e fosfatagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% na camada superficial do solo (0-25 cm), porém, não menos que 1,5 t ha<sup>-1</sup> do corretivo (PRNT = 100%). Em solos muito ácidos abaixo da camada de 25 cm, especialmente se a saturação por bases em profundidade for inferior a 50% ou saturação por alumínio maior que 30% da CTC efetiva, a correção de acidez em profundidade ajuda o crescimento de raízes e reduz o impacto do período seco. Nesse caso, aumentar a dose de calcário para prever a correção a maior profundidade, fazendo o cálculo para elevar a saturação por bases a 70% na camada de solo de 25-50 cm. Somar a dose de calcário calculada para a camada subsuperficial àquela da camada superficial. Aplicar o calcário em área total, incorporando ao solo o mais profundo e com a maior antecedência possível, idealmente três a quatro meses antes do plantio. Em solos com teores baixos de magnésio, usar calcário com pelo menos 12% de MgO, visando manter o teor de Mg<sup>2+</sup> acima de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na camada superficial.

A cada dois anos amostrar o solo das soqueiras e corrigir sua acidez calculando a quantidade de calcário para elevar a saturação por bases do solo a 70% na camada superficial. Aplicar o calcário, quando necessário, em área total, logo após o corte, sem necessidade de incorporação em áreas com palha. Esse manejo visa evitar que o solo chegue ao período de reforma com excesso de acidez e/ou baixa fertilidade.

**Gessagem:** O gesso deve ser aplicado no plantio ou em soqueiras com base na análise da amostra composta de solo retirada na camada de 25-50 cm de profundidade. A gessagem é necessária quando constatada saturação por bases do solo inferior a 40% ou saturação por alumínio acima de 30% da CTC efetiva. Calcular a dose de gesso de acordo com a textura do solo, pela fórmula:

$$\text{Argila (em g kg}^{-1}\text{)} \times 6 = \text{kg ha}^{-1} \text{ de gesso a aplicar}$$

Caso o critério acima não apontar necessidade de gesso e o teor de  $\text{S-SO}_4^{2-}$  na camada de 25-50 cm for inferior a  $15 \text{ mg dm}^{-3}$ , aplicar  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso como fonte de enxofre, quantidade suficiente para 2 ou 3 cortes.

O efeito do gesso no solo dá-se abaixo da camada arável e perdura por vários anos. No plantio, o gesso deve ser aplicado após o calcário e incorporado até 20 cm de profundidade.

**Fosfatagem:** A fosfatagem consiste na aplicação de adubos fosfatados incorporados ao solo em área total para elevar a disponibilidade desse nutriente em solos pobres. Essa aplicação de P é em adição às doses recomendadas para a cultura. Vide detalhes nas recomendações da adubação mineral de plantio.

**Estratégias de manejo:** O gesso é produto estratégico para a cultura da cana-de-açúcar, pois além do seu efeito comprovado na melhoria do ambiente radicular, é excelente fonte de enxofre e de cálcio com custo baixo. Sua utilização permite o uso de fórmulas  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$  de altas concentrações (que não apresentam enxofre), tanto no plantio como no cultivo das soqueiras, o que reduz os custos com a adubação da cultura.

A indústria canavieira cultiva áreas extensas e renova cerca de 20% da área anualmente. Realizar a gessagem também nas soqueiras se a análise de solo indicar a necessidade. Por questões operacionais, a calagem e a gessagem nas soqueiras podem ser feitas em anos alternados.

## 5. USO DE SUBPRODUTOS<sup>(1)</sup> DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA E ADUBAÇÃO VERDE

**Vinhaça:** Definir a dose de vinhaça conforme a necessidade de K da cultura e não exceder a dose máxima de acordo com a legislação ambiental local. A legislação do estado de São Paulo (norma CETESB P4-231) limita a quantidade máxima de vinhaça àquela que eleva o teor de K trocável a 5% da CTC do solo na camada de solo até 0,8 m de profundidade, acrescida da quantidade removida pela colheita (estimada em 185 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O). Se a dose de vinhaça for insuficiente para atender as recomendações de K da tabela, complementar com adubo mineral.

Todo o K contido na vinhaça é prontamente disponível. Descontar 70% do N contido na vinhaça in natura da adubação nitrogenada. Para a vinhaça concentrada, descontar 50% do N.

Doses de vinhaça entre 10 e 30 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, aplicadas sobre ou próxima às soqueiras, reciclam nutrientes e podem ser enriquecidas com diferentes fertilizantes, contendo N, P, micronutrientes e, em certas situações, K. Isto permite flexibilidade para obter formulações que atendam as demandas nutricionais dos diferentes talhões. Entre outras vantagens estão a maior precisão de aplicação, localização dos fertilizantes próximo das plantas e ganhos operacionais devido ao uso de vinhaça e nutrientes simultaneamente.

**Torta de filtro:** Esta pode ser usada in natura, em mistura com outros subprodutos, compostada ou apenas revolvida para redução da umidade. A torta pode ser aplicada em pré-plantio, de preferência no sulco de plantio em doses entre 10 a 30 t ha<sup>-1</sup>, em base úmida, ou próximo da linha da soqueira. Devido à sua composição, a torta de filtro é um adubo orgânico ideal para aplicação no plantio. Quando a relação C:N da torta for inferior 25:1 deduzir 50% do N contido na torta da dose do nutriente recomendada na tabela. Reduzir também o equivalente a

<sup>(1)</sup> Identificados como “resíduos da indústria sucroenergética” por órgãos ambientais.

60% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100% do K<sub>2</sub>O contidos na torta da adubação mineral recomendada. Opcionalmente, para torta in natura, pode-se considerar apenas seu efeito como condicionador de solo e o aporte de nutrientes como um investimento adicional para elevar a fertilidade do solo.

Outros subprodutos, tais como cinzas de caldeira e fuligem, podem ser aplicados com vantagem no sulco de plantio ou a lanço, ou ainda compostados com torta de filtro, contribuindo para a reciclagem de nutrientes.

**Adubação verde:** Na reforma do canavial é conveniente fazer rotação com adubo verde ou culturas leguminosas de grãos. As espécies recomendadas são as crotalárias, soja e amendoim, dependendo da região e da incidência de pragas e nematoides. Em caso de uso de adubo verde com leguminosas de grande produção de fitomassa, a adubação nitrogenada da cana-planta pode ser dispensada.

## 6. ADUBAÇÃO MINERAL DE PLANTIO

Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme as tabelas 3 e 4.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação para cana-de-açúcar, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produti- vidade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
		<7	7-15	16-40	>40	<0,8	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup> <sup>(1)</sup>	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—	—	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup>	—	—	—
<100	30	180	140	80	40	140	120	100	60
100-130	30	180	160	100	60	160	140	120	80
130-150	30	200 <sup>(2)</sup>	180	120	80	180	160	140	100
150-170	30	200 <sup>(2)</sup>	180	140	100	200	180	160	120
>170	30	200 <sup>(2)</sup>	200	140	100	220	200	180	120

<sup>(1)</sup> Complementar a adubação de plantio com 30 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura, maiores doses para áreas com solos mais argilosos ou preparo reduzido/plantio direto, ou com maiores expectativas de produtividade. Aplicar o N na operação de quebra-lombo, antes da formação de colmos, junto à adubação complementar de K.

Continua

**Tabela 3.** Conclusão

<sup>(2)</sup> A fosfatagem é recomendada para solos com teores de P muito baixos (<7 mg dm<sup>-3</sup>). Esta deve ser feita após a calagem e a gessagem, com aplicação de P a lanço, em área total, seguida de incorporação superficial (10-20 cm), próximo do período do plantio. Para a fosfatagem, aplicar 120 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para solos com até 25% de argila e 150 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para os demais solos, considerando o teor total de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da fonte utilizada. Quando for feita a fosfatagem, completar com 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de plantio, independentemente da faixa de produtividade de colmos esperada.

<sup>(3)</sup> O cloreto de potássio, fonte mais comum de K, traz riscos de excesso de salinidade se aplicado em doses altas no sulco, especialmente em solos arenosos e períodos secos. A opção é aplicar no máximo 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de plantio e o restante durante a operação de quebra lombo, ou a aplicação a lanço em pré-plantio. É dispensável a aplicação de adubo potássico em solos com teores acima de 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Quando não for feita a gessagem, aplicar 50 kg ha<sup>-1</sup> de S se o solo apresentar teor de S inferior a 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 25-50 cm.

**Tabela 4.** Micronutrientes recomendados em função da análise de solo

B		Cu		Mn		Zn	
Teor no solo	Dose a aplicar						
mg dm <sup>-3</sup>	kg ha <sup>-1</sup>						
<0,2	2,0	<0,3	5,0	<1,2	5	<0,6	10
0,2-0,6	1,0	0,3-0,8	0	1,2-5,0	0	0,6-1,2	5
>0,6	0	>0,8	0	>5,0	0	>1,2	2

Estudos recentes têm mostrado respostas consistentes principalmente ao Zn e ao Mo. As altas doses de Zn e de Mo adicionadas no plantio têm efeito residual para todo o ciclo da cana.

Para as doses mais altas de Zn, com ou sem outros micronutrientes, a aplicação de uma vez no sulco de plantio pode não ser viável. Se necessário, parte dos micronutrientes pode ser aplicada no sulco de plantio (incorporada em formulações N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, ou em solução ou em uma aplicação separada utilizando uma terceira caixa de adubo na operação de sulcação e adubação) e parte antes da operação de quebra-lombo.

**Molibdênio:** Aplicar 0,6 kg ha<sup>-1</sup> de Mo no sulco de plantio, diluido em água na operação de cobrição. Essa aplicação pode ser substituída pela aplicação foliar, aos quatro meses após a brotação, de 0,3 kg ha<sup>-1</sup> de Mo. Nesse caso, o Mo também deve ser aplicado nas soqueiras subsequentes.

Aplicar o B de preferência na operação de quebra-lombo para evitar fitotoxicidade.

**Fontes de micronutrientes:** Para Cu, Mn e Zn, preferencialmente sulfato ou oxisulfato; B: ácido bórico, octaborato de sódio ou ulexita. O ácido bórico ou o octaborato de sódio podem ser diluídos em água e a ulexita misturada com formulações N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

## 7. ADUBAÇÃO MINERAL DA CANA-SOCA

Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 5.

**Micronutrientes em soqueiras:** O Cu, Mn e Zn recomendados para a cana-planta devem ser suficientes para o ciclo todo para produtividades médias. Deficiências de micronutrientes, especialmente Zn, Mn e B têm sido frequentemente observadas em soqueiras, especialmente em áreas não adubadas com micronutrientes no plantio. Aplicações foliares têm se mostrado mais eficientes do que via solo. Recomenda-se aplicar 2-3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn e 1-2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn. Para tanto, são necessárias pelo menos duas aplicações foliares desses micronutrientes junto ao tratamento fitossanitário. A adubação com B pode ser realizada nas soqueiras tanto via solo como foliar, mediante constatação de teores baixos no solo. A dose recomendada para soqueiras varia de 1 a 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de B.

Aplicar 0,3 kg ha<sup>-1</sup> de Mo via foliar caso este não tenha sido aplicado no sulco de plantio, devendo essa aplicação ser repetida em todas as safras subsequentes. A aplicação foliar com Mo deve ser feita aos 4 meses após a rebrota ou quando as plantas estiveram na fase de máximo perfilhamento.

**Tabela 5.** Recomendações de adubação para soqueiras de cana-de-açúcar, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada <sup>(1)</sup>	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
		<7	7-15	16-40	>40	<0,8	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—	—	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup>	—	—	—
<80	80	40	20	0	0	100	80	60	40
80-100	100	40	20	0	0	140	100	80	60
100-120	120	60	40	30	0	160	120	100	80
120-140	140	60	40	30	0	180	140	120	100
>140	160	60	40	30	0	200	160	140	100

<sup>(1)</sup> Usar a produtividade do ciclo anterior ou a expectativa de produção para o próximo ciclo, a que for maior. Aplicar os adubos ao lado ou sobre as linhas de cana.

<sup>(2)</sup> Doses para cana colhida sem queima. Em áreas que recebem vinhaça, descontar 70% do N contido na vinhaça in natura e 50% do N de vinhaças concentradas. Em áreas com aplicação frequente de vinhaça, caracterizadas pela alta saturação de K (acima de 5% na CTC) a resposta da cana à adubação nitrogenada é baixa ou nula; nesse caso dispensar a adubação nitrogenada ou reduzi-la à metade para áreas com produtividades acima de 120 t ha<sup>-1</sup> de colmos.

<sup>(3)</sup> As doses de K<sub>2</sub>O recomendadas para a faixa de teor de 0,8 a 1,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> repõem aproximadamente o K exportado com o colmo. Quando a palha é mantida sobre o solo, o K nela contido é liberado em um curto/médio espaço de tempo. Por exemplo, 10 t ha<sup>-1</sup> de palha contém aproximadamente 70 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, que poderão ser descontados da adubação potássica da tabela. Não aplicar adubo potássico em solos com teores acima de 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Em áreas que recebem vinhaça, descontar da adubação potássica da tabela todo o K contido na vinhaça pois 100% do mesmo estará disponível para a cultura.

## 3.4. CITROS

### (Gênero *Citrus*)

José Antonio Quaggio (¹)

Dirceu Mattos Jr. (¹)

Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

Fernando Cesar Bachiega Zambrosi (¹)

Heitor Cantarella (¹)

#### 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

**A**citricultura contribui com o maior volume da produção brasileira de frutas (cerca de 55% do volume das oito principais frutíferas), obtido com alta produtividade, resultado da adoção de tecnologias como adensamento de plantio, adubação, irrigação e fertirrigação. Os citros compreendem um grande grupo de plantas do gênero *Citrus* spp. (laranjas, tangerinas, mexericas, limões, limas ácidas como o Tahiti e o Galego, e doces como a Lima-da-pérsia, pomelo, cidra, laranja-azeda e toranjas) e outros gêneros correlatos (*Fortunella* e *Poncirus*) ou híbridos da família Rutaceae. Devido à importância da citricultura para o agronegócio paulista e o volume de informações geradas pela pesquisa, as recomendações de manejo de calagem e adubação dos citros são apresentadas em um capítulo independente de outras frutíferas.

#### 2. EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES

As quantidades de nutrientes exportadas com a colheita são indicadores importantes para o dimensionamento das adubações e para o cálculo de eficiência de aproveitamento dos fertilizantes ao nível de propriedade agrícola ou gleba cultivada. A tabela 1 apresenta as

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

quantidades de nutrientes exportadas com a colheita de frutas cítricas. Esses valores se aplicam para pomares com produtividades de 30 a 60 t ha<sup>-1</sup> de frutos.

**Tabela 1.** Conteúdo de nutrientes exportado por tonelada de fruto colhido

	N	P	K	Ca	Mg	S
kg t <sup>-1</sup>						
Citros	1,9-2,4	0,15-0,21	1,3-2,1	0,45-0,64	0,11-0,15	0,10-0,18
g t <sup>-1</sup>						
B	Cu	Fe	Mn	Zn		
Citros	2,0-6,0	0,4-0,7	3,0-5,0	1,0-3,0	1,0-3,0	

### 3. AMOSTRAGEM E ANÁLISE QUÍMICA DE FOLHA

Os citros armazenam grande quantidade de nutrientes na biomassa que podem ser redistribuídos, principalmente, para órgãos em desenvolvimento como folhas e frutos. Assim, a análise foliar é uma ferramenta útil para complementar a análise de solo e aferir o equilíbrio nutricional da planta. Além disso, para o caso do nitrogênio (N), cujos métodos de análise de solo não têm consistência no diagnóstico, o teor do nutriente nas folhas é usado como critério direto de avaliação da disponibilidade de N para as plantas.

### 4. INSTRUÇÕES PARA A AMOSTRAGEM FOLIAR PARA CITROS

Coletar a 3<sup>a</sup> ou 4<sup>a</sup> folha do ramo com fruto terminal, geradas na primavera, com aproximadamente seis meses de idade, normalmente de fevereiro a março, em ramos com frutos de 2 a 4 cm de diâmetro. Amostrar pelo menos 20 árvores por talhão, coletando quatro folhas não danificadas por árvore, uma em cada quadrante e na altura mediana da copa.

Pulverizações com adubos foliares, e/ou o uso de defensivos contendo nutrientes, podem deixar parte dos elementos aderidos na

superfície do limbo foliar por vários meses e levar ao erro de interpretação da análise; assim, quando possível, é recomendável não coletar folhas em um intervalo mínimo 30 dias após a última pulverização. As amostras devem ser acondicionadas em sacos de papel e enviadas para o laboratório em período inferior a dois dias após a coleta no campo.

Os valores de concentrações de nutrientes nas folhas de citros e suas interpretações estão na tabela 2.

**Tabela 2.** Faixas para interpretação de teores de macro e micronutrientes nas folhas de citros, geradas na primavera, com seis meses de idade, de ramos com fruto terminal com 2 a 4 cm de diâmetro

Nutriente	Baixo	Adequado	Alto
$\text{g kg}^{-1}$			
<b>N: Citros geral</b>	<25	25-30	>30
<b>N: Limões e lima ácida Tahiti</b>	<20	20-24	>24
<b>P</b>	<1,2	1,2-1,6	>1,6
<b>K</b>	<10	10-15	>15
<b>Ca</b>	<35	35-50	>50
<b>Mg</b>	<3,5	3,5-5,0	>5,0
<b>S</b>	<2,0	2,0-3,0	>3,0
$\text{mg kg}^{-1}$			
<b>B</b>	<50	50-150	>150
<b>Cu</b>	<10	10-20	>20
<b>Fe</b>	<50	50-150	>150
<b>Mn</b>	<30	30-60	>60
<b>Mo</b>	<0,5	0,5-2,0	>2,0
<b>Zn</b>	<35	35-70	>70

Teores altos dos micronutrientes metálicos, especialmente Cu, às vezes podem ser encontrados na análise de folha sem que esta apresente sintomas de toxicidade, o que pode levar à interpretação errônea do estado nutricional, pois estes nutrientes podem apenas estar aderidos à superfície da folha sem exercer papel metabólico na planta.

Os teores foliares dos nutrientes não dependem unicamente da disponibilidade do elemento no solo, pois sofrem influência de vários outros fatores como taxa de crescimento da planta, idade da folha, combinações copa e porta-enxerto, e interações com outros nutrientes. Os teores de nutrientes com alta redistribuição dentro da planta, como N, P e K, diminuem com a idade da folha, enquanto os teores de nutriente imóveis como Ca e B, por exemplo, aumentam nas folhas mais velhas. Assim, pelos motivos citados, as folhas coletadas para análise devem ser da mesma idade daquelas que foram usadas na tabela de interpretação (Tabela 2).

## 5. AMOSTRAGEM DE SOLO EM POMARES

A amostragem de solo deve ser feita em glebas ou talhões homogêneos quanto à cor e textura do solo, posição no relevo e manejo do pomar, idade das árvores, combinações de copa e porta-enxerto e produtividade.

Coletar as amostras nas profundidades de 0-20 cm para as recomendações de adubação e a calagem. Coletar solo na camada de 20-40 cm para o diagnóstico de barreiras químicas ao desenvolvimento das raízes, ou seja, deficiências de Ca e ou excesso de alumínio, como também para aferir movimentação ou perda de nutrientes abaixo da camada com maior concentração de raízes. Coletar de 15 a 20 subamostras por talhão, com trados do tipo holandês ou sonda.

Antes da implantação do pomar, coletar o solo nas profundidades de 0-0 cm e 20-40 cm percorrendo a área em zigue-zague. Após o plantio, em pomares não irrigados, amostrar na faixa de adubação, sendo uma subamostra coletada cerca de 50 cm para dentro e outra 50 cm para fora da projeção da copa das árvores. Para pomares fertirrigados, amostrar dentro do bulbo úmido, de 20 cm a 30 cm da linha de gotejo em direção oposta ao tronco da árvore.

Amostrar o solo anualmente na camada de 0-20 cm e a cada dois anos na camada de 20-40 cm. Coletar as amostras após 2/3 da adubação anual ter sido realizada, mantendo um intervalo mínimo de 30 a 45 dias após o último parcelamento da adubação sólida.

## 6. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA OS CITROS

**Introdução:** As recomendações para o manejo da fertilidade do solo na citricultura paulista contemplam todo avanço obtido nas últimas duas décadas de pesquisa no Brasil. Os novos conhecimentos certamente vêm contribuindo para o grande salto em produtividade da citricultura paulista nos últimos anos, que passou de 10 t ha<sup>-1</sup> em 1980 para 40 t ha<sup>-1</sup> em 2020, sendo que os melhores pomares alcançam médias acima de 50 t ha<sup>-1</sup>.

Os citros têm algumas particularidades e demandas nutricionais diferenciadas, como o fato do cálcio ser o nutriente em maiores concentrações nas folhas em comparação com outras culturas. Espécies e porta-enxertos também têm demandas diferenciadas. Entre os avanços recentes destacam-se os ajustes nas recomendações de nutrientes dos novos porta-enxertos que substituíram o limão-cravo; as novas informações sobre a resposta e o manejo de micronutrientes em citros e o preparo reduzido solo, com plantio das mudas em faixas e incorporação profunda de calcário e fósforo no sulco de plantio, o que proporciona desenvolvimento mais rápido das mudas, produtividade mais precoce e boa conservação do solo. Outro fator importante no ganho de produtividade da citricultura foi o adensamento de plantio, associado com irrigação e fertirrigação, que tem permitido aumentos de 20% a 25% na eficiência de uso de nutrientes.

A presente tabela de recomendações leva em conta exigências de espécies e porta-enxertos, e também das características de frutas para diferentes mercados. Por exemplo, o mercado de frutas frescas requer frutos de maior tamanho e casca firme; para a indústria de sucos, a adubação visa otimizar a produtividade por área.

**Espaçamento:** O adensamento de plantio na citricultura aumentou nos últimos anos devido principalmente à incidência do HLB ou *greening*, cujo manejo pode levar à erradicação de grande número de plantas anualmente. Desta maneira, o espaçamento de plantio está sendo reduzido com o objetivo de mitigar as perdas de plantas ao longo da vida útil dos talhões. Atualmente, os espaçamentos recomendados entrelinhas de plantio variam de 6 m a 7 m, enquanto os entre plantas variam de 2 m a 3 m.

**Calagem:** Os citros são exigentes em cálcio e produzem melhor em solos próximos da neutralidade. A calagem no plantio merece atenção especial, pois esta é a melhor oportunidade para a incorporação do calcário e para corrigir a acidez nas camadas mais profundas do solo. Antes da implantação do pomar, o calcário deve ser aplicado na faixa de plantio das mudas, com largura ao redor de 2 m, e incorporado com grade pesada o mais profundamente possível. Aplicar calcário para elevar a saturação por bases (V) a 70% e manter o teor de magnésio em pelo menos  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na camada de 0-20 cm de profundidade. Caso a saturação por bases da camada de 20-40 cm seja inferior a 25%, aumentar em 50% a dose de calcário aplicado nesta faixa. Além da calagem na faixa, uma dose adicional de calcário deve ser aplicada também no sulco de plantio, à taxa de  $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$  por metro de sulco, e posteriormente misturado ao solo até a profundidade de 25 cm a 30 cm com subsolador de três hastas, o qual também realiza a incorporação do fósforo em profundidade, como descrito adiante. O restante da área dos talhões, ou seja, o meio das ruas, deverá receber a mesma dose de calcário, em  $t \text{ ha}^{-1}$ , recomendada para a faixa de plantio, porém a incorporação deverá ser feita em ruas alternadas para a maior proteção do solo contra a erosão.

Em pomares já plantados, cerca de 70% da dose de calcário deve ser aplicada sob a projeção das copas das plantas e o restante na rua. Em pomares fertirrigados, toda a dose deve ser aplicada sob a projeção da copa, devido à acidificação do solo ser mais intensa nesta região.

**Gessagem:** Em pomares instalados, da mesma forma que o calcário, o gesso deve ser distribuído de forma localizada na faixa de adubação, quando os teores foliares de cálcio forem menores que  $35 \text{ g kg}^{-1}$ . Assim, aplicar  $1,0$ ,  $1,5$  ou  $2,0 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, respectivamente, para solos arenosos ( $<200 \text{ g kg}^{-1}$  de argila), de textura média ( $200\text{-}400 \text{ g kg}^{-1}$  de argila) ou argilosos ( $>400 \text{ g kg}^{-1}$  de argila).

**Adubação de sulco de plantio:** Aplicar  $90 \text{ g}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de  $120$  a  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . A experiência de vários anos somada aos resultados de pesquisas tem demonstrado as vantagens da adubação desta aplicação extra de P em profundidade no sulco de plantio após a calagem. O citricultor deve dar preferência a fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível, contendo zinco. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para

facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado.

**Adubação de formação:** Durante a fase de formação do pomar, até o quarto ano, as doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O recomendadas levam em conta a idade do pomar e os resultados da análise de solo para P e K para atender às necessidades de crescimento da copa e o início de produção de frutos (Tabela 3). Ajustes nas doses recomendadas de P e K devem ser feitos levando em conta o porta-enxerto plantado. As doses de N e K devem ser parceladas de 4 a 6 vezes, entre setembro a março. Maior número de parcelamentos é necessário nos primeiros anos após o plantio das mudas. A aplicação de P deve ser preferencialmente em dose única, antes do primeiro parcelamento de N e K, geralmente entre os meses de julho a agosto.

No passado, as recomendações de nutrientes para o período de formação dos citros eram feitas para plantas até a idade de 4 a 5 anos. Entretanto, o aumento da densidade de plantio e plantas mais próximas entre si, permitiu ganhos na eficiência fertilizante. Além disso, com o adensamento de plantio, o antigo cálculo de dose de adubo por planta resultava em doses por área muito elevadas, o que gerava plantas excessivamente vigorosas. Para superar esses problemas, as recomendações atuais para a formação dos citros são calculadas por área, conforme a tabela abaixo.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação para citros em formação, em função da idade da planta e da análise do solo<sup>(1)</sup>

<b>Idade</b>	<b>N</b>	<b>P resina, mg dm<sup>-3</sup></b>			<b>K<sup>+</sup> trocável, mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></b>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
<b>Anos</b>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
<b>0-1</b>	70	15	15	15	15	10	0
<b>1-2</b>	100	60	45	30	50	30	10
<b>2-3</b>	140	90	60	45	90	60	40
<b>3-4</b>	180	120	90	60	120	90	60

<sup>(1)</sup> Para copas sobre tangerinas Cleópatra e Sunki, aumentar a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em 20%; para copas sobre citrumelo Swingle aumentar a dose de K<sub>2</sub>O em 20%.

**Adubação de produção:** A adubação para pomares em produção leva em conta, além da disponibilidade de nutrientes no solo, os teores foliares de N e a produtividade esperada. Foram estabelecidas recomendações da adubação N, P e K para os grupos de variedades de laranjas, considerando a qualidade e o destino da fruta, que pode ser para a indústria (Tabela 4) ou para o mercado in natura (Tabela 5). A tabela 5 também deve ser utilizada para as tangerinas e o Tangor Murcott, os quais possuem demandas por nutrientes semelhantes às das laranjas para consumo in natura. A lima ácida Tahiti e os limões verdadeiros têm recomendações distintas e para estes, a tabela 6 deve ser utilizada. A lima ácida e os limões são mais eficientes no uso de N, razão pela qual as faixas de interpretação de N foliar são menores do que as de outros citros.

A adubação deve ser feita no período das águas (setembro a março), pois a demanda por nutrientes pelos citros é maior no início da primavera, quando ocorre o fluxo mais intenso de vegetação, e se estende até o início do outono, quando deve haver reserva suficiente e equilíbrio de nutrientes na biomassa das plantas para garantir os processos normais de diferenciação floral, floração e fixação dos frutos.

O parcelamento das doses de N e K é feito em 3 ou 4 aplicações durante o ano, o que aumenta a eficiência da adubação, por reduzir as perdas de nutrientes no solo com a água de drenagem, principalmente em solos arenosos, e por adequar a demanda de nutrientes em diferentes períodos do desenvolvimento das plantas. Aplicar 40% do N e K na época do florescimento e o restante dividido entre outubro e março do ano seguinte. O P pode ser aplicado numa só vez, no primeiro parcelamento, especialmente quando o solo do pomar apresentar teor de P abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup>.

Em variedades precoces, tais como Hamlin, Valênciá Americana, Rubi e Westin, maior proporção de adubo deve ser aplicada mais cedo: 40% na primeira, 40% na segunda e 20% na última parcela, a qual deverá ser realizada até o final do verão.

**Tabela 4.** Recomendações de adubação de laranjas para a indústria, em função das análises de solo e folhas e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N foliar, g kg <sup>-1</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<25	25-30	>30	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0 <sup>(1)</sup>
t ha <sup>-1</sup>	— kg ha <sup>-1</sup> de N —			— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —			— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —		
<30	160	140	90	80	60	30	100	80	60
31-40	180	160	120	100	80	40	120	100	80
41-50	200	180	160	120	100	50	160	140	100
51-60	220	200	180	140	120	60	180	160	120
>60	260	220	200	160	140	70	200	180	140

<sup>(1)</sup> Para teores muito altos de P (>80 mg dm<sup>-3</sup>) e de K (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) não aplicar esses nutrientes para evitar desequilíbrios entre nutrientes.

**Tabela 5.** Recomendações de adubação de laranjas para consumo in natura, tangerinas e tangor Murcott, em função das análises do solo e folhas e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N foliar, g kg <sup>-1</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<25	25-30	>30	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0 <sup>(1)</sup>
t ha <sup>-1</sup>	— kg ha <sup>-1</sup> de N —			— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —			— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —		
<30	120	100	80	80	60	30	120	100	80
31-40	140	120	100	100	80	40	160	140	100
41-50	180	160	120	120	100	50	200	180	140
>50	200	180	160	140	120	60	220	200	160

<sup>(1)</sup> Para teores muito altos de P (>80 mg dm<sup>-3</sup>) e de K (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) não aplicar esses nutrientes para evitar desequilíbrios entre nutrientes.

**Tabela 6.** Recomendações de adubação para lima ácida Tahiti e limões verdadeiros, em função das análises do solo e folhas e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N foliar, g kg <sup>-1</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<20	20-24	>24	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0 <sup>(1)</sup>
t ha <sup>-1</sup>	— kg ha <sup>-1</sup> de N —			— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —			— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —		
<30	100	80	60	60	40	20	140	120	100
31-40	120	100	80	80	60	30	160	140	120
41-50	160	140	100	100	80	40	200	180	160
51-60	180	160	120	120	100	50	240	220	180
>60	220	180	160	140	120	60	260	240	200

<sup>(1)</sup> Para teores muito altos de P (>80 mg dm<sup>-3</sup>) e de K (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) não aplicar esses nutrientes para evitar desequilíbrios entre nutrientes.

**Adubação com micronutrientes:** Os sintomas visuais de deficiência B, Zn e Mn são os mais frequentes em pomares de citros. A deficiência de Cu é mais comum durante a formação do pomar, uma vez que fungicidas cúpricos praticamente não são aplicados nessa fase. Deficiência de Cu também pode ser induzida por excesso de N.

Em plantas com idade inferior a 4 anos, recomenda-se 4 a 6 aplicações anuais, entre setembro a maio, de B, Cu, Mn e Zn nas folhas. Em pomares em produção realizar de 3 a 4 pulverizações com Mn e Zn, do início da primavera até o final das chuvas, procurando atingir as brotações novas e folhas expandidas. A adubação foliar com B, que pode ser juntada à de Mn e Zn, deve ser praticada somente como complemento à adubação via solo, geralmente em pomares em formação, pois a eficiência de uso desse nutriente é bem maior quando aplicado no solo.

A aplicação de B deve ser feita preferencialmente via solo, parcelado em 2 ou 3 vezes, na forma de ácido bórico dissolvido na solução de herbicidas de contato, como o glifosato, que constitui a forma mais prática e eficiente de aplicação do nutriente. Geralmente são feitas de 2 a 3 aplicações de herbicidas por ano, com o volume de calda de cerca de 200 L ha<sup>-1</sup> de área tratada, na qual a dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B (6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico) é facilmente dissolvida. Aplicar 2 kg ha<sup>-1</sup>

de B, independentemente da idade do pomar, com maior número de parcelamentos em pomares recém-plantados. Quando o solo possuir teor de B abaixo de 0,6 mg dm<sup>-3</sup> ou o porta-enxerto for o citrumelo Swingle, que é mais exigente em B, aumentar a dose anual para 3 kg ha<sup>-1</sup> de B.

As fontes mais recomendadas de micronutrientes metálicos para aplicação foliar são sais solúveis formados com íons sulfato, cloreto ou nitrato. Para o Cu, a mistura de sulfato e hidróxido tem sido a forma mais eficiente para fornecer o nutriente e evitar fitotoxicidade devido ao uso exclusivo na forma de sulfato. É importante ressaltar que o oxicloreto de Cu, comumente utilizado como fungicida, tem eficiência limitada como fonte do nutriente.

As soluções para pulverização foliar são preparadas com ureia como coadjuvante (ureia a 2,5 g L<sup>-1</sup>) e os micronutrientes, na forma de sais de sulfato e ácido bórico nas seguintes concentrações (em mg L<sup>-1</sup> de cada nutriente): B (200 a 300), Cu (100 a 125) Mn (300 a 700) e Zn (500 a 1.000). Nessa solução, para cada 1 kg de sulfato de Cu (pentahidratado) acrescentar 1,5 kg de hidróxido de Cu. Essas concentrações foram definidas para fornecer anualmente, em três aplicações foliares, as seguintes quantidades de micronutrientes: Cu (1,5 a 3,0 kg ha<sup>-1</sup>, sulfato + hidróxido), Mn (1,8 a 4,2 kg ha<sup>-1</sup>) e Zn (3,0 a 6,0 kg ha<sup>-1</sup>). O volume ideal de calda para a aplicação desses micronutrientes é de aproximadamente 2.000 L ha<sup>-1</sup>.

As menores concentrações de micronutrientes das recomendações acima são para a adubação de manutenção, enquanto as maiores são para a correção dos sintomas visíveis de deficiência. As soluções mais concentradas devem ser aplicadas durante as horas mais frescas do dia ou à noite, evitando também mistura com óleos mineral ou vegetal para não causar queimaduras em folhas e frutos.

Para as fontes de micronutrientes nas formas de cloreto ou nitrato, as concentrações acima indicadas devem ser reduzidas de 2 a 3 vezes; portanto, número maior de aplicações será necessário para manter a dose anual do nutriente desejada.

**Adubação foliar complementar:** O Mg tem sido um nutriente pouco utilizado no manejo da adubação dos citros, apesar dos resultados de pesquisa que demonstram sua importância para a nutrição de plantas, aumento da produtividade e qualidade dos produtos. A adubação

foliar com o Mg é uma estratégia eficiente para corrigir a deficiência desse nutriente em citros, principalmente pela facilidade de aplicação e possibilidade de misturas com outros produtos na calda de pulverização. Recomenda-se a aplicação de solução com 5-10 kg de sulfato de magnésio hidratado por 2.000 L da calda de pulverização, juntamente com as aplicações de micronutrientes.

Experimentos recentes em condições controladas com citros têm demonstrado que a adição de Mo aumenta a eficiência de uso de N. Essas respostas poderão ocorrer em pomares com altas produtividades, em solos com acidez moderada, arenosos e com baixo teor de matéria orgânica. A adubação foliar é também a forma mais eficiente para fornecer Mo para os citros. Nessas condições, recomenda-se de 2 a 3 aplicações anuais de solução contendo de 20 a 40 mg L<sup>-1</sup> de Mo, o que corresponde aproximadamente de 100 a 200 g de molibdato de amônio ou de sódio por 2.000 L de calda.

## 3.5. MILHO

**(*Zea mays*)**

---

Aildson Pereira Duarte (¹)  
Heitor Cantarella (¹)  
José Antonio Quaggio (¹)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**O**milho é o cereal mais plantado no Brasil, país que se transformou de importador a grande exportador em algumas décadas. O milho é um dos cereais mais estudados no mundo. Programas de melhoramento genético têm gerado cultivares e híbridos de alta produtividade, que são exigentes em nutrição mineral.

No Brasil o milho é plantado em duas épocas: a safra de verão e a segunda safra ou “safrinha”, esta geralmente após soja. Devido à importância da cultura na economia brasileira, as recomendações para milho são mais detalhadas e estão separadas daquelas dos demais cereais.

As recomendações de N em cobertura estão em tabelas separadas das adubações de semeadura ou plantio. Porém, para o milho, as doses de N recomendadas estão em tabelas que englobam N na semeadura e N em cobertura. Como as quantidades de N são altas e o cultivo do milho pode ser realizado também em segunda safra, com manejos específicos, a definição de uma dose para todo o ciclo é mais pertinente. As indicações de adubos que vão na semeadura e em cobertura são descritas no texto de cada tabela.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Agradecimento: A Luiz Eduardo Vilela Salgado, da LEVS Consultoria, pelas sugestões nas recomendações para a cultura do milho.

## 2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA, AMOSTRAGEM DE FOLHAS E DIAGNOSE FOLIAR

A tabela 1 apresenta os teores dos macronutrientes na planta inteira, que dá ideia da extração de nutrientes do solo, e na parte colhida, que indica quando o nutriente é exportado com a colheita do milho comum e do milho pipoca. Os resultados, para facilitade de cálculo, são expressos em referência a 1 tonelada de grão produzido.

Na tabela 2 são indicadas as faixas de interpretação de teores foliares de macro e micronutrientes para milho e milho pipoca.

Para a amostragem de folhas para o milho, coletar terço central da folha da base da espiga, na fase de pendoamento (50% das plantas pendoadas).

**Tabela 1.** Teores dos macronutrientes primários em cereais, na planta inteira e nos grãos, por tonelada de produto colhido

Cultura	Planta inteira				Parte colhida				
	N	P	K	S	N	P	K	S	
—— kg t <sup>-1</sup> de grãos ——								—— kg t <sup>-1</sup> de grãos ——	
Milho	24,2	4,6	19,0	2,2	13,1	2,1	3,1	0,9	
Milho pipoca	28,0	5,0	18,0	2,3	21,0	3,0	3,0	1,4	

**Tabela 2.** Faixas de teores adequados de macro e micronutrientes em folhas de milho e milho pipoca

Faixas de teores de macronutrientes					
N	P	K	Ca	Mg	S
———— g kg <sup>-1</sup> ——					
25-35	1,9-3,5	17-30	2,5-6,0	1,5-4,0	1,5-3,0
Micronutrientes					
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
———— mg kg <sup>-1</sup> ——					
7-17	6-15	70-200	40-100	0,1-0,2	20-50

### 3. MILHO PARA GRÃOS E SILAGEM

Aildson Pereira Duarte (¹)

Heitor Cantarella (¹)

José Antonio Quaggio (¹)

Nos últimos anos o perfil de produção da cultura do milho na agricultura brasileira vem se alterando. A maioria do milho é plantado em sistemas de rotação ou sucessão de culturas, especialmente com a soja ou outras culturas como algodão. Dessa forma, é fundamental o planejamento do programa de adubação visando o sistema de produção e não a cultura do milho isoladamente.

As recomendações para milho grãos e silagem são as mesmas, exceto para o potássio o qual é removido em grandes quantidades quando toda parte aérea da planta é removida (Tabela 1). Assim, as recomendações de potássio para milho silagem são maiores do que aquelas adotadas para a produção de grãos. O esgotamento do solo afeta principalmente a cultura subsequente.

As recomendações para o milho verão e o milho safrinha, que é o cultivo na segunda safra (semeadura de janeiro a março) sem irrigação, em sucessão a cultura de verão, são as mesmas variando apenas a produtividade esperada. A semeadura do milho safrinha geralmente é feita após a cultura da soja em sistema de plantio direto. Nesse sistema de produção ele se encaixa na classe de baixa resposta à adubação nitrogenada.

**Espaçamento:** 0,45 m a 0,75 m entrelinhas e populações de 50 a 70 mil plantas por hectare, de acordo com a época de semeadura, a cultivar e o potencial produtivo da lavoura. Altas populações de plantas são utilizadas em lavouras de maior potencial produtivo com híbridos de porte baixo e/ou folhas eretas, especialmente sob irrigação.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de milho para grãos e silagem, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade		P resina, mg dm <sup>-3</sup> (3)			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> (4,5)		
Grãos	Silagem MF <sup>(1)</sup>	<16	16-40	>40	<1,6	1,6 -3,0	>3,0
$t\ ha^{-1}$		$P_2O_5, kg\ ha^{-1}$			$K_2O, kg\ ha^{-1}$ (4)		
<6	<45	90	60	30	70	40	30
6-8	45-55	100	70	40	90	50	30
8-10	55-60	120	90	60	100	70	40
10-12	60-65	(2)	110	70	110	90	50
>12	>65	(2)	120	80	120	100	60

(1) MF = matéria fresca com 35% de umidade.

(2) É improvável a obtenção de alta produtividade de milho em solos com teores muito baixos de P, independentemente da dose de adubo empregada; no caso do K, a adubação pode ser suprimida para solos com teores muito altos ( $>6,0\ mmol_c\ dm^{-3}$ ).

(3) Em solos com teores de P acima de  $80\ mg\ dm^{-3}$ , aplicar somente 20 a 40  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  como adubação de arranque.

(4) Doses recomendadas para a produção de grãos. O milho para silagem exporta grandes quantidades de potássio, as quais devem ser compensadas na cultura subsequente, na ordem de 30  $kg\ K_2O$  para cada 10  $t$  de matéria fresca de silagem, de preferência em aplicação a lanço antes do plantio. A aplicação de doses extras de potássio no milho que será colhido para silagem é pouco eficiente devido ao consumo de luxo desse nutriente, que pode resultar em alta exportação do nutriente e pouco contribuir para preservar K no solo. Além disso, em solos arenosos pode haver perdas por lixiviação do excesso de K aplicado.

(5) A adubação potássica pode ser suprimida para solos com teores de K muito altos ( $>6,0\ mmol_c\ dm^{-3}$ ).

**Modo de aplicação da adubação potássica:** Não utilizar doses elevadas no sulco de semeadura (ver manejo do nitrogênio), evitando o contato com as sementes, para prevenir a redução da população de plantas devido ao efeito salino.

Quando os teores de K no solo forem baixos ( $<1,6\ mmol_c\ dm^{-3}$ ) e as doses recomendadas iguais ou superiores a  $80\ kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$ , é aconselhável, nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Para o milho safrinha, em solo argiloso e de alta fertilidade com teores de K acima de  $3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  é preferível praticar a "adubação de sistemas produtivos", aumentando a adubação potássica na cultura da soja e retirando parte ou todo o potássio do milho.

**Adubação nitrogenada:** Aplicar as doses da tabela abaixo, que englobam a semeadura e a cobertura.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada para milho grão e silagem com base na produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada. As doses indicadas são quantidades totais para a semeadura e cobertura

Produtividade esperada		Dose de N <sup>(2)</sup> para classe de resposta a nitrogênio	
Grãos	Silagem <sup>(1)</sup>	Alta	Média e baixa
t ha <sup>-1</sup>		N, kg ha <sup>-1</sup>	
<6	<45	90	60
6-8	45-55	120	90
8-10	55-60	160	120
10-12	60-65	200	140
>12	>65	220	160

<sup>(1)</sup> Matéria fresca, com 35% de umidade.

<sup>(2)</sup> Adubação de semeadura + cobertura.

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta esperada:** Solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de milho ou outras culturas não leguminosas; primeiros anos de plantio direto; grande quantidade de resíduos de gramíneas; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação.

**2. Média e baixa resposta esperada:** Plantio anterior de leguminosas; uso de adubos orgânicos, milho safrinha após soja, cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do milho; plantio direto estabilizado em rotação com leguminosas.

Das doses de nitrogênio da tabela 2 aplicar, de 30 a 60 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e o restante em cobertura. Doses em cobertura iguais ou inferiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> podem ser aplicadas em uma única vez, no estádio de 4 a 5 folhas verdadeiras; doses superiores devem ser parcelas em duas vezes, sendo a primeira no estádio de 2 a 3 folhas e a última até o estádio de 6 a 7 folhas.

Quando nitrogênio e potássio forem aplicados no sulco de semeadura, a soma das quantidades de N e K<sub>2</sub>O não deve ultrapassar 80 kg ha<sup>-1</sup> em solos arenosos com espaçamentos mais largos, ou 100 kg ha<sup>-1</sup> em solos argilosos e espaçamento reduzido. Quando usar sulfato de amônio não ultrapassar 80 kg ha<sup>-1</sup> de N + K<sub>2</sub>O. O restante da dose de K pode ser complementado com a primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

No caso do milho safrinha, é fundamental aplicar o nitrogênio no momento da semeadura, complementando-o em cobertura nas lavouras de maior potencial produtivo. Quando cultivado em solos argilosos e espaçamento reduzido, doses até 60 kg ha<sup>-1</sup> podem ser aplicadas a lanço, em uma única vez, até o estádio de quatro folhas verdadeiras. Essa aplicação deverá ser feita com as folhas sem orvalho para evitar queimaduras do limbo foliar.

Em áreas irrigadas, o N pode ser parcelado em três ou mais vezes, até o florescimento, sendo as duas primeiras preferencialmente via equipamento acoplado ao trator e as demais via água de irrigação.

**Enxofre e micronutrientes:** Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S para metas de produtividade até 8 t ha<sup>-1</sup> de grãos e 40 kg ha<sup>-1</sup> de S para produtividades superiores, via fertilizante NPK no sulco ou fontes específicas de S a lanço.

Utilizar 4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores de Zn (extraído com DTPA) inferiores a 0,6 mg dm<sup>-3</sup> e 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores entre 0,6 e 1,2 mg dm<sup>-3</sup>. A adubação foliar com Zn poderá ser aplicada em complemento à adubação no sulco de semeadura e, exclusivamente, em solos corrigidos e manejos intensivos. Evitar concentrações de sulfato de zinco superiores a 0,3% e aplicar nas horas mais frescas do dia para evitar possível toxicidade.

Em áreas com histórico de deficiência de B e/ou altas produtividades, aplicar 2 kg ha<sup>-1</sup> de B na formulação NPK. O B é pouco

móvel na planta e aplicações foliares em plantas novas são pouco eficientes; as aplicações foliares são recomendadas apenas no estádio de pré-florescimento em lavouras de alta produtividade.

Dados de pesquisa do IAC-APTA mostram que a relação entre a produtividade de grãos de milho e de silagem não é constante. Plantas de áreas com menores produtividades de grãos têm relativamente mais massa de colmos e folhas.

**Tabela 3.** Relação entre a produção de grãos e de silagem

Grãos	Massa verde	Massa seca	Relação matéria seca/grãos
t ha <sup>-1</sup>			
5	38-44	14,4	2,9
7	45-55	17,0	2,4
9	56-60	19,6	2,2
11	61-65	21,7	2,0
13	>65	23,8	1,8

#### 4. MILHO PIPOCA (*Zea mays*)

Eduardo Sawazaki (¹)  
Aildson Pereira Duarte (¹)  
Heitor Cantarella (¹)

A produtividade média do milho pipoca vem aumentando, demandando maiores cuidados com a adubação. À semelhança do milho comum, predomina o cultivo em sucessão com outras culturas no mesmo ano agrícola.

**Espaçamento:** 0,45 cm a 0,75 cm entrelinhas, com população de 60 a 70 mil plantas por hectare.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o Mg a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Adubação mineral:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para milho pipoca, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade	P resina, mg dm <sup>-3</sup> <sup>(1)</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(2)</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	$P_2O_5$ , kg ha <sup>-1</sup>			$K_2O$ , kg ha <sup>-1</sup>		
4-5	90	50	20	60	30	20
5-6	100	60	30	70	40	30
>6	<sup>(1)</sup>	80	40	90	60	40

<sup>(1)</sup> É improvável a obtenção de alta produtividade de milho em solos com teores muito baixos de P, independentemente da dose de adubo empregada.

<sup>(2)</sup> A adubação potássica pode ser suprimida para solos com teores de K muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

Não utilizar doses elevadas no sulco de semeadura (ver manejo do nitrogênio), evitando o contato do adubo com as sementes para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino.

Quando os teores de K no solo forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas forem iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de  $K_2O$ , é aconselhável, em solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Quando o milho pipoca for implantado após a cultura da soja e em solo argiloso e de alta fertilidade (>3,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), é possível praticar a “adubação de sistemas produtivos”, aumentando a adubação potássica na cultura da soja e retirando parte ou todo o potássio do milho.

**Adubação nitrogenada:** O milho pipoca é mais responsável ao N e seu preço é maior do que o milho comum; assim as doses de N recomendadas são maiores. Aplicar levando em conta a classe de resposta a nitrogênio e a produtividade esperada, de acordo com a tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada para milho pipoca em função da produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada. As doses indicadas são quantidades totais para a semeadura e cobertura

Produtividade esperada	Classe de resposta a nitrogênio <sup>(1)</sup>	
	Alta	Média e baixa
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	
4-5	120	80
5-6	140	100
>6	160	120

<sup>(1)</sup> Adubação de semeadura + cobertura.

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta esperada:** Solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de milho ou outras culturas não leguminosas; primeiros anos de plantio direto; grande quantidade de resíduos de gramíneas; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação.

**2. Média e baixa resposta esperada:** Plantio anterior de leguminosas; uso de adubos orgânicos, cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do milho; plantio direto estabilizado em rotação com leguminosas.

Aplicar 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na semeadura e o restante em cobertura. Quando nitrogênio e potássio forem aplicados no sulco de semeadura, a soma da quantidade de N e K<sub>2</sub>O não deve ultrapassar 80 kg ha<sup>-1</sup>. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Em solos arenosos e/ou uso de doses de N superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup>, a cobertura deve ser parcelada em 2 aplicações, sendo a primeira no estádio de 2 a 3 folhas completamente estendidas e a segunda no estádio de 6 a 7 folhas.

Em áreas irrigadas, o N pode ser parcelado em 3 ou mais vezes, até o florescimento, sendo as duas primeiras preferencialmente via equipamento acoplado ao trator e as demais via água de irrigação.

**Enxofre e micronutrientes:** Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S via fertilizante NPK no sulco ou fontes específicas de S a lanço e área total.

Utilizar 4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores de Zn (extraído com DTPA) inferiores a 0,6 mg dm<sup>-3</sup> e 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores entre 0,6 e 1,2 mg dm<sup>-3</sup>. A adubação foliar com Zn poderá ser aplicada em complemento à adubação no sulco de semeadura e, exclusivamente, em solos corrigidos e manejos intensivos. Evitar concentrações de sulfato de zinco superiores a 0,3% e aplicar nas horas mais frescas do dia para evitar possível toxicidade.

Em áreas com histórico de deficiência de B e/ou altas produtividades, aplicar 2 kg ha<sup>-1</sup> de B na formulação NPK. O B é pouco móvel na planta e aplicações foliares em plantas novas são pouco eficientes; as aplicações foliares são recomendadas apenas no estádio de pré-florescimento em lavouras de alta produtividade.

## 3.6. SOJA

**(*Glycine max*)**

---

José Antonio Quaggio (¹)  
Heitor Cantarella (¹)  
Ciro Antonio Rosolem (²)  
Carlos Alexandre Costa Cruciol (²)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**A**soja ocupa atualmente a maior área agricultável no país, que se tornou um dos maiores produtores e exportadores mundiais desta leguminosa. Considerável esforço de pesquisa tem sido feito com essa cultura no Brasil, o que tem permitido a criação de cultivares altamente produtivas, demandando cuidado especial com a nutrição.

Devido à importância econômica da cultura e a grande área plantada no Brasil, as recomendações de adubação e calagem para a soja estão separadas das demais leguminosas.

**Extração e exportação de nutrientes:** As quantidades de N, P, K e S extraídas do solo por plantas de soja bem como aquelas exportadas pelos grãos são apresentadas na tabela 1.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

**Tabela 1.** Quantidades de macronutrientes extraídas pela planta de soja e exportadas com os grãos, tendo como referência a produção de 1 t ha<sup>-1</sup> de grãos

Planta inteira				Parte colhida			
N	P	K	S	N	P	K	S
kg t <sup>-1</sup> de grãos							
80	8	30	10	51	4	19	4

**Amostragem foliar e teores de nutrientes adequados:** A tabela 2 apresenta as faixas de teores foliares consideradas adequadas para plantas de soja. A amostragem das folhas para análise deve ser feita no florescimento pleno, coletando a 3<sup>a</sup> folha com pecíolo de 30 plantas.

**Tabela 2.** Teores de macro e micronutrientes adequados para a cultura da soja, para folhas amostradas na fase de florescimento

Cultura		Descrição da amostragem											
Soja													
No florescimento, 3 <sup>a</sup> folha com pecíolo de 30 plantas													
Faixas de teores adequados na matéria seca das folhas													
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu						
g kg <sup>-1</sup>													
40-54	2,5-5,0	17-25	4-20	3,0-10,0	2,1-4,0								
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn								
mg kg <sup>-1</sup>													
21-55	10-30	50-350	20-100	1,0-5,0	20-50								

**Espaçamento:** 0,45 m ou 0,50 m entrelinhas, 10 a 15 sementes por metro linear, dependendo da cultivar.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Para se obter produtividades elevadas é fundamental corrigir a acidez da camada de 20-40 cm para pelo menos 40% da saturação por bases.

**Inoculação:** Inocular as sementes com *Bradyrhizobium* específico para soja. Em glebas já cultivadas com soja, utilizar 250 g de inoculante por saca de sementes ou a dose recomendada pelo fabricante para inoculante líquido. Utilizar o dobro ou triplo da dose de inoculante em áreas de primeiro cultivo de soja, em reforma de canavial ou em sucessão a outras culturas.

**Adubação mineral de semeadura:** As quantidades a aplicar variam com a análise de solo e a produtividade esperada, de acordo com a seguinte tabela:

Produtivi-dade esperada	N <sup>(1)</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—	—	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—
<3,0	0	120	80	30	100	60	40
3,0 a 4,0	0	140	100	40	120	80	60
4,0 a 5,0	0	160	120	60	140	100	80
>5,0	0	*	140	80	160	120	100

\* Dificilmente são obtidas essas produtividades com aplicação localizada de fósforo em solos com teores baixos de P.

<sup>(1)</sup> Normalmente, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é suficiente para atender toda a demanda de N desta cultura, razão porque não se recomenda a adubação nitrogenada. Em algumas situações, como em soja plantada após milho ou gramineas usadas como plantas de cobertura, pode-se aplicar de 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio para garantir o suprimento de N enquanto o processo de fixação biológica de N não se estabelece.

Em solos com até 6 mg dm<sup>-3</sup> de P resina é recomendável fazer fosfatagem com 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, incorporado ao solo, em adição às doses recomendadas na tabela acima.

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato com as sementes, para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado até os 20 a 25 dias após a germinação, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos ( $<1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e as doses recomendadas iguais ou superiores a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em solos com teores de P acima de  $80 \text{ mg dm}^{-3}$ , aplicar somente  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida em solos com teores muito altos ( $<6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

Em solos com  $\text{S-SO}_4^{2-}$  abaixo de  $15 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 20-40 cm, aplicar  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de enxofre na forma de sulfato para cada tonelada de grãos de produtividade esperada. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso agrícola a lanço em pré-plantio.

**Adubação com micronutrientes:** Em solos com teor de manganês extraído com DTPA-TEA até  $1,3 \text{ mg dm}^{-3}$ , aplicar  $5 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mn. As cultivares de soja com tecnologia RR têm demanda aumentada para Mn em relação àquelas sem essa tecnologia. Nesses casos, mesmo em solos com teores médios ( $>1,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ) desse nutriente, aplicar  $2,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mn. A má distribuição e a incorporação muito rasa do calcário podem causar ou agravar a deficiência de manganês, causando queda de produtividade.

A resposta a molibdênio tem sido frequente na cultura da soja, especialmente em solos ácidos. A deficiência de Mo acarreta baixa FBN. O cobalto também é parte do processo de FBN. Aplicar  $50 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo nas formas de molibdato de amônio ou de sódio em mistura com as sementes e 3 a 5 g de Co. Complementar a dose de Mo com a aplicação foliar de  $30 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo juntamente com o tratamento fitossanitário até o pleno florescimento. Caso não tenha sido aplicado Mo nas sementes, aplicar  $250 \text{ g ha}^{-1}$  de molibdato de sódio ou de amônio via foliar até 30 dias após a emergência.

Deficiências dos demais micronutrientes na soja são pouco comuns no estado de São Paulo. Na suspeita de sua ocorrência, realizar análise de solo e foliar e, uma vez constatada a deficiência, aplicar, com a adubação de semeadura, as seguintes quantidades:  $5 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn, e/ou  $2 \text{ kg ha}^{-1}$  de Cu, e/ou  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B. Em sistema de rotação de culturas e plantio direto, o B poderá ser aplicado juntamente com herbicidas na dessecção antes do plantio, na forma de ácido bórico.

## 3.7. CEREAIS

---

Heitor Cantarella (¹)  
Fernando Cesar Bachiega Zambrosi (¹)  
José Antonio Quaggio (¹)  
Aildson Pereira Duarte (¹)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**O**s cereais são a base da alimentação da maioria da população do planeta e demandam altas quantidades de fertilizantes. Cultivares e híbridos de alta produtividade vêm sendo desenvolvidos por meio de melhoramento genético. Os altos rendimentos no campo são acompanhados por crescente exigência nutricional e necessidade de adubações compatíveis, para permitir que as plantas expressem seu potencial. As exportações de nutrientes devem ser repostas para evitar o empobrecimento dos solos.

Os cereais, especialmente os materiais mais modernos, são altamente responsivos a nitrogênio. De modo geral, este é o nutriente absorvido em maiores quantidades pelos cereais. A absorção de potássio pelas plantas é geralmente da mesma ordem de magnitude que o nitrogênio, mas, ao contrário deste último, a maior parte do potássio retorna ao solo junto aos restos culturais. Essas características, de altas exigências em nitrogênio e elevada reciclagem de potássio, são favoráveis à rotação ou sucessão com as culturas leguminosas, o que de fato contempla o sistema mais comum de cultivo em que os cereais estão incluídos. Isto favorece também a melhoria da qualidade da matéria orgânica do solo devido às relações C:N contrastantes, baixa em leguminosas e alta em gramíneas.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

O milho é a cultura anual que ocupa o segundo lugar em área plantada no Brasil. Devido à sua importância econômica, as recomendações de adubação e calagem estão sendo feitas em capítulo separado dos demais cereais.

As recomendações de N em cobertura estão em tabelas separadas das adubações de semeadura ou plantio. Porém, para o sorgo (e o milho), as doses de N recomendadas estão em tabelas que englobam N na semeadura e N em cobertura. Como as quantidades de N são altas e essas culturas são cultivadas também em segunda safra, com manejos específicos, a definição de uma dose para todo o ciclo é mais pertinente. As indicações do que vai na semeadura e em cobertura são descritas no texto de cada tabela.

Os principais cereais cultivados no Brasil, como o milho, o sorgo, o arroz e o trigo, têm comportamento bem característico frente à acidez do solo, sendo o arroz muito tolerante e o trigo e milho pouco tolerantes, mas apresentando amplas diferenças genéticas. Assim, a correção da acidez do solo deve ser feita levando em consideração não só a espécie de cereal, mas, também os híbridos e cultivares. Os cereais são culturas bastante exigentes em zinco, o que deve ser considerado no manejo da adubação. As tabelas de adubação foram reajustadas para contemplar as produtividades médias mais elevadas do que na versão anterior deste Boletim, observadas atualmente na agricultura brasileira.

## **2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA, AMOSTRAGEM DE FOLHAS E DIAGNOSE FOLIAR**

A tabela 1 apresenta os teores dos macronutrientes na planta inteira, que dá ideia da extração de nutrientes do solo, e na parte colhida, que indica quando o nutriente é exportado com a colheita. Os resultados, para facilidade de cálculo, são expressos em referência a 1 tonelada de grão produzido.

Na tabela 2 são apresentadas as instruções para a amostragem de folhas para os cereais. Embora em alguns países a amostragem para cereais de inverno seja feita coletando toda a parte aérea ou as duas folhas imediatamente abaixo da folha bandeira, optou-se por uniformizar a amostragem dos cereais de inverno com as folhas bandeiras. A

tabela 3 indica as faixas de interpretação de teores foliares de macro e micronutrientes.

**Tabela 1.** Teores dos macronutrientes primários em cereais, na planta inteira e nos grãos, por tonelada de produto colhido

Cultura	Planta inteira				Parte colhida			
	N	P	K	S	N	P	K	S
— kg t <sup>-1</sup> de grãos —				— kg t <sup>-1</sup> de grãos —				
Arroz em casca	24,3	3,9	27,1	2,6	13,9	2,5	4,2	1,3
Aveia	30,0	5,0	24,3	4,0	22,2	3,5	5,1	2,0
Centeio	32,5	4,7	26,0	2,8	22,7	3,9	4,9	2,3
Cevada	26,4	4,5	25,5	2,5	19,3	3,5	5,4	1,4
Milho	24,2	4,6	19,0	2,2	13,1	2,1	3,1	0,9
Milho pipoca	28,0	5,0	18,0	2,3	21,0	3,0	3,0	1,4
Sorgo grãos	31,1	5,4	26,8	3,1	16,9	4,1	4,1	1,3
Trigo	28,0	5,1	22,7	3,7	21,8	3,9	4,3	1,5
Triticale	27,0	5,0	23,5	2,2	19,5	3,3	5,5	1,6
— kg t <sup>-1</sup> de matéria seca —								
Sorgo forrageiro	13,5	2,3	15,0	1,0				
Sorgo sacarino	9,8	1,3	12,0	0,7				
Sorgo biomassa	7,6	1,0	11,6	0,7				

Sorgo forrageiro, sacarino e para biomassa são colhidos com cerca de 27% a 30% de matéria seca.

**Tabela 2.** Instruções para amostragem de folhas de cereais

Cultura	Descrição da amostragem
Arroz	Folha bandeira, coletada no início do florescimento, mínimo de 50 folhas
Aveia	Folha bandeira, coletada no início do florescimento, mínimo de 50 folhas
Centeio	Folha bandeira, coletada no início do florescimento, mínimo de 50 folhas
Cevada	Folha bandeira, coletada no início do florescimento, mínimo de 50 folhas
Milho	Terço central da folha da base da espiga, na fase de pendoamento (50% das plantas pendoadas)
Sorgo	Folha +4 ou quarta folha com a bainha visível, contada a partir do ápice, no florescimento
Trigo	Folha bandeira, coletada no início do florescimento, mínimo de 50 folhas
Triticale	Folha bandeira, coletada no início do florescimento, mínimo de 50 folhas

Para o arroz e os cereais de inverno, considera-se o início do florescimento, para fins de coleta de folhas, quando 50% das flores estiverem visíveis.

**Tabela 3.** Faixas de teores adequados de macro e micronutrientes em folhas de cereais

<b>Cultura</b>	<b>Faixas de teores de macronutrientes</b>					
	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>
— g kg <sup>-1</sup> —						
Arroz <sup>(1)</sup>	27-35	1,8-3,0	13-30	2,5-10,0	1,5-5,0	1,4-3,0
Aveia	20-30	2,0-5,0	15-30	2,5-5,0	1,5-5,0	1,5-4,0
Centeio	25-35	2,0-5,0	19-23	2,5-6,0	1,5-5,0	1,5-5,0
Cevada	17-30	2,0-5,0	15-30	2,5-6,0	1,5-5,0	1,5-4,0
Milho	25-35	1,9-3,5	17-30	2,5-6,0	1,5-4,0	1,5-3,0
Sorgo	25-35	2,0-4,0	10-25	2,5-8,0	1,5-5,0	1,0-2,5
Trigo	20-34	2,5-3,5	15-30	2,5-8,0	1,5-4,0	1,5-3,5
<b>Micronutrientes</b>						
— mg kg <sup>-1</sup> —						
Arroz	4-25	3-25	70-200	70-400	0,1-0,3	10-50
Aveia	5-15	2-25	40-150	25-100	0,2-0,3	15-70
Centeio	5-15	5-25	25-200	14-150	0,2-2,0	15-70
Cevada	5-15	5-25	25-100	20-100	0,1-0,2	15-70
Milho	7-17	6-15	70-200	40-100	0,1-0,2	20-50
Sorgo	4-15	2-20	65-100	10-190	0,1-0,3	15-50
Trigo	5-15	5-20	10-250	25-150	0,0,5	25-70

<sup>(1)</sup> Para o arroz irrigado, o teor de silício na palhada em plantas maduras normalmente está acima de 50 g kg<sup>-1</sup>.

### 3. ARROZ DE SEQUEIRO (*Oryza sativa*)

Carlos Alexandre Costa Crusciol (¹)  
Heitor Cantarella (²)

Os materiais mais recentes de arroz de sequeiro são de menor porte e com patamares de produtividade mais elevados, especialmente em sistemas "favorecidos" ou irrigados por aspersão. As doses de nutrientes das recomendações foram ajustadas levando em conta o potencial de produção dessa cultura nesses sistemas e a necessidade de elevar ou manter a fertilidade do solo para o sistema de rotação de culturas.

**Espaçamento:** 30 cm a 40 cm entrelinhas, com 50 a 70 sementes viáveis por metro linear.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60% e o magnésio a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para arroz de sequeiro, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi-dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
	N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————
1,5-3,0	20	80	30	20	80	40	20
3,0-4,5	20	100	50	30	100	60	30
4,5-6,0*	20	120	60	40	120	80	40

\* Em condições "favorecidas" ou irrigado por aspersão.

**Recomendações:** Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato com as sementes para prevenir

(¹) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

(²) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos ( $<1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e as doses recomendadas iguais ou superiores a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em solos com teores de P acima de  $80 \text{ mg dm}^{-3}$ , aplicar somente  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida para teores muito altos ( $>6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

Aplicar  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de S ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de S para produtividades acima de  $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S é por meio de gesso à lanço em pré-plantio.

Aplicar  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn em solos com teores de Zn (extraído em solução de DTPA) inferiores a  $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn em solos com teores entre  $0,6$  e  $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$ .

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar o nitrogênio em cobertura de acordo como os critérios da tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada em função da produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada

Produtividade esperada	Classe de resposta	
	Alta	Média a baixa
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	
1,5-3,0	50	30
3,0-4,5	70	40
4,5-6,0	100	60

As classes de resposta a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta:** Solo de alta fertilidade, mas cultivado continuamente com gramíneas (milho, arroz, sorgo, trigo, etc.); solos muito arenosos; áreas irrigadas por aspersão.

**2. Média a baixa resposta:** Solos cultivados com leguminosas ou adubo verde; solos em pousio por longos períodos ou área de pastagem que recebeu calcário recentemente.

Aplicar o nitrogênio no início do perfilhamento (geralmente aos 30-40 dias após a emergência das plantas). Em solos arenosos e para as doses mais altas de N, recomenda-se fazer dois parcelamentos, o primeiro no início do perfilhamento e o segundo na fase de diferenciação da panícula (ponto de algodão).

#### 4. ARROZ IRRIGADO

Carlos Alexandre Costa Crusciol (¹)  
Heitor Cantarella (²)

Materiais modernos de arroz irrigado têm porte baixo, justificando espaçamentos reduzidos, e alto potencial produtivo.

**Espaçamento:** 15 cm a 20 cm entrelinhas, com 80 a 100 sementes viáveis por metro linear; ou a lanço com 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup> de sementes; ou 3 a 5 mudas por cova, espaçadas de 0,2 m x 0,3 m.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60% e o magnésio a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

---

(¹) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

(²) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para arroz irrigado, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
	N, kg ha <sup>-1</sup>	——— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> ———	——— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> ———				
4,0-6,0	20	80	60	20	80	60	30
6,0-8,0	20	100	70	20	100	80	40
8,0-10,0	30	120	80	40	120	100	60
>10,0	30	*	100	50	140	120	80

\* Produtividades >10 t ha<sup>-1</sup> de arroz são pouco prováveis em solos com teores baixos de P.

**Recomendações:** Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato do adubo com as sementes, para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Em áreas semeadas a lanço (incluindo sementes pré-germinadas) ou em covas, aplicar os adubos a lanço.

Quando os teores de K forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida para teores muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S (40 kg ha<sup>-1</sup> de S para produtividades >8,0 t ha<sup>-1</sup>) no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio.

Aplicar 5,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores de Zn (extraído em solução de DTPA) inferiores a 0,6 mg dm<sup>-3</sup> e 3,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores entre 0,6 e 1,2 mg dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar o nitrogênio em cobertura de acordo com a tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada em função da produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada

Produtividade esperada	Classe de resposta	
	Alta	Média a baixa
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	
4-6	80	60
6-8	100	80
8-10	120	100
>10	150	120

As classes de resposta a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta:** Solos de textura média, permeáveis e com sistematização e camada de água irregular.

**2. Média a baixa resposta:** Solos argilosos, bem sistematizados, aos quais foram incorporadas, com antecedência, grandes quantidades de resíduo vegetal e com lámina de água regular.

Parcelar o N de cobertura em duas vezes, aplicando metade na fase de perfilhamento (cerca de 30 dias após a semeadura) e metade no início da diferenciação da panícula (ponto de algodão). O N de cobertura pode ser aplicado somente no início da diferenciação da panícula quando as doses forem iguais ou menores que 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e a cultura apresentar bom desenvolvimento inicial e perfilhamento.

Não empregar adubos contendo N nítrico pouco antes ou após a inundação do terreno para evitar perdas por desnitrificação.

## 5. AVEIA (*Avena sativa*) E CENTEIO (*Secale cereale*)

Heitor Cantarella (¹)

Carlos Eduardo de Oliveira Camargo (*in memoriam*) (¹)

José Guilherme de Freitas (*in memoriam*) (¹)

**Espaçamento:** 17 cm entrelinhas, com 40 a 60 sementes viáveis por metro linear.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e elevar o magnésio a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para aveia e centeio, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
	N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————
1,5-3,0	20	80	50	20	80	50	20
3,0-4,5	20	100	60	40	90	70	30
>4,5	20	120	80	40	120	90	40

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato do adubo com as sementes, para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida para solos com teores muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso à lanço em pré-plantio.

Aplicar 3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores de Zn (extraído com solução de DTPA) inferiores a 0,6 mg dm<sup>-3</sup> e 2,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores entre 0,6 a 1,2 mg dm<sup>-3</sup>.

Aplicar 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de B em solos com teores de B (água quente) inferiores a 0,2 mg dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar o nitrogênio em cobertura de acordo com a tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada em função da produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada

Produtividade esperada	Classes de resposta	
	Alta	Média a baixa
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	
1,5-3,0	70	40
3,0-4,5	80	60
>4,5	100	80

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta esperada:** Solos corrigidos, cultivados anteriormente com gramíneas (arroz, milho, sorgo); solos arenosos, primeiros anos de plantio direto.

**2. Média/baixa resposta esperada:** Solo em pousio por um ano, cultivo anterior com leguminosa (soja) ou plantio de adubos verdes.

O nitrogênio deve ser aplicado cerca de 30-40 dias após a emergência. Em anos secos, o potencial de produtividade é menor e deve ser reavaliado durante o ciclo da cultura. Ajustar a adubação com N em cobertura.

## 6. CEVADA (*Hordeum vulgare*)

Heitor Cantarella (¹)

Carlos Eduardo de Oliveira Camargo (*in memoriam*) (¹)

José Guilherme de Freitas (*in memoriam*) (¹)

**Espaçamento:** 17 cm entrelinhas, com 50 a 60 sementes viáveis por metro linear.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para cevada, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
	N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————
<3,0	20	80	40	20	80	50	30
3,0-4,5	20	100	60	30	90	60	40
>4,5	20	120	80	40	110	80	50

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato do adubo com as sementes, para prevenir a redução do estande devido o efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida para solos com teores muito altos (<6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S é o uso do gesso à lanço em pré-plantio.

Aplicar 3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores de Zn (extraído com solução de DTPA) inferiores a 0,6 mg dm<sup>-3</sup> e 2,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores entre 0,6 a 1,2 mg dm<sup>-3</sup>. Aplicar 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de B em solos com teores de B (água quente) inferiores a 0,2 mg dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar o nitrogênio em cobertura de acordo com tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada em função da produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada

Produtividade esperada	Classes de resposta	
	Alta	Média a baixa
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	
<3,0	40	20
3,0-4,5	60	30
>4,5	80	50

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta esperada:** Solos corrigidos, cultivados anteriormente com gramíneas (arroz, milho, sorgo); solos arenosos, primeiros anos de plantio direto.

**2. Média/baixa resposta esperada:** Solo em pousio por um ano, cultivo anterior com leguminosa (soja) ou plantio de adubos verdes.

O nitrogênio deve ser aplicado cerca de 30-40 dias após a emergência. Em anos secos, o potencial de produtividade é menor e deve ser reavaliado durante o ciclo da cultura. Ajustar a adubação com N em cobertura.

A cevada para uso na indústria cervejeira deve ter baixo teor de proteínas nos grãos. Assim, não é aconselhável aplicações tardias de N (após 30 dias) ou cobertura com esse nutriente quando a planta apresentar indícios de que está bem suprida (crescimento vegetativo vigoroso, folhas com tonalidade verde-escuro).

## 7. SORGO GRANÍFERO, FORRAGEIRO E VASSOURA (*Sorghum bicolor*)

Aildson Pereira Duarte (¹)

Eduardo Sawazaki (¹)

Rogério Soares de Freitas (¹)

Heitor Cantarella (¹)

**Espaçamento:** Granífero: 0,45 m a 0,5 m entrelinhas, com população de 140 a 180 mil plantas por hectare; forrageiro: 0,5 cm a 90 cm, prevalecendo o espaçamento de 0,7 m, com população de plantas de 110 a 140 mil plantas por hectare; vassoura: 0,7 m a 0,9 m entrelinhas, com população de 110 a 140 mil plantas por hectare.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Se o sorgo for plantado em fevereiro-março, aplicar o calcário antes da cultura de primavera-verão.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

Não utilizar doses elevadas no sulco de semeadura (ver manejo do nitrogênio), evitando o contato do adubo com as sementes, para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. Parte do potássio pode ser aplicada junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K no solo forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em plantios tardios, sem irrigação, a aplicação de potássio em cobertura só será eficiente se houver ocorrência de chuvas.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para milho, sorgo grão e sorgo silagem, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Grãos	Silagem (matéria verde)	Produtividade <sup>(1)</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup> <sup>(2)</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> <sup>(3)</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6 -3,0	>3,0			
		— t ha <sup>-1</sup> —	— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> —		— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> <sup>(3)</sup> —					
	<4	70	40	30	60	40	20			
4-6	<35	90	60	40	80	50	30			
6-8	35-50	110	80	60	100	60	40			
>8	>50	120	90	70	120	80	50			

<sup>(1)</sup> Sorgo vassoura: utilizar a faixa de produtividade inferior <4 t ha<sup>-1</sup> do sorgo granífero, que corresponde à produção de 1,0 a 1,5 t ha<sup>-1</sup> de palha seca do sorgo vassoura.

<sup>(2)</sup> Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida em solos com teores de K muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

<sup>(3)</sup> Doses recomendadas para a produção de grãos. O sorgo para silagem exporta grandes quantidades de potássio, as quais devem ser compensadas na cultura subsequente na ordem de 35 kg de K<sub>2</sub>O para cada 10 t de matéria fresca de silagem, de preferência em aplicação a lanço antes do plantio. A aplicação de doses extras de potássio ao sorgo que será colhido para silagem é pouco eficiente devido ao consumo de luxo desse nutriente, que pode resultar em alta exportação do nutriente e pouco contribuir para preservar K no solo. Além disso, em solos arenosos pode haver perdas por lixiviação do excesso de K aplicado.

**Adubação nitrogenada para semeadura e cobertura:** Aplicar as doses de N indicadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada para sorgo grão e sorgo silagem em função da produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada. As doses indicadas são quantidades totais para a semeadura e cobertura

Produtividade esperada <sup>(1)</sup>		Classe de resposta a nitrogênio	
Grãos	Silagem	Alta	Média e baixa
t ha <sup>-1</sup>		N, kg ha <sup>-1</sup>	
<4		50	30
4-6	<35	80	50
6-8	35-50	120	80
>8	>50	150	100

<sup>(1)</sup> Sorgo vassoura: utilizar a faixa de produtividade inferior <4 t ha<sup>-1</sup> do sorgo granífero, que corresponde a produção de 1,0 a 1,5 t ha<sup>-1</sup> de palha seca do sorgo vassoura.

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta esperada:** Solos corrigidos, com muitos anos de plantio contínuo de milho, sorgo e outras culturas não-leguminosas; primeiros anos de plantio direto; grande quantidade de resíduos de gramíneas; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação.

**2. Média e baixa resposta esperada:** Plantio anterior de leguminosas; uso de adubos orgânicos, cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do sorgo; plantio direto estabilizado em rotação com leguminosas.

Parcelar as doses de nitrogênio da tabela acima da seguinte maneira: aplicar de 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e o restante em cobertura. Quando o nitrogênio e o potássio forem aplicados no sulco de semeadura, a soma das quantidades de N e K<sub>2</sub>O não deve ultrapassar 80 kg ha<sup>-1</sup> principalmente em solos arenosos. Doses de nitrogênio em cobertura iguais ou inferiores a 80 ou 100 kg ha<sup>-1</sup> em solos arenosos e argilosos, respectivamente, podem ser aplicadas em uma única vez, no estádio de 4 a 5 folhas; doses superiores devem ser parcelas em duas vezes, sendo a última até o estádio de 7 folhas.

**Enxofre e micronutrientes:** Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S para metas de produtividade até 6 t ha<sup>-1</sup> de grãos e 30 kg ha<sup>-1</sup> de S para produtividades superiores, via fertilizante NPK no sulco ou fontes específicas de S a lanço e área total.

Utilizar 4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores de Zn (extraído com DTPA) inferiores a 0,6 mg dm<sup>-3</sup> e 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores entre 0,6 e 1,2 mg dm<sup>-3</sup>. A adubação foliar com Zn poderá ser aplicada em complemento à adubação no sulco de semeadura e, exclusivamente, em solos corrigidos e manejos intensivos. Evitar concentrações de sulfato de zinco superiores a 0,3% e aplicar nas horas mais frescas do dia para evitar possível toxicidade.

Em áreas com histórico de deficiência de boro e/ou altas produtividades, aplicar 1 kg ha<sup>-1</sup> de B na formulação NPK. O boro tem baixa mobilidade na planta e aplicações foliares em plantas novas são pouco eficientes; as aplicações foliares são recomendadas apenas no estádio de pré-florescimento em lavouras de alta produtividade.

## 8. SORGO SACARINO E BIOMASSA (*Sorghum bicolor*)

Aildson Pereira Duarte (¹)

Eduardo Sawazaki (¹)

Rogério Soares de Freitas (¹)

Denizart Bolonhezi (¹)

Heitor Cantarella (¹)

O sorgo sacarino é opção para produção de açúcar e bioetanol na entressafra da cana-de-açúcar. A parte colhida, o colmo, representa aproximadamente 65% da biomassa verde total. Ao contrário do sorgo sacarino, o sorgo biomassa é direcionado para fornecimento de matéria-prima usada em cogeração de energia elétrica ou para etanol de segunda geração, pois apresenta colmo com baixo teor de açúcar, mas rico em lignina e celulose. A época de semeadura e a duração do ciclo são muito variáveis, com lavouras em sistema de sucessão de culturas, especialmente na renovação da cana-de-açúcar, ou como única cultura anual, o que favorece a antecipação da semeadura e

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

o aumento do ciclo e da produtividade de biomassa. A maioria dos sorgos classificados como biomassa são sensíveis ao fotoperíodo e reduzem o ciclo quando semeados tardiamente, enquanto os genótipos sacarinos modernos florescem após 60 dias quando semeados em qualquer época. A colheita é realizada quando o teor de massa seca da planta atinge 25% a 30% no sorgo sacarino e 35% a 50% no sorgo para biomassa.

**Espaçamento:** **Sacarino:** Fileira simples entre 0,50 m - 0,70 m ou fileiras duplas (1,0 m x 0,65 m e 1,2 m x 0,5 m, conforme colhedora utilizada, com população entre 100 mil e 130 mil plantas por hectare; **sorgo para biomassa:** 0,50 m - 0,70 m, com população entre 100-140 mil plantas por hectare. A menor população é utilizada em ambientes menos favoráveis.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Se o sorgo for semeado em janeiro-março, aplicar o calcário antes da cultura de primavera-verão.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para milho, sorgo grão e sorgo silagem, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada (massa seca)	P resina, mg dm <sup>-3</sup> <sup>(1)</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6 -3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	$P_2O_5$ , kg ha <sup>-1</sup>			$K_2O$ , kg ha <sup>-1</sup> <sup>(2)</sup>		
<20	120	90	60	140	90	60
20-40	150	120	90	180	130	90
>40	180	150	120	240	180	130

<sup>(1)</sup> Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida para teores de K muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

<sup>(2)</sup> O sorgo sacarino e biomassa exporta grandes quantidades de potássio, que devem ser compensadas na cultura subsequente na ordem de 80 kg de  $K_2O$  para cada 10 toneladas de matéria seca, de preferência em aplicação a lanço antes do plantio da próxima cultura. A aplicação de doses extras de potássio ao sorgo que será colhido para biomassa é pouco eficiente devido ao consumo de luxo desse nutriente, que pode resultar em alta exportação do nutriente e pouco contribuir para preservar K no solo. Além disso, em solos arenosos pode haver perdas por lixiviação do excesso de K aplicado.

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato com as sementes para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K no solo forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço. Em plantios tardios, sem irrigação, a aplicação de potássio em cobertura só será eficiente se houver ocorrência de chuvas.

**Adubação nitrogenada:** Aplicar as doses de N da tabela 2, quantidades totais (semeadura e cobertura).

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada para sorgo sacarino e biomassa em função da produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada. As doses indicadas são quantidades totais para a semeadura e cobertura

Produtividade (massa seca) t ha <sup>-1</sup>	Classe de resposta a nitrogênio	
	Alta	Média e baixa
		N, kg ha <sup>-1</sup>
<20	120	80
20-40	150	100
>40	180	130

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta esperada:** Solos corrigidos, após cultivo da cana-de-açúcar ou com muitos anos de plantio contínuo de milho e outras culturas não-leguminosas; primeiros anos de plantio direto; grande quantidade de resíduos de gramíneas; solos arenosos sujeitos a altas perdas por lixiviação.

**2. Média e baixa resposta esperada:** Plantio anterior de leguminosas; uso de adubos orgânicos, cultivo intenso de leguminosas ou plantio de adubos verdes antes do sorgo; plantio direto estabilizado em rotação com leguminosas.

Das doses de nitrogênio da tabela 2 aplicar, de 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e o restante em cobertura. Quando nitrogênio e potássio forem aplicados no sulco de semeadura, a soma das quantidades de N e K<sub>2</sub>O não deve ultrapassar 80 kg ha<sup>-1</sup> em solos. Doses de nitrogênio em cobertura, iguais ou inferiores a 80 ou 100 kg ha<sup>-1</sup> em solos arenosos e argilosos, respectivamente, podem ser aplicadas em uma única vez, no estádio de 4 a 5 folhas. Doses superiores devem ser parcelas em duas vezes, sendo a última até o estádio de 8 folhas.

**Enxofre e micronutrientes:** Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S via fertilizante NPK no sulco ou fontes específicas de S à lanço e área total para produtividade até 40 t ha<sup>-1</sup> de massa seca. Para produtividades maiores, aplicar 40 kg ha<sup>-1</sup> de S.

Utilizar 4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores de Zn (extraído com DTPA) inferiores a 0,6 mg dm<sup>-3</sup> e 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores entre 0,6 e 1,2 mg dm<sup>-3</sup>.

Em áreas com histórico de deficiência de boro e/ou altas produtividades, aplicar 1 kg ha<sup>-1</sup> de B na formulação NPK ou por ocasião da dessecação. O boro tem baixa mobilidade na planta e aplicações foliares em plantas novas são pouco eficientes.

## 9. TRIGO (*Triticum aestivum*, *Triticum durum*)

E TRITICALE DE SEQUEIRO ( $\times$  *Triticosecale* - resultado da hibridação de trigo e centeio)

Heitor Cantarella (¹)

Carlos Eduardo de Oliveira Camargo (*in memoriam*) (¹)

José Guilherme de Freitas (*in memoriam*) (¹)

**Espaçamento:** 17 cm entrelinhas, com 80 a 100 sementes viáveis por metro linear.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. O triticale, pela tolerância ao Al<sup>3+</sup>, é recomendado para áreas marginais à cultura do trigo (solos ácidos e várzeas bem drenadas em sucessão ao arroz).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de nutrientes para a adubação de plantio em função da produtividade esperada e teor de nutrientes no solo

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
		N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>		K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>		
<3,0	20	90	40	30	70	40	20
3,0-4,5	20	100	60	40	90	60	30
>4,5	20	120	80	50	120	80	40

Em trigo ou triticale semeados após gramíneas como milho ou sorgo elevar a dose de N no plantio para 40 kg ha<sup>-1</sup>.

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato do adubo com as sementes, para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos ( $<1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e as doses recomendadas iguais ou superiores a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em solos com teores de P acima de  $80 \text{ mg dm}^{-3}$ , aplicar somente 20 a  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida para solos com teores muito altos ( $<6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

Aplicar  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso a lanço em pré-plantio.

Aplicar  $3 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn em solos com teores de Zn (extraído com solução de DTPA) inferiores a  $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn em solos com teores entre  $0,6$  e  $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$ . Aplicar  $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de B em solos com teores de B (água quente) inferiores a  $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ .

**Adubação de cobertura:** Aplicar o nitrogênio em cobertura de acordo com tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada em função da produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada

Produtividade esperada $\text{t ha}^{-1}$	Classes de resposta	
	Alta $\text{kg ha}^{-1}$ de N	Média a baixa $\text{kg ha}^{-1}$ de N
$<3,0$	50	30
3,0-4,5	70	50
$>4,5$	90	70

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta esperada:** Solos corrigidos, cultivados anteriormente com gramíneas (arroz, milho, sorgo); solos arenosos, primeiros anos de plantio direto.

**2. Média/baixa resposta esperada:** Solo em pousio por um ano, cultivo anterior com leguminosa (soja) ou plantio de adubos verdes.

O nitrogênio deve ser aplicado cerca de 30-40 dias após a emergência.

## 10. TRIGO IRRIGADO E TRITICALE IRRIGADO

Heitor Cantarella (¹)

Carlos Eduardo de Oliveira Camargo (*in memoriam*) (¹)

José Guilherme de Freitas (*in memoriam*) (¹)

**Espaçamento:** 17 cm entrelinhas, com 80 a 100 sementes viáveis por metro linear.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o magnésio a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de semeadura, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
	N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————
<4,0	30	80	60	30	80	60	30
4,0-6,0	30	100	80	40	100	80	40
>6,0	30	120	100	60	120	100	60

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato do adubo com as sementes, para prevenir a redução

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos ( $<1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e as doses recomendadas iguais ou superiores a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em solos com teores de P acima de  $80 \text{ mg dm}^{-3}$ , aplicar somente 20 a  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida para solos com teores muito altos ( $>6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

Aplicar  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S é o uso de gesso a lanço em pré-plantio.

Aplicar  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn em solos com teores de Zn (extraído com solução de DTPA) inferiores a  $0,6 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn em solos com teores entre  $0,6$  e  $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$ . Aplicar  $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de B em solos com teores de B (água quente) inferiores a  $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ .

**Adubação de cobertura:** Aplicar o nitrogênio em cobertura de acordo com a tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação nitrogenada em função da produtividade esperada e classe de resposta da área cultivada

<b>Produtividade esperada</b>	<b>Classes de resposta</b>	
	<b>Alta</b>	<b>Média a baixa</b>
t $\text{ha}^{-1}$	—————	kg $\text{ha}^{-1}$ de N —————
<4,0	80	60
4,0-6,0	100	80
>6,0	120	100

As classes de resposta esperada a nitrogênio têm o seguinte significado:

**1. Alta resposta esperada:** Solos corrigidos, cultivados anteriormente com gramíneas (arroz, milho, sorgo); solos arenosos, primeiros anos de plantio direto.

**2. Média/baixa resposta esperada:** Solo em pousio por um ano, cultivo anterior com leguminosa (soja) ou plantio de adubos verdes.

Para doses até 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicar os fertilizantes 30-40 dias após a emergência. Doses maiores podem ser divididas em duas porções, especialmente em solos arenosos, aplicando metade aos 30 dias após a emergência e a outra metade, cerca de 20 ou 30 dias depois.

Em casos de plantas muito vigorosas reduzir as doses de nitrogênio pela metade no segundo parcelamento para evitar acamamento.

## 3.8. LEGUMINOSAS E OLEAGINOSAS

---

José Antonio Quaggio (¹)

Heitor Cantarella (¹)

Fernando Cesar Bachiega Zambrosi (¹)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**N**este grupo de culturas, que engloba plantas ricas em proteínas e óleo, há duas divisões, sendo que a soja e o amendoim pertencem a ambas, ou seja, são leguminosas e também oleaginosas. As leguminosas e oleaginosas são plantas de grande valor econômico pelo papel que desempenham como alimento e como matéria-prima para a indústria. O feijão é parte importante da dieta no Brasil.

Devido à área cultivada e importância econômica para o Brasil, as recomendações de adubação e calagem para a cultura da soja estão em um capítulo separado daquele das demais leguminosas.

As leguminosas caracterizam-se pela fixação simbiótica do nitrogênio, a qual quando eficientemente estabelecida, deve ser suficiente para atender à demanda pelo nutriente. As oleaginosas são plantas que acumulam apreciáveis quantidades de óleo nos grãos, embora a parte proteica também tenha importância para o destino do produto colhido.

As leguminosas e oleaginosas pertencem, juntamente com os cereais, às culturas da agricultura extensiva, prestando-se aos sistemas de rotação, tanto para fins fitossanitários, como para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e um aproveitamento

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

mais eficiente das áreas agrícolas disponíveis. As leguminosas, quando introduzidas nas rotações, contribuem para aumentar a disponibilidade de nitrogênio para as outras culturas, o que deve ser considerado na definição das doses das culturas subsequentes.

## 2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIAGNOSE FOLIAR

Os conteúdos de macronutrientes de diferentes leguminosas e oleaginosas na planta inteira e na parte colhida são apresentados na tabela 1. Essas informações são importantes para dimensionar as quantidades de nutrientes extraídas do solo para a produção da cultura, e exportadas pelas partes colhidas, e, portanto, as adubações.

**Tabela 1.** Conteúdo médio de macronutrientes em leguminosas e oleaginosas para produção de grãos

Cultura	Planta inteira				Parte colhida			
	N	P	K	S	N	P	K	S
kg t <sup>-1</sup> de grãos								
Amendoim <sup>(1)</sup>	85	5	37	4	54	4	26	3
Caupi	-	-	-	-	40	4	20	3
Ervilha	-	-	-	-	40	5	17	3
Feijão	52	7	32	-	35	5	16	4
Feijão mungo	-	-	-	-	30	2	15	2
Gergelim	-	-	-	-	16	4	19	2
Girassol	50	8	92	8	22	7	10	2
Grão-de-bico	34	3	20	3	-	-	-	-
Guar	-	-	-	-	30	4	24	-
Lentilha	-	-	-	-	43	4	20	2
Mamona <sup>(2)</sup>	58	7	25	10	38	5	8	7

<sup>(1)</sup> Amendoim: extração pela planta inteira por toneladas de grãos produzidos; exportação (parte colhida) nos grãos e cascas (retirados do terreno), mas expresso por toneladas de grãos produzidos.

<sup>(2)</sup> As exportações de nutrientes da mamona são para a colheita de sementes. Se os racemos forem removidos e não forem trilhados no campo, as extrações podem ser ligeiramente maiores.

Os nutrientes contidos na parte aérea apresentados na tabela 2, para leguminosas utilizadas para adubo verde, são um indicativo das quantidades de N, P e K que podem ser reciclados por essas plantas. Parte do N provém da fixação biológica de nitrogênio, que enriquece o solo com a rotação com adubos verdes.

**Tabela 2.** Concentração de nutrientes na matéria seca da planta inteira, no florescimento, em leguminosas utilizadas para adubação verde

<b>Cultura</b>	<b>Planta inteira</b>			<b>Produtividade</b>	
	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Fitomassa seca</b>	<b>Sementes</b>
— kg t <sup>-1</sup> da parte colhida —					t ha <sup>-1</sup>
Chicharo <sup>(2)</sup>	22-33	1	29	4-6	800-2.000
<i>Crotalaria breviflora</i> <sup>(1)</sup>	16-33	1,0-1,4	11-29	3-5	500-1.500
<i>Crotalaria juncea</i> <sup>(1)</sup>	11-44	1-4	5-34	10-15	500-1.000
<i>Crotalaria mucronata</i> <sup>(1)</sup>	26	1,5	14	7-12	500-1.000
<i>Crotalaria ochroleuca</i> <sup>(1)</sup>	11-15	1	11	3-9	500-1.000
<i>Crotalaria paulina</i> <sup>(1)</sup>	12-18	1-2	4-10	4-6	500-800
<i>Crotalaria spectabilis</i> <sup>(1)</sup>	18-36	1-3	7-18	4-6	600-800
Ervilhaca	22	1	29	4-6	600-800
Feijão-de-porco <sup>(1)</sup>	22-34	1-6	11-56	3-8	1.000-1.800
Guandu, ciclo normal <sup>(1)</sup>	13-34	1-3	4-28	5-18	1.200-1.800
Labelabe <sup>(1)</sup>	13-50	1-12	5-28	5-9	1.000-1.500
Mucuna-anã <sup>(1)</sup>	27-35	1-5	15-48	2-4	800-1.200
Mucuna-cinza <sup>(1)</sup>	15-27	1-6	10-16	3-8	1.000-1.500
Mucuna-preta <sup>(1)</sup>	19-31	1-6	7-21	3-8	1.000-3.000
Mucuna-verde <sup>(1)</sup>	19	1,5	14	3-8	1.000-1.500
Tremoço-branco <sup>(2)</sup>	13-14	1,0-1,1	24-25	2-5	1.200-2.000

<sup>(1)</sup> Época preferencial de semeadura na primavera-verão.

<sup>(2)</sup> Época preferencial de semeadura no outono-inverno.

A tabela 3 apresenta as instruções para amostragem de folhas para análise e fins de diagnóstico nutricional das plantas. A tabela 4 contém as faixas de teores considerados adequados de macro e micronutrientes foliares das principais espécies de leguminosas e oleaginosas cultivadas no Brasil.

**Tabela 3.** Recomendações de amostragem de folhas de leguminosas e oleaginosas

Cultura	Descrição da amostragem
Amendoim	No florescimento; folhas de 50 plantas, do 4º renque do ramo principal a partir da base, sem contar ramos cotiledonares
Feijão	3º e 4º trifólio completo (com pecíolo), a partir do ápice da planta; coletar de 30 a 50 plantas, no florescimento
Girassol	5ª a 6ª folha abaixo da (cabeça), no florescimento; amostrar 30 plantas

**Tabela 4.** Faixas de teores considerados adequados para os macro e micronutrientes em algumas leguminosas e oleaginosas

Cultura	Faixas de teores adequados na matéria seca das folhas					
	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg <sup>-1</sup>						
Amendoim	30-45	2,0-5,0	17-30	12-20	5,0-8,0	2,0-3,5
Feijão	30-50	2,5-4,0	20-24	10-25	2,5-5,0	2,0-3,0
Girassol	30-50	3,0-5,0	30-45	3-8	0,8-2,2	1,5-2,0
mg kg <sup>-1</sup>						
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	
Amendoim	25-60	5-20	50-300	50-150	0,1-5,0	20-60
Feijão	15-26	4-6	40-140	15-90	0,5-1,5	18-30
Girassol	35-100	25-100	80-120	10-20	-	30-80

### 3. AMENDOIM (*Arachis hypogaea*)

José Antonio Quaggio (¹)  
 Fernando Cesar Bachiega Zambrosi (¹)  
 Heitor Cantarella (¹)  
 Ignácio José de Godoy (¹)  
 Carlos Alexandre Costa Crusciol (²)  
 Denizart Bolonhezi (¹)

**Espaçamento:** Para cultivares de porte ereto (ex. IAC Tatu ST) o espaçamento normal é de 60 cm, ou em linhas duplas de 20 cm x 70 cm, com densidade média de 220.000 plantas por hectare. Para cultivares rasteiras, usar espaçamento de 90 cm com cerca de 12 a 14 plantas/metro, ou 130.000 a 150.000 plantas por hectare. Para cultivares rasteiras com maior desenvolvimento vegetativo (ex. cultivar IAC 503) reduzir a densidade de plantas para 10 plantas/m ou população de 110.000 plantas por hectare.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte:

Produti- vidade esperada	N t ha <sup>-1</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
	N, kg ha <sup>-1</sup>	———— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> ———			———— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> ———		
<2,5	20	80	40	20	80	60	40
2,5-4,0	20	100	50	30	100	80	60
4,0-5,5	20	120	70	40	120	100	80
>5,5	20	140	80	50	140	120	90

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura, evitando o contato com as sementes, para prevenir a redução da população de plantas por efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado em cobertura aos 20-25 dias após a semeadura. Alternativamente, e quando os teores de K forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço. A adubação com K pode ser suprimida para teores muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque.

Aplicar 30 kg ha<sup>-1</sup> de S no sulco de semeadura com a formulação NPK.

Inocular as sementes com rizóbio específico (as bactérias fixadoras de N em amendoim são relativamente disseminadas nos solos já cultivados com essa cultura, o que torna a inoculação, em muitos casos, pouco eficiente; porém, nessas condições, a microbiota nativa pode suprir a necessidade de N do amendoim). Acrescentar, durante a inoculação, 100 g de molibdato de amônio para cada lote de 100 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de sementes, quantidade necessária para o plantio de 1 hectare.

Em solos com teores baixos de B (<0,2 mg dm<sup>-3</sup>), especialmente em solos arenosos ou em áreas de reforma de cana-de-açúcar, aplicar 1 kg ha<sup>-1</sup> de B com o adubo da semeadura ou junto ao herbicida na dessecção da soqueira. A literatura não indica respostas a outros micronutrientes; porém para altas produtividades (>5 t ha<sup>-1</sup>) pode-se aplicar preventivamente, 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores ≤0,6 mg dm<sup>-3</sup> de Zn, juntamente com o fertilizante de semeadura ou por meio de pulverizações foliares.

Aplicar, em áreas de preparo convencional ou semeadura sobre palha de cana, respectivamente, na superfície do solo, pouco antes do início do florescimento, 0,5 ou 1,0 t ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola como fonte de cálcio para evitar vagens com sementes malformadas.

#### 4. ERVILHA-DE-GRÃOS (*Pisum sativum*)

Edmilson José Ambrosano (¹)  
Elaine Bahia Wutke (¹)

**Espaçamento:** 0,2 m a 0,4 m entrelinhas, 15 a 20 sementes por metro.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte:

Produtividade esperada t ha <sup>-1</sup>	N N, kg ha <sup>-1</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
<2,0	10	70	30	20	60	40	20
2,0-3,0	10	90	50	30	80	60	30
>3,0	10	120	70	50	100	70	40

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato com as sementes, para prevenir a redução da população de plantas pelo efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço. A adubação potássica pode ser suprimida em solos com teores muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque.

Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso agrícola a lanço em pré-plantio.

Inocular as sementes com rizóbio, acrescentando, durante a inoculação, 50 g ha<sup>-1</sup> de Mo. Caso as sementes não tenham sido tratadas com Mo, aplicar 250 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio ou amônio em pulverização foliar até 30 dias após a emergência. Se não houver rizobio específico para inoculação, aplicar 40 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura aos 15-25 dias após a semeadura, respectivamente para cultivares de ciclo curto e normal.

**Adubação de cobertura:** Aplicar 30 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na fase pré-floração, aos 30 e 45 dias, dependendo da cultivar.

## 5. FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*)

Elaine Bahia Wutke (¹)

Alisson Fernando Chiorato (¹)

José Antonio de Fátima Esteves (¹)

Sergio Augusto Moraes Carbonell (¹)

Edmilson José Ambrosano (¹)

Leandro Borges Lemos (²)

Rogério Peres Soratto (³)

Orivaldo Arf (⁴)

Heitor Cantarella (¹)

**Espaçamento:** Para cultivares com hábito de crescimento tipo I, utilizar 40 cm ou 45 cm entrelinhas com densidade final de 12 plantas por metro; para cultivares com hábito de crescimento tipo II utilizar

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal (SP).

(³) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

(⁴) Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira (SP).

50 cm entrelinhas com densidade final de 10 a 12 plantas por metro; para cultivares com hábito de crescimento tipo III utilizar 50 cm a 60 cm entrelinhas com densidade final de 8 a 10 plantas por metro.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

**Adubação mineral de semeadura:** Deve ser feita de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte:

Produti- vidade esperada	N $\text{t ha}^{-1}$	P resina, $\text{mg dm}^{-3}$			$\text{K}^+ \text{ trocável, mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
		<16	16-40	>40 <sup>(1)</sup>	<1,6	1,6-3,0	>3,0 <sup>(1)</sup>
	N, $\text{kg ha}^{-1}$		$\text{P}_2\text{O}_5, \text{kg ha}^{-1}$			$\text{K}_2\text{O}, \text{kg ha}^{-1}$	
<3,0	10	80	40	20	60	60	30
3,0-4,0	20	100	60	30	100	80	40
4,0-5,0	30	120	80	40	120	100	60
>5,0	40	140	100	40	140	120	80

<sup>(1)</sup> Em solos com teores de P acima de  $80 \text{ mg dm}^{-3}$ , aplicar  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como adubação de arranque. A adubação potássica pode ser suprimida em solos com teores muito altos ( $>6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

Não aplicar mais de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  no sulco de semeadura evitando o contato com as sementes para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado na primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos ( $<1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e as doses recomendadas iguais ou superiores a  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Aplicar 10 kg ha<sup>-1</sup> de S para cada 1 t ha<sup>-1</sup> de grãos de produtividade esperada. Aplicar o nutriente no sulco de semeadura ou em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso agrícola à lanço em pré-plantio.

Aplicar 3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn quando o teor de Zn-DTPA no solo for inferior a 0,6 mg dm<sup>-3</sup> e 1 kg ha<sup>-1</sup> de B quando o teor de B no solo, determinado pelo método da água quente, for inferior a 0,20 mg dm<sup>-3</sup>. Aplicar 1,0 a 2,0 kg ha<sup>-1</sup>, quando o teor de Mn-DTPA for inferior a 1,3 mg dm<sup>-3</sup>.

Aplicar de 20 a 50 g ha<sup>-1</sup> de Mo, por meio do tratamento de sementes. Para aplicação foliar, usar 250 g ha<sup>-1</sup> de Mo até no máximo o estádio V4-5 (quinta folha trifoliada completamente formada).

#### **Adubação mineral em cobertura:**

<b>Produtividade esperada</b>	<b>Classe de resposta ao N<sup>(1)</sup></b>	
	<b>Alta</b>	<b>Média e baixa</b>
<b>t ha<sup>-1</sup></b>	<b>N, kg ha<sup>-1</sup></b>	
<3,0	80	40
3,0-4,0	100	40
4,0-5,0	110	60
> 5,0	120	80

<sup>(1)</sup> Classes de resposta - Alta: culturas irrigadas; solos arenosos; cultivo após gramíneas, especialmente em sistema plantio direto recém-implantado. Média e Baixa: cultivo após leguminosas; após adubo verde reduzir a dose de N à metade se a quantidade de massa adicionada ao solo for grande; solos em pousio por dois ou mais anos ou em que se realizaram adubações orgânicas frequentes e em quantidades elevadas; solos sob sistema plantio direto consolidado.

Em solos arenosos, no período "das águas" ou em culturas irrigadas, doses de N iguais ou superiores a 60 kg ha<sup>-1</sup> podem ser parceladas em duas vezes, sendo a primeira entre o estádio V3 (primeira folha trifoliolada) e V4 (terceira folha trifoliolada formada) e, a segunda, no estádio R5 (pré-florescimento ou início da fase reprodutiva). No cultivo "da seca", em anos de precipitação pluvial reduzida e sem possibilidade de irrigação, a dose necessária de N em cobertura deverá ser aplicada em uma única

vez, entre os estádios V3 e V4-5 (quinta folha trifoliolada formada). No caso de culturas irrigadas, junto à água de irrigação, pode-se parcelar o N em até três vezes, no intervalo entre os estádios V3 e R5.

As pesquisas com inoculação de feijão com rizóbio têm sido inconclusivas e os resultados muito variáveis e pouco expressivos. Esse ainda é um desafio. Por outro lado, os dados experimentais mostram respostas acentuadas à adubação nitrogenada, em especial em áreas irrigadas e com altos potenciais de produtividade. Desse modo, a inoculação com o rizóbio específico deve ser realizada como uma medida adicional, mas, preservando a aplicação de N mineral.

## 6. FEIJÃO-ADZUKI (*Vigna angularis*) E FEIJÃO-MUNGO (*Vigna radiata*)

Edmilson José Ambrosano (¹)  
Elaine Bahia Wutke (¹)

**Espaçamento:** 0,5 m a 0,6 m entrelinhas, 10 a 12 plantas por metro linear.

**Espaçamento e densidade de semeadura:** 50 cm a 60 cm entrelinhas, com 10 a 20 sementes por metro.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte:

Produtivi-dade esperada	N N, kg ha <sup>-1</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
		— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> —	— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> —	—	—	—	—
<2,0	10	60	40	0	60	40	0
2,0-3,0	10	80	50	20	80	50	20
>3,0	10	100	60	40	100	60	40

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando-se o contato com as sementes, para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida em solos com teores muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso agrícola à lanço em pré-plantio.

Inocular as sementes com *Rhizobium*. Acrescentar, durante a inoculação, 50 g ha<sup>-1</sup> de Mo. Caso não tenha sido aplicado Mo nas sementes, aplicar 250 g ha<sup>-1</sup> de molibdato de sódio ou amônio via foliar até 30 dias após a emergência. Se não houver rizóbio específico para inoculação, aplicar 50 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura aos 25-30 dias após a semeadura.

## 7. GERGELIM (OU SÉSAMO) (*Sesamum indicum*)

José Antonio Quaggio (¹)  
Fernando Cesar Bachiega Zambrosi (¹)

**Espaçamento:** 0,4 m a 0,6 m, 20 a 25 sementes por metro linear.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte:

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
	N, kg ha <sup>-1</sup>	—— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> ——	—— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> ——				
<1,0	10	60	40	0	40	20	0
1,0-2,0	20	80	50	20	60	40	20
>2,0	30	100	60	40	80	60	30

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato com as sementes para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida para solos com teores muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso agrícola à lanço em pré-plantio.

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 dias após a emergência das plantas.

## 8. GIRASSOL (*Helianthus annuus*)

José Antonio Quaggio (¹)  
Estêvão Vicari Mellis (¹)  
Fernando Cesar Bachiega Zambrosi (¹)

**Espaçamento:** 0,5 m a 0,9 m entre linhas, por 0,2 m a 0,4 m entre plantas, visando obter densidade de 40 a 50 mil plantas por hectare.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um teor mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte:

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> —	—	—	— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> —	—	—
<2,0	10	80	50	20	60	40	20
2,0-3,0	20	100	70	30	80	60	30
>3,0	30	120	80	40	100	80	40

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato com as sementes para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida em solos com teores muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso agrícola à lanço em pré-plantio.

Aplicar 2,0 kg ha<sup>-1</sup> de B para teores no solo entre <0,20 mg dm<sup>-3</sup> e 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de B para valores no solo entre 0,2 e 0,6 mg dm<sup>-3</sup>. Em sistemas de rotação de culturas e plantio direto, o B poderá ser aplicado junto aos herbicidas de contato antes do plantio da cultura do girassol, usando ácido bórico como fonte do nutriente.

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, trinta dias após a emergência das plantas.

## 9. GRÃO-DE-BICO (*Cicer arietinum*)

Elaine Bahia Wutke (¹)  
Nelson Raimundo Braga (¹)

**Espaçamento:** 0,4 m entrelinhas, 10 a 15 sementes por metro linear.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte:

Produtividade esperada t ha <sup>-1</sup>	N N, kg ha <sup>-1</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		0-15 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	16-40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	>40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	0-1,5 K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	1,6-3,0 K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	>3,0 K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>
1,0-2,0	20	70	30	20	60	40	20
>2,0	20	90	50	40	80	60	40

Não aplicar mais de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando o contato com as sementes para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Em solos com teores de P acima de  $80 \text{ mg dm}^{-3}$ , aplicar somente  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida em solos com teores muito altos ( $>6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

Aplicar  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso agrícola a lanço em pré-plantio.

Inocular as sementes com rizóbio. Acrescentar, durante a inoculação,  $50 \text{ g ha}^{-1}$  de Mo. Caso não tenha sido aplicado Mo nas sementes, aplicar  $250 \text{ g ha}^{-1}$  de molibdato de sódio ou amônio via foliar até 30 dias após a emergência. Se não houver rizóbio específico para inoculação, aplicar  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em cobertura aos 25-30 dias após a semeadura.

## 10. LEGUMINOSAS DE ADUBOS VERDES: CROTALÁRIAS

(*Crotalaria juncea*, *C. Spectabilis*), ERVILHACA (*Vicia sativa*, *V. spp.*), FEIJÃO-DE-PORCO (*Canavalia ensiformis*), FEIJÃO-GUANDU (*Cajanus cajan*), LABE-LABE (*Lablab purpureus*), MUCUNA PRETA (*Mucuna pruriens*), MUCUNA ANÃ (*Mucuna deeringiana*, *Stizolobium deeringiana*) E TREMOÇO (*Lupinus albus*)

Edmilson José Ambrosano (¹)  
Elaine Bahia Wutke (¹)

**Espaçamento:** Crotalárias - 0,4 m a 0,6 m, 25 a 40 sementes por metro linear; feijão-guandu, tremoço e lablabe - 0,5 m a 0,6 m, 10 a 15 sementes por metro linear; feijão-de-porco - 0,5 m a 0,6 m, 7 sementes por metro linear; mucuna - 0,4 m a 0,6 m, 7 a 12 sementes por metro linear.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte:

Produtividade esperada	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
$\text{P}_2\text{O}_5$ , kg ha <sup>-1</sup>						$\text{K}_2\text{O}$ , kg ha <sup>-1</sup>
Baixa	40	20	20	40	20	0
Média	60	40	20	60	40	0
Alta	80	60	20	80	60	0

**Inoculação:** Havendo disponibilidade de rizóbio específico, efetuar a inoculação das sementes para a primeira semeadura, na base de 200 g de inoculante turfoso para 50 kg de sementes.

**Observação:** Em sistema de rotação de culturas, como os adubos verdes (leguminosas) aproveitam bem o adubo residual da cultura anterior. A adubação de plantio poderá ser dispensada quando os teores de nutrientes no solo estiverem nas classes de teores médios a altos.

## 11. MAMONA (*Ricinus communis*)

José Antonio Quaggio <sup>(1)</sup>  
Fernando Cesar Bachiega Zambrosi <sup>(1)</sup>

**Espaçamento:** Porte alto: 3,0 m x 1,0 m; porte baixo: 1,5 m x 0,5 m.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte:

<sup>(1)</sup> Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Produtividade esperada	N t ha <sup>-1</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		0-15	16-40	>40	0-1,5	1,6-3,0	>3,0
	N, kg ha <sup>-1</sup>	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—	—	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—
<2,0	10	80	40	20	70	30	20
2,0-4,0	20	100	50	30	90	40	30
>4,0	30	120	60	40	100	60	40

Não aplicar mais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de semeadura evitando-se o contato com as sementes, para prevenir a redução do estande devido ao efeito salino. O restante da dose de potássio pode ser complementado junto à primeira cobertura de N, pois aplicações tardias desse elemento são pouco eficientes.

Quando os teores de K forem baixos (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e as doses recomendadas iguais ou superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, é aconselhável, principalmente nos solos argilosos, transferir parte ou toda adubação potássica de cobertura para a fase de pré-plantio, aplicando o fertilizante a lanço.

Em solos com teores de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar somente 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como adubação de arranque. No caso do K, a adubação pode ser suprimida em solos com teores muito altos (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

Aplicar 30 kg ha<sup>-1</sup> de S no sulco de semeadura ou parte em cobertura junto ao nitrogênio. Outra forma eficiente e econômica de aplicação de S consiste no uso do gesso agrícola a lanço em pré-plantio.

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar 60 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, 30 a 40 dias após a emergência.

## 12. OUTRAS LEGUMINOSAS GRANÍFERAS: CAUPI (*Vigna unguiculata*), FEIJÃO-ARROZ (*Vigna umbellata*), GUAR (*Cyamopsis tetragonoloba*) E LENTILHA (*Lens culinaris*)

Elaine Bahia Wutke (¹)

Edmilson José Ambrosano (¹)

Nelson Raimundo Braga (¹)

José Antonio de Fátima Esteves (¹)

Heitor Cantarella (¹)

Paulo Boller Gallo (¹)

Antonio Lúcio Mello Martins (²)

Joaquim Adelino de Azevedo Filho (³)

Denizart Bolonhezi (¹)

Sebastião Wilson Tivelli (⁴)

Mário Ivo Drugowich (⁵)

Espécies anuais da família Fabaceae destinadas à alimentação humana.

Época preferencial de cultivo, espaçamento e densidade de semeadura: na primavera-verão são cultivados caupi, feijão-arroz, e guar e, no outono-inverno, lentilha. Para produção de grãos recomendam-se espaçamentos entrelinhas de 0,5 m a até 1,0 m para caupi (5 a 10 plantas por metro); de 0,4 m a 0,5 m para feijão-arroz (12 a 15 plantas por metro); de 0,5 m para guar (15 a 20 plantas por metro) e de 0,4 m a 0,5 m para lentilha (20 plantas por metro). A profundidade de semeadura deve ser de 5 cm a 6 cm em solos arenosos e de até 4 cm em solos argilosos e úmidos.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar o índice de saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Pindorama (SP).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Monte Alegre do Sul (SP).

(⁴) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de São Roque (SP).

(⁵) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Campinas, (SP).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de semeadura para leguminosas diversas, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Cultura	Produti-vidade esperada	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
	t ha <sup>-1</sup>	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—	—	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—
Caupi	1,0-1,5	60	40	0	50	20	0
Feijão-arroz	1,0-1,5	60	40	0	50	20	0
Guar	1,0-2,0	60	40	0	50	20	0
Lentilha	1,0-1,5	60	40	0	50	20	0

**Inoculação com bactérias fixadoras de N:** Inocular as sementes com rizóbios específicos na dose de 200 g de inoculante/50 kg de sementes. Na ausência de inoculação com *Rhizobium* específico, complementar a adubação mineral de plantio (Tabela 1) com N, aplicando, em cobertura, aos 15 a 25 dias após a semeadura, cerca de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na lentilha.

Se for constatada deficiência de enxofre no solo, aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de S.

## 3.9. FRUTÍFERAS

Luiz Antonio Junqueira Teixeira (¹)

José Antonio Quaggio (¹)

Dirceu Mattos Jr. (¹)

Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

Heitor Cantarella (¹)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

O aumento do consumo de frutas é uma tendência global à medida que as pessoas procuram dietas saudáveis. Assim, as plantas frutíferas constituem um grupo de culturas de importância crescente, não só em área plantada, mas também em valor de produção (Tabela 1). A nutrição mineral das plantas, além de afetar de forma marcante a produtividade, tem efeito também sobre a qualidade dos frutos, conservação pós-colheita e suscetibilidade das plantas a moléstias. Dessa maneira, é da maior importância a formulação de adubações adequadas.

Como para outras culturas, as informações experimentais obtidas regionalmente são de grande valor para dimensionar a adubação e a correção do solo para as frutíferas. Contudo, para a maioria das espécies de frutas, a experimentação com adubação no estado de São Paulo é limitada, situação que se repete em outros estados no Brasil. Isso explica por que as informações sobre a nutrição das frutíferas têm surgido de forma esparsa em todo o mundo e transferidas de uma região para outra. Embora isso não seja o ideal, os resultados são aceitáveis desde que ancorados em elementos técnicos, tais como composição química das culturas, análise de solo e diagnose foliar, e produtividade esperada.

Procurou-se, com base nas informações existentes no país, na literatura mundial e na experiência dos autores, reunir dados que ajudam os técnicos na tomada de decisões.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Há predominância de dados de pesquisa para citros e pouco para a maioria das outras frutíferas. Devido à importância da citricultura na agricultura paulista, as recomendações de adubação e calagem para citros (laranja, limão, limas ácidas e tangerinas) estão em um capítulo à parte das frutíferas cobertas no presente capítulo. As estatísticas da tabela 1 não incluem as frutas cítricas, das quais o estado de São Paulo é o maior produtor mundial, com uma área cultivada de aproximadamente 376 mil hectares e produção de cerca de 15 milhões de toneladas de frutos.

### **1.1. TEORES DE MACRONUTRIENTES PRIMÁRIOS EM FRUTAS**

Os teores de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre são apresentados na tabela 2. São indicadas também as faixas de produtividade mais comuns. Esses dados servem para estimar a exportação dos macronutrientes primários pelas colheitas em pomares formados. É claro que, antes de ter um pomar em produção, é necessário formar as árvores, o que exige quantidades consideráveis de nutrientes. Estima-se que o conteúdo de nutrientes na vegetação de um pomar de alta produtividade represente cerca de 3 a 4 vezes a quantidade extraída numa colheita elevada.

### **1.2. AMOSTRAGEM DE FOLHAS E DIAGNOSE FOLIAR**

A diagnose foliar é uma técnica importante para a fruticultura. Embora existam dificuldades de interpretação, principalmente decorrentes de variações nas épocas e posições das folhas amostradas, o que leva a resultados diferentes, já há informações que permitem estimar faixas de interpretação para diversas frutíferas.

A tabela 3 apresenta as descrições de amostragens de folhas de fruteiras. É sempre importante coletar folhas de todos os lados das árvores.

Os limites de interpretação de macro e micronutrientes estão na tabela 4.

Em frutíferas não incluídas nas tabelas 3, utilizar como regra básica a coleta de folhas recém-maduras, ou totalmente expandidas. No caso de suspeita de problemas nutricionais, obter amostras das plantas normais e das plantas afetadas, para comparar os resultados.

**Tabela 1.** Área plantada de algumas plantas frutíferas no estado de São Paulo e valor da produção<sup>(1)</sup>

Frutífera	Área (ha)	Produção (t)	Valor da produção em SP	Rankeamento em SP	
				Por área	Valor da Produção
	ha	t	R\$ 1.000		
Banana*	48.659	654.401	547.539	1	1
Manga*	13.623	139.026	82.620	2	4
Abacate*	10.706	77.580	99.994	3	3
Uva mesa*	7.917	55.842	154.757	4	2
Goiaba*	7.513	58.113	40.863	5	6
Caqui*	2.932	19.507	28.880	6	7
Macadâmia**	1.927	-	-	-	-
Maracujá*	1.797	7.422	6.861	7	11
Uva indústria*	1.782	1.296	5.330	8	15
Coco*	1.283	5.015	5.648	9	14
Pêssego*	1.106	9.828	20.593	10	8
Abacaxi*	1.011	2.6804	41.352	11	5
Mamão*	685	8.750	6.861	12	12
Ameixa*	606	5.447	10.402	13	10
Figo*	489	3.128	11.498	14	9
Acerola*	415	3.907	4.560	15	17
Maçã*	230	2.920	5.794	16	13
Nêspera*	175	784	5.008	17	16
Pecã*	80	26	319	18	20
Nectarina*	71	582	1.203	19	18
Pera*	52	117	6.74	20	19
Damasco*	x	x	x	x	x
Marmelo*	x	x	x	x	x

<sup>(1)</sup> A tabela acima não inclui os citros.

x Não aparecem nas estatísticas/valores não significativos IBGE.

\* IBGE dados 2017/2018 consolidados em 2020 (conjunto de dados mais recentes não incluem todas estas frutíferas).

\*\* IEA, Lupa, dados reunidos pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA).

**Tabela 2.** Conteúdo aproximado de macronutrientes primários em frutos e faixas de produtividade normalmente obtidas

Cultura	N	P	K	S	Produtividade
	kg t <sup>-1</sup>				t ha <sup>-1</sup>
Abacate	2,0	0,3	2,6	0,2	15-45
Abacaxi	0,8	0,1	1,8	0,1	30-50
Acerola	1,8	0,3	2,6	0,2	30-50
Banana (Cavendish)	1,8	0,3	5,0	0,2	20-60
Banana (Prata)	1,7	0,2	5,0	0,2	15-25
Caqui	1,4	0,3	2,4	0,1	15-30
Coco	2,0	0,3	3,4	0,2	*
Figo	3,1	0,5	4,0	0,3	20-22
Goiaba	1,3	0,2	0,7	0,2	30-90
Laranja	2,4	0,2	2,0	0,1	30-60
Maçã	0,7	0,1	1,2	0,1	15-30
Macadâmia	8,8	0,6	4,3	0,8	2-6
Mamão	1,8	0,3	1,6	0,2	30-40
Manga	1,3	0,2	1,6	0,2	10-20
Maracujá	3,4	0,4	1,0	0,3	20-40
Nectarina	2,9	0,3	1,9	0,1	20-22
Nêspera	1,2	0,2	1,5	0,2	10-15
Pecã	10,5	1,3	3,6	0,9	2-4
Pera	0,6	0,1	1,0	0,1	12-25
Pêssego	2,3	0,4	2,8	0,4	20-22
Uva Itália	2,2	0,6	3,3	0,2	25-30
Uva Niagara	0,9	0,3	1,9	0,2	15-25

\* Coco anão: acima de 100 frutos por planta por ano; cultivares gigantes: 30 a 50 frutos por planta por ano.

**Tabela 3.** Instruções para amostragem de folhas de frutíferas

Cultura	Instruções para amostragem
Abacate	Coletar, em fevereiro ou março, folhas recém-expandidas com idade entre 5 a 7 meses, da altura média das copas. Amostrar 50 plantas
Abacaxi	Amostrar, pouco antes da emissão da inflorescência, uma folha recém-madura "D" (normalmente a 4 <sup>a</sup> folha a partir do ápice). Cortar as folhas em pedaços de 1 cm de largura, eliminando a porção basal sem clorofila. Homogeneizar e separar cerca de 200 g para envio ao laboratório. Amostrar 50 plantas
Acerola	Amostrar nos quatro lados da planta, folhas jovens totalmente expandidas, de ramos frutíferos. Amostrar 50 plantas
Banana	Retirar os 10-15 cm centrais da 3 <sup>a</sup> folha a partir da inflorescência, eliminando a nervura central e metades periféricas. Amostrar 30 plantas quando a inflorescência apresentar todas as pencas femininas abertas (sem brácteas)
Caqui	Coletar folhas com mais de 6 meses de idade entre janeiro e março nos ramos frutíferos. Amostrar folhas localizadas em torno de 1,5 m de altura nos quatro quadrantes, totalizando 100 folhas por talhão
Citros	Coletar a 3 <sup>a</sup> ou 4 <sup>a</sup> folha, do ramo com fruto terminal, geradas na primavera, com aproximadamente seis meses de idade, normalmente de fevereiro a março, em ramos com frutos de 2 a 4 cm de diâmetro. Amostrar pelo menos 20 árvores por talhão, coletando-se quatro folhas não danificadas por árvore, uma em cada quadrante e na altura mediana da copa
Coco	Coletar três folíolos de cada lado da nervura central da folha 14 no verão, em 20 plantas por talhão
Figo	Coletar folhas recém-maduras e totalmente expandidas, da porção mediana dos ramos, três meses após a brotação. Amostras de 25 plantas por talhão, num total de 100 folhas
Goiaba	Coletar o 3º par de folhas recém-maduras (com pecíolo), a partir da extremidade do ramo, à época do pleno florescimento da cultura, em número de quatro pares de folhas por árvore, em toda a volta da planta, à cerca de 1,5 m do solo. Deve-se amostrar 20 goiabeiras quando o talhão for irrigado e 40 em pomares sem irrigação
Maçã	Coletar por planta 4 a 8 folhas recém-maduras e totalmente expandidas. Amostrar 25 plantas por talhão, num total de 100 folhas
Macadâmia	Coletar folhas recém-maduras e totalmente expandidas, no meio do último fluxo de vegetação. Amostrar 20 plantas por talhão, num total de 100 folhas
Mamão	Coletar folhas jovens recém-maduras totalmente expandidas, com pelo menos uma flor na axila. Amostrar 4 folhas por árvore e 20 plantas por talhão
Manga	Coletar folhas no florescimento, do meio do último fluxo de vegetação, de ramos com flores na extremidade. Amostrar 4 folhas por árvore, 20 plantas por talhão
Maracujá	Coletar no outono a 3 <sup>a</sup> ou 4 <sup>a</sup> folha, a partir do ápice de ramos não sombreados e amostrar 20 plantas por talhão
Pêssego	Coletar 26 folhas recém-maduras e totalmente expandidas, da porção mediana dos ramos. Amostrar 20 plantas por talhão, num total de 100 folhas
Uva	Amostrar a folha completa na posição oposta ao primeiro cacho, a partir da base do ramo, na época de pleno florescimento. Coletar 50 folhas por talhão

**Tabela 4.** Faixas de teores adequados de macro e micronutrientes em folhas de plantas frutíferas

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg <sup>-1</sup>						
Abacate	16-20	0,8-2,5	7-20	10-30	2,5-8,0	2,0-6,0
Abacaxi	14-17	0,8-1,2	22-30	7-12	3,0-4,0	1,3-6,5
Acerola	20-24	0,8-1,2	15-20	15-25	1,5-2,5	4,0- 6,0
Banana	25-30	1,7-2,1	30-40	3-12	2,0-5,0	1,8-2,5
Caqui	20-26	1,0-1,5	19-37	12-25	2,0-5,0	2,0-4,0
Coco	19-25	1,2-2,0	8-15	5-10	2,5-3,0	1,3-2,0
Figo	20-25	1,0-3,0	10-30	30-50	7,5-10	1,5-3,0
Goiaba ("Paluma")	20-25	1,4-1,8	14-17	7-11	3,4-4,0	2,5-3,5
Laranja	25-30	1,2-1,6	10-15	35-50	3,5-5,0	2,0-3,0
Maçã	19-26	1,4-4,0	15-20	12-16	2,5-4,0	2,0-4,0
Macadâmia	15-25	1,0-3,0	5-15	5-10	1,0-3,0	1,0-2,5
Mamão	40-50	2,0-4,0	20-40	15-30	10-20	4,0 -6,0
Manga	12-14	1,0-1,5	5-10	20-35	2,5-5,0	1,0-2,0
Maracujá	43-55	2,3-2,7	20-30	19-25	1,9-2,4	3,2-4,0
Pêssego	30-35	1,4-2,5	20-30	18-27	3,0-8,0	1,5-3,0
Uva	30-35	2,4-2,9	15-20	13-18	4,8-5,3	3,3-3,8
mg kg <sup>-1</sup>						
Abacate	50-100	5-15	50-200	30-100	0,05-1,0	30-100
Abacaxi	25-35	5-10	100-200	50-200	-	5-15
Acerola	25-100	5-15	50-100	5-50	-	30-50
Banana	10-25	7-20	80-200	220-1000	-	15-30
Caqui	50-100	3-10	75-150	250-900	-	8-40
Coco	10-30	4-6	40-120	30-150	-	15-20
Figo	30-75	2-10	100-300	100-350	-	50-90
Goiaba ("Paluma")	20-25	20-40	60-90	40-80	-	25-35
Laranja	50-150	10-20	50-150	30-60	0,5-2,0	35-70
Maçã	25-50	6-50	50-300	25-200	0,5-1,0	20-100
Macadâmia	25-50	6-12	25-200	100-400	0,5-2,5	15-50
Mamão	30-50	5-10	120-140	100-150	-	20-40
Manga	50-100	10-50	50-200	50-100	-	20-40
Maracujá	40-60	5-20	120-200	100-250	1,0-1,2	50-80
Pêssego	20-60	5-16	100-250	40-160	-	20-50
Uva	45-53	18-22	95-105	65-75	-	30-35

## 2. ABACATE (*Persea americana*)

José Antonio Quaggio (¹)

Dirceu Mattos Jr. (¹)

Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

O cultivo do abacate tem crescido expressivamente. Além das cultivares tradicionais, como Fortuna, Breda, Margarida, entre outras, há crescente interesse pela variedade Hass, comercialmente conhecida no Brasil como "Avocado" para a qual se empregam espaçamentos mais estreitos. Esta cultivar tem sido plantada sobre camaleões com diferentes alturas como medida de reduzir a incidência da doença provocada pelo fungo do gênero *Phytophthora*.

**Espaçamento:** Em cultivares de porte mais vigoroso, o espaçamento recomendado é 10 m x 6 m e em cultivares menos vigorosas, o espaçamento é 8 m x 6 m.

**Calagem:** A cultura do abacateiro é bastante exigente em cálcio tanto para a produção e principalmente para a qualidade dos frutos. Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,3 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco. Em cultivos sobre camaleões, não é necessário a aplicação de calcário no sulco pois a construção dos camaleões concentra o calcário na linha de plantio.

Em pomar já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Gessagem:** Aplicação de gesso deve ser feita com base na análise de solo da camada de 20-40 cm, se for constatada saturação por alumínio acima de 50% ou saturação por bases inferior a 25%. Da mesma forma que o calcário, o gesso deve ser distribuído de forma localizada na faixa de adubação, e as quantidades estimadas de acordo com a textura do

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

solo. Assim, aplicar 1,0, 1,5 ou 2,0 t ha<sup>-1</sup> de gesso, respectivamente, para solos arenosos (<200 g kg<sup>-1</sup> de argila), de textura média (200-400 g kg<sup>-1</sup> de argila) ou argilosos (>400 g kg<sup>-1</sup> de argila).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 90 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 90 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco na sua composição. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Em plantios sobre camaleões abrir os sulcos após a construção do camaleão. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado.

**Adubação de formação:** Em função dos resultados da análise de solo, da classe de resposta à adubação nitrogenada e da idade das plantas, aplicar as doses de fertilizantes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para abacateiro em formação, em função da idade das plantas e da análise de solo

Idade	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
0-1	40	60	40	20	60	40	20
1-2	60	80	60	40	80	60	40
2-3	80	100	80	60	100	80	60

As doses de fósforo deverão ser aplicadas preferencialmente em dose única no final do inverno. Doses mais baixas poderão ser parceladas juntamente com o N e K. Aplicar os fertilizantes na projeção da copa das plantas, dividindo-se as doses em quatro aplicações, desde o início até o final da estação das chuvas durante a formação do pomar.

**Adubação de produção:** Em função dos resultados da análise de solo, do teor foliar e da produtividade esperada, aplicar as doses de fertilizantes de acordo com a tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para abacateiro em produção, em função do teor foliar de N, da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N nas folhas, g kg <sup>-1</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<20	20-25	>25	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	$\text{kg ha}^{-1}$ de N			$\text{kg ha}^{-1}$ de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			$\text{kg ha}^{-1}$ de K <sub>2</sub> O		
<15	80	60	40	80	60	10	80	60	40
15-30	120	100	80	100	80	20	120	100	60
30-45	160	140	120	120	100	40	160	140	80
>45	180	160	140	140	120	60	200	180	100

Em solos com P resina maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> e K<sup>+</sup> trocável maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, não aplicar esses nutrientes.

As doses dos fertilizantes com N e K devem ser parceladas aplicando-se 40% no início da brotação, 30% no meio do período de crescimento dos frutos e 30% até a época da colheita.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg ha<sup>-1</sup> de S especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou o uso de gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Em pomares na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), manganês (2,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de manganês), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (2,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de herbicida.

### 3. ABACAXI (*Ananas comosus*)

Luiz Antonio Junqueira Teixeira (¹)  
José Antonio Quaggio (¹)

**Espaçamento:** Linhas duplas de 40 cm a 50 cm de largura, distanciadas de 70 cm a 120 cm com espaçamento entre plantas de 33 cm a 40 cm (30.000 a 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 50% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o terreno e incorporá-lo ao solo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 15%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 40%.

**Adubação:** Em função dos resultados da análise de solo e da produtividade esperada, aplicar as doses de fertilizantes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para abacaxizeiro, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	—	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—	—
<30	250	90	60	30	450	150	50
31-40	300	100	70	40	550	250	150
41-50	400	120	90	60	700	400	250
51-60	500	140	110	80	800	500	350
>60	650	160	130	100	*	700	450

\* É pouco provável obter produtividade >60 t ha<sup>-1</sup> em solos com teores muito baixos de K<sup>+</sup> trocável.

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Observações:** Em solos com P maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> não aplicar esse nutriente. Em solos com K maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, reduzir a adubação recomendada para teores altos do nutriente pela metade.

O uso de sulfato de potássio em substituição ao cloreto de potássio até a indução floral do abacaxizeiro favorece o crescimento da planta e, assim, a produção de frutos de maior tamanho. O uso de cloreto de potássio após a floração reduz a oxidação da polpa em pós-colheita e aumenta a vida útil do fruto. Assim, a aplicação de cerca de 40% da dose de K recomendada na forma de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (duas primeiras aplicações) e o restante como KCl (últimas aplicações) alia as vantagens agronômicas do sulfato com o custo mais baixo do cloreto.

**Parcelamento:** A adubação fosfatada deve ser aplicada em dose única no sulco de plantio. Nos plantios realizados em março ou abril, os fertilizantes nitrogenados e potássicos deverão ser aplicados em cobertura ao lado das linhas, procurando atingir as axilas mais velhas, nas seguintes proporções: 10% em abril-maio, 20% em novembro, 40% em janeiro e 30% em março-abril. Em plantios de outubro a novembro, aplicar o N e o K em três parcelas, sendo 10% em novembro-dezembro, 30% em janeiro e 60% em março-abril. A última adubação nitrogenada deve ocorrer, no máximo, 30 dias antes da aplicação do regulador de florescimento.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg ha<sup>-1</sup> de S por ano especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contenham S ou aplicar gesso agrícola.

**Adubação com micronutrientes:** Os sintomas visuais de deficiência mais comuns de micronutrientes na cultura do abacaxi são de zinco e boro. Produtividades mais altas demandam doses maiores de micronutrientes, sendo recomendável a aplicação de forma preventiva. Portanto, aplicar via foliar durante os principais fluxos de crescimento soluções de sulfato de zinco na concentração de 6 g L<sup>-1</sup> e ácido bórico a 2 g L<sup>-1</sup>. Realizar pelo menos três aplicações foliares até o florescimento das plantas. Quando as fontes de micronutrientes estiverem nas formas de cloreto ou nitrato, as concentrações acima indicadas devem ser reduzidas de 2 a 3 vezes; portanto, número maior de aplicações será necessário para manter a dose anual do nutriente desejada.

Teores de Zn no solo <0,6 mg dm<sup>-3</sup> (DTPA-TEA) ou nas folhas <8 mg kg<sup>-1</sup> do abacaxizeiro são indicativos de risco de deficiência nutricional. Nestas condições, aplicar 4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn via foliar.

#### 4. ACEROLA OU CEREJA DAS ANTILHAS (*Malpighia emarginata*)

José Antonio Quaggio (¹)  
Clóvis de Toledo Piza Junior (²)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

**Espaçamento:** 4 m x 4 m a 5 m x 5 m (500 a 650 plantas por hectare).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 70% e o teor de magnésio a um mínimo em  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,3 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco. Em pomar já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 60 g de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 120 a 150 kg  $\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco na sua composição. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado. Se disponível, aplicar também por metro linear de sulco 5 L a 20 L de esterco de curral ou composto, ou 5 L de esterco de galinha, bem curtidos e misturados com o fertilizante fosfatado e calcário.

**Adubação de formação:** Aplicar os nutrientes indicados na tabela 1.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Campinas (SP).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para acerola em formação, em função da idade das plantas e da análise de solo

Idade	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
0-1	60	0	0	0	80	60	40
1-2	120	120	90	60	160	100	80
2-3	180	180	120	90	240	160	120

Aplicar os adubos em cobertura, em três parcelas, no início, meado e fim da época das chuvas, ao redor das plantas e em toda área sob a projeção das copas.

**Adubação de produção:** Aplicar anualmente as doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O de acordo com a tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para acerola em produção, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
<15	40	40	30	20	80	60	40
15-20	80	60	40	30	100	80	60
21-30	120	80	60	40	160	120	80
31-40	140	120	80	60	200	160	100
>40	160	140	100	80	260	200	120

Aplicar os adubos em três parcelas, no início, meado e fim das chuvas, em toda área da projeção das copas.

Em solos com P resina maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> e K<sup>+</sup> trocável maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> não aplicar esses nutrientes.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg ha<sup>-1</sup> de S por ano especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou aplicar gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Em pomares na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de herbicida.

## 5. BANANA (Diversas plantas do gênero *Musa*)

Luiz Antonio Junqueira Teixeira (¹)  
José Antonio Quaggio (¹)  
Danilo Eduardo Rozane (²)  
Edson Shigueaki Nomura (³)

**Espaçamento:** Cultivares de porte baixo e médio, como "Nanica", "Grande Naine" ou "Prata Anã": 2 m x 2 m ou 2 m x 2,5 m (2.500 a 2.000 famílias por hectare). Cultivares de porte alto, como "Prata comum", "Pacovan" ou "Terra": 2,5 m x 3 m ou 3 m x 3 m (1.333 a 1.111 famílias por hectare).

**Cultivares e recomendações de adubação e calagem:** Ainda que a quantidade de cultivares de bananeira exploradas comercialmente seja relativamente pequena, sua diversidade é grande. Porte, ciclo, perfilhamento, resistência a doenças e produtividade, entre outros aspectos, variam muito entre os genótipos mais cultivados. Assim, a elaboração de uma recomendação adequada de adubação e calagem que atenda às peculiaridades de cada unidade de produção depende

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Universidade Estadual Paulista (UNESP), Registro (SP).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Paráquera-açu (SP).

do conhecimento da cultivar, clima, solo, sistema de produção e suas interações. Nas tabelas e recomendações deste boletim, a ideia de "produtividade esperada" foi a forma de levar em consideração possíveis variações de cada ambiente produtivo e se aplicam aos diversos cultivares.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na formação do bananal, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,5 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco.

Em bananal já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas. A fim de prevenir problemas decorrentes do uso de fontes de N acidificantes, como ureia ou nitrato de amônio, aplicar 2 kg de calcário dolomítico por kg de N da adubação. Esta dose é somada à calagem para corrigir a acidez definida pela análise de solo.

**Adubação mineral de plantio:** A adubação fosfatada deve ser aplicada em duas etapas, sendo 50% em área total antes do plantio com incorporação com grade. Aplicar o restante da dose de P da tabela 1 no sulco de plantio, misturando-se o fertilizante com 5 L a 8 L de esterco de curral curtido ou a terça parte de esterco de galinha por metro linear de sulco.

As quantidades de K da tabela 1 que excederem  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  na formação do bananal, deverão ser aplicadas preferencialmente a lanço, antes do plantio das mudas, e incorporadas com grade, o restante da adubação potássica, em cobertura juntamente com a adubação nitrogenada.

**Adubação de primeiro ano ou formação:** Em função dos resultados da análise de solo, da classe de resposta ao N e da produtividade esperada, aplicar as doses de fertilizantes apresentadas na tabela 1. Em solos com P resina maior que  $80 \text{ mg dm}^{-3}$  não aplicar esse nutriente. Em solos com  $\text{K}^+$  trocável maior que  $6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , reduzir a adubação recomendada para teores altos do nutriente pela metade. Os fertilizantes nitrogenados e potássicos deverão ser parcelados em seis aplicações, distribuídas na proporção de 10%, 15%, 15%, 20%, 20% e 20% da dose recomendada, respectivamente, no 1º, 3º, 5º, 7º, 9º e 11º mês após o plantio.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de formação para bananeira, em função das classes de resposta ao N, da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi-dade esperada	Classes de resposta ao N <sup>(1)</sup>		P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	Baixa	Alta	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—	—	—	—	—
<20	90	110	160	70	40	400	150	100
20-30	150	190	180	90	60	600	350	150
31-40	210	260	200	110	80	800	550	350
41-50	270	340	220	130	100	*	750	550
>50	330	410	240	150	120	*	950	750

\* É pouco provável obter essas produtividades na primeira safra em solos com teores muito baixos de K<sup>+</sup> trocável (<1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

(<sup>1</sup>) Classes de resposta à adubação nitrogenada: baixa = plantio em áreas sob pousio ou em sucessão a leguminosas, teores elevados de matéria orgânica; alta = plantio em áreas com muitos anos de cultivo de gramíneas ou outras não-leguminosas, solos arenosos, baixo teor de matéria orgânica.

**Adubação de produção:** Em função do teor de N foliar, dos resultados da análise de solo e da produtividade esperada, aplicar anualmente as doses de fertilizantes de acordo com a tabela 2. Em solos com P resina maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> não aplicar esse nutriente. Em solos com K<sup>+</sup> trocável maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, reduzir a adubação recomendada para teores altos do nutriente pela metade.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de manutenção para bananeira, em função do teor foliar de N, da análise de solo e da produtividade esperada

Produti-vidade esperada	N nas folhas, g kg <sup>-1</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<25	25-30	>30	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	— kg ha <sup>-1</sup> de N —	— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—	—	—	—	—	—
<20	130	100	80	140	50	20	420	220	120
20-30	200	160	120	150	60	30	450	250	150
31-40	300	230	170	160	70	40	510	310	210
41-50	380	300	230	170	80	50	570	370	270
51-60	460	370	280	180	90	60	630	430	330
>60	560	450	340	190	100	70	690	490	390

**Parcelamento:** As doses dos fertilizantes com N, P ou K para bananeiras cultivadas em sequeiro nas condições do estado de São Paulo (inverno mais frio e seco do que o verão) devem ser parceladas em aplicações de acordo com os percentuais apresentados na tabela 3. Os fertilizantes devem ser distribuídos uniformemente num semicírculo com raio de aproximadamente 0,6 m em frente a brotação lateral mais jovem, ou seja, no sentido do caminhamento da família.

**Tabela 3.** Parcelamento das doses anuais de N, P e K em bananeiras cultivadas em sequeiro nas condições de produção do estado de São Paulo

Nutriente	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
Fração da dose anual (%)												
<b>N</b>	-	20	-	15	-	-	-	15	-	20	-	30
<b>P</b>	-	50	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-
<b>K</b>	-	20	-	25	-	-	-	15	-	20	-	20

**Fertirrigação:** Com a aplicação dos fertilizantes nitrogenados e potássicos via fertirrigação, recomenda-se utilizar 80% das doses indicadas para N e K nas tabelas de formação ou de produção. Empregar preferencialmente os métodos de gotejo ou microaspersão. Nas áreas em implantação, indica-se respeitar para cada mês os percentuais de fracionamento recomendados anteriormente. Nas áreas em produção, os fertilizantes via fertirrigação devem ser aplicados quinzenalmente durante todo o ano.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg ha<sup>-1</sup> de S por ano especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contenham S ou aplicar gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Os sintomas visuais de deficiência de B e Zn são os mais comuns na bananicultura paulista. Aplicar micronutrientes de acordo com o diagnóstico e as doses apresentadas na tabela 4. As menores doses indicadas podem ser aplicadas diretamente no pseudocaule após a colheita da planta-mãe, ou

no orifício deixado pela ferramenta ("Lurdinha") de desbaste do filhote. As maiores doses poderão ser aplicadas juntamente com o fertilizante via solo ou fertirrigação. Empregar preferencialmente como fontes, sulfato de zinco e ácido bórico. No caso de aplicação foliar, não associar o fornecimento de micronutrientes com controle fitossanitário.

**Tabela 4.** Teores de Zn e de B no solo ou folhas de bananeira indicativos de risco de deficiência nutricional

<b>Micronutriente</b>	<b>Teores</b>		<b>Adubação<sup>(2)</sup></b>	
	<b>Solo<sup>(1)</sup></b>	<b>Folha</b>	<b>no solo</b>	<b>no pseudo-caule</b>
Zn	mg dm <sup>-3</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	_____ g planta <sup>-1</sup> _____	
B	<5,0	<15	7	5
	<0,6	<10	2	1

<sup>(1)</sup> Extraído com DTPA-TEA.

<sup>(2)</sup> Essas doses foram estabelecidas para as fontes de sulfato de zinco e ácido bórico.

**Adubação verde:** É recomendável o plantio de uma cultura intercalar durante a fase inicial de formação do bananal, especialmente em solos com declive. Entretanto, a cultura intercalar não deve concorrer por água, nutrientes ou luz. O cultivo de espécies adequadas de adubos verdes traz benefícios como proteção do solo, redução das perdas de nutrientes por lixiviação e escorramento superficial, bom como atua na ciclagem de nutrientes por meio da acumulação de matéria orgânica. Leguminosas têm apresentado resultados positivos em consociação na época do estabelecimento do bananal. Além das vantagens comuns aos demais adubos verdes, as leguminosas aportam quantidade significativa de nitrogênio às bananeiras decorrente da fixação simbiótica deste nutriente e acúmulo em sua biomassa.

## 6. CAQUI (Planta do gênero *Diospyros*)

Luiz Antonio Junqueira Teixeira (<sup>1</sup>)  
José Antonio Quaggio (<sup>1</sup>)

**Espaçamento:** Cultivares vigorosas, como "Taubaté" e "Giombo": 7 m x 6 m (238 plantas ha<sup>-1</sup>); cultivares menos vigorosas como "Fuyu": 6 m x 6 m (278 plantas ha<sup>-1</sup>), 6 m x 5 m (333 plantas ha<sup>-1</sup>). Hoje há tendência para adensamento de plantio, podendo-se utilizar espaçamentos de 6 m x 4 m.

**Calagem:** A cultura do caqui é bastante exigente em cálcio, tanto para a produção, como para a qualidade dos frutos. Assim cuidados especiais devem ser observados com a calagem e uso do gesso agrícola. Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o terreno e incorporá-lo ao solo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,3 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco. Em pomares já formados, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% mais no centro das ruas.

Para evitar problemas de qualidade dos frutos relacionados à deficiência de cálcio, o fornecimento deste nutriente pode ser complementado com aplicação de gesso agrícola. Em caquizeiro "Fuyu", a falta de cálcio ou desequilíbrios entre cálcio e potássio ou cálcio e nitrogênio podem causar amolecimento de frutos, com a consequente diminuição da vida de prateleira.

**Gessagem:** Aplicação de gesso deve ser feita com base na análise de solo da camada de 20-40 cm, se for constatada saturação por alumínio acima de 50% ou saturação por bases inferior a 25%. Da mesma forma que o calcário, o gesso deve ser distribuído de forma localizada na faixa de adubação, e as quantidades estimadas de acordo com a textura do solo. Assim, aplicar 1,0, 1,5 ou 2,0 t ha<sup>-1</sup> de gesso, respectivamente, para

---

(<sup>1</sup>) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

solos arenosos ( $<200 \text{ g kg}^{-1}$  de argila), de textura média ( $200\text{--}400 \text{ g kg}^{-1}$  de argila) ou argilosos ( $>400 \text{ g kg}^{-1}$  de argila).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 90 g de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 130 a 150  $\text{kg ha}^{-1}$ . Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado. Depois de marcar as covas, aplicar 20 L de esterco de curral ou composto, ou 5 L de esterco de galinha bem curtidos em mistura em cada ponto onde serão plantadas as mudas. Caso não tenha sido aplicado calcário no fundo do sulco, acrescentar 0,2 kg de calcário dolomítico na adubação da cova. Os adubos devem ser misturados com a terra 20 a 30 dias antes do plantio.

**Adubação de formação:** Em função dos resultados da análise de solo, da classe de resposta à adubação nitrogenada e da idade das plantas, aplicar as doses de fertilizantes apresentadas na tabela 1. Parcelar as doses em pelo menos três aplicações durante a estação chuvosa, aproximadamente em outubro, dezembro e março para as condições de São Paulo. Aplicar os adubos na área de coroamento das plantas, numa faixa circular de aproximadamente 1 m de largura e distante 30 cm do caule.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de formação para caquizeiro, em função das classes de resposta ao N, da análise de solo e idade das plantas

Idade	Classe de res- posta ao N <sup>(1)</sup>		Presina, $\text{mg dm}^{-3}$			$\text{K}^+ \text{ trocável, mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
	Baixa	Alta	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Anos	— kg $\text{ha}^{-1}$ de N —	— kg $\text{ha}^{-1}$ de $\text{P}_2\text{O}_5$ —	— kg $\text{ha}^{-1}$ de $\text{K}_2\text{O}$ —					
0-1	10	20	30	15	15	40	20	20
1-2	20	30	60	45	30	80	60	40
2-3	30	40	90	60	45	100	80	60

<sup>(1)</sup> Classes de resposta à adubação nitrogenada: baixa = plantio em áreas sob pousio ou em sucessão a leguminosas, teores elevados de matéria orgânica; alta = plantio em áreas com muitos anos de cultivo de gramíneas ou outras não-leguminosas, solos arenosos, baixo teor de matéria orgânica.

**Adubação de produção:** Em função do teor de N foliar, dos resultados da análise de solo e da produtividade esperada, aplicar as doses de fertilizantes de acordo com a tabela 2. A adubação do pomar em produção deve ser ajustada em função de análises de solo periódicas, da observação de sintomas de deficiência e do monitoramento do estado nutricional das plantas por meio de análise foliar. Em solos com teores de P maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> ou de K maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, não aplicar P ou K.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de produção para caquizeiro, em função do teor foliar de N, da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N nas folhas, g kg <sup>-1</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<20	20-26	>26	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	— kg ha <sup>-1</sup> de N —			— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —			— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —		
<10	60	40	30	40	20	10	80	60	40
10-20	80	60	40	60	40	20	100	80	60
21-30	100	80	60	80	60	30	160	120	80
>30	120	100	80	100	80	40	180	140	100

Em solos com P resina maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> e K<sup>+</sup> trocável maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> não aplicar esses nutrientes.

**Parcelamento:** O fósforo poderá ser aplicado em dose única pouco antes da floração. Os fertilizantes com N e K devem ser parcelados aplicando-se 40% no início da brotação, 30% no meio do período de crescimento dos frutos e 30% na época da colheita. Aplicar os fertilizantes na projeção da copa das plantas.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg ha<sup>-1</sup> de S por ano especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contenham S ou usar gesso.

**Micronutrientes:** Em pomares na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup>

de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, o boro foliar pode ser suprimido e aplicado via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de herbicida.

## 7. COCO (*Cocos nucifera*)

Luiz Antonio Junqueira Teixeira (¹)  
Ondino Cleante Bataglia (¹)  
José Antonio Quaggio (¹)

**Espaçamento:** 7,5 m x 7,5 m x 7,5 m, em triângulo (205 plantas por hectare) para variedade de porte baixo.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 60% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o terreno e incorporá-lo ao solo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,5 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco.

Em pomares em produção, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% mais no centro das ruas.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 20 L por cova de esterco de curral ou composto, ou 5 L de esterco de galinha bem curtidos em mistura com, 200 g de calcário dolomítico e 100 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 5 g de Zn. Os adubos devem ser misturados com a terra 20 a 30 dias antes do plantio.

**Adubação de formação:** Em função dos resultados de análise de solo e da idade das plantas, aplicar as quantidades de fertilizantes indicadas na tabela 1. Parcelar as doses em pelo menos três aplicações durante a estação chuvosa, aproximadamente em outubro, dezembro e março para as condições do estado de São Paulo. Aplicar os adubos na área de coroamento das plantas, numa faixa circular de aproximadamente 1 m de largura e distante 30 cm do caule.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de formação para coqueiro, em função das classes de resposta ao N, da análise de solo e idade das plantas

Idade	Classe de res- posta ao N <sup>(1)</sup>		P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	Baixa	Alta	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Anos	— kg ha <sup>-1</sup> de N —	— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —					
0-1	20	25	30	20	10	50	40	30
1-2	40	50	45	30	15	100	60	40
2-3	60	75	60	40	20	140	80	60
3-4	80	100	75	50	25	180	100	80
4-5	100	125	90	60	30	200	120	100

<sup>(1)</sup> Classe de resposta à adubação nitrogenada: baixa = plantio em áreas sob pousio ou em sucessão a leguminosas, teores elevados de matéria orgânica; alta = plantio em áreas com muitos anos de cultivo de gramíneas ou outras não-leguminosas, solos arenosos, baixo teor de matéria orgânica.

**Adubação de produção:** Aplicar, de acordo com a análise de solo e a produção anual esperada, as quantidades indicadas na tabela 2. Para solos com teores muito altos de K (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) ou de P (>80 mg dm<sup>-3</sup>) não é necessário aplicar K ou P.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de produção para coqueiro, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0	
t ha <sup>-1</sup>	Frutos por planta <sup>(1)</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —				
<20	<60	80	60	30	0	180	120	60
20-30	60-90	120	90	60	30	240	180	100
>30	>90	160	120	90	60	300	240	140

<sup>(1)</sup> Estimativa considerando 205 plantas por hectare e frutos com aproximadamente 1,6 kg.

Para solos com teores muito altos de K ( $>6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e de P ( $>80 \text{ mg dm}^{-3}$ ) não é necessário aplicar K e P.

**Parcelamento:** Da mesma forma que na formação das plantas, fracionar a adubação em pelo menos três aplicações na estação chuvosa. Continuar aplicando os adubos na área de coroamento das plantas, mas aumentar a largura da faixa adubada para 1,5 m. A partir do 2º ano, aplicar 30 kg ha<sup>-1</sup>/ano de enxofre.

**Micronutrientes:** Em pomares na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de herbicida.

## 8. FRUTAS DE CLIMA TEMPERADO I: AMEIXA (*Prunus domestica*), NÊSPERA (*Eriobotrya japonica*), PÊSSEGO (*Prunus persica*), NECTARINA (*Prunus* sp.) E DAMASCO-JAPONÊS (UMÊ) (*Prunus mume*)

José Antonio Quaggio (¹)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

**Espaçamento:** Ameixa e damasco japonês (umê): 6 m x 5 m (330 plantas por hectare); nêspera: 8 m x 6 m (200 plantas por hectare); pêssego e nectarina: (tendência atual) 6 m x 4 m (410 plantas por hectare).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 70% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total,

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

aplicar 0,3 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco. Em pomar já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 90 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco na sua composição. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado.

Se disponível, aplicar também por metro linear de sulco 5 L a 20 L de esterco de curral ou composto, ou 5 L de esterco de galinha, bem curtidos e misturados com o fertilizante fosfatado e calcário.

**Adubação de formação:** Aplicar os nutrientes indicados na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para frutas de clima temperado I em formação, em função da idade das plantas e da análise de solo

Idade	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	———	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ———	———	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O ———	———	———
0-1	30	0	0	0	40	20	0
1-2	60	60	40	20	60	60	40
2-3	80	80	60	40	100	80	60
3-4	100	100	80	60	120	100	80
4-5	120	120	100	80	140	120	100

Aplicar os adubos em quatro parcelas, de dois em dois meses, a partir do início da brotação. Aplicar o fósforo em dose única na primeira adubação

**Adubação de produção:** Aplicar os nutrientes indicados na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para frutas de clima temperado I em produção, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi-dade esperada	N t ha <sup>-1</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
	kg ha <sup>-1</sup> de N	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
<b>Ameixa e damasco</b>							
<15	120	100	80	40	120	100	60
15-25	160	120	100	60	140	120	80
>25	200	140	120	80	160	140	100
<b>Pêssego e nectarina</b>							
<15	100	90	80	40	140	120	80
15-20	120	120	100	60	160	140	100
>20	140	140	120	80	180	160	120
<b>Nêspera</b>							
<10	80	80	60	20	80	60	20
10-15	100	100	80	40	100	80	40
>15	120	120	100	60	120	100	60

Aplicar os adubos em quatro parcelas, de dois em dois meses, a partir do início da brotação. Aplicar o fósforo em dose única na primeira adubação.

Em solos com teores muito altos de P (>80 mg dm<sup>-3</sup>) e de K (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) não é necessário aplicar P e K.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg ha<sup>-1</sup> de S por ano especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou o uso de gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Em pomares na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de herbicida.

## 9. FRUTAS DE CLIMA TEMPERADO II: FIGO (*Ficus carica*), MAÇÃ (*Malus domestica*), MARMELO (*Cydonia oblonga*) E PÊRA EM POMAR COMPACTO (Espécies do gênero *Pyrus*)

José Antonio Quaggio (¹)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

**Espaçamento:** Figo: 3,5 m x 2 m (1.400 plantas por hectare); maçã enxertada sobre cavalo ananicante: 4 m x 2 m (1.250 plantas por hectare); marmelo: 5 m x 3 m (650 plantas por hectare); pêra enxertada sobre marmeleiro: 4 m x 2 m (1.250 plantas por hectare); pêssego enxertado sobre pessegueiro "Okinawa" (pomar adensado) ou sobre umezeiro: 4 m x 2 m (1.250 plantas por hectare).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 70% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,3 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco. Em pomar já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 60 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 120 a 170 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco na sua composição. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado.

Se disponível, aplicar também por metro linear de sulco 5 L a 20 L de esterco de curral ou composto, ou 5 L de esterco de galinha, bem curtidos e misturados com o fertilizante fosfatado e calcário.

**Adubação de formação:** Aplicar as doses de nutrientes indicadas na tabela 1 para a fase de formação de frutas de clima temperado II.

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para frutas de clima temperado II em formação, em função da idade das plantas e da análise de solo

Idade	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	—	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—	—
0-1	60	80	60	40	60	30	0
1-2	80	100	80	60	100	60	40
2-3	100	120	100	80	120	100	60
3-4	120	140	120	100	140	120	80
4-5	140	160	140	100	160	140	80

Aplicar os adubos em quatro parcelas, de dois em dois meses, a partir do início da brotação. Aplicar o fósforo em dose única na primeira adubação.

**Adubação de produção:** Aplicar os nutrientes recomendados para frutas de clima temperado II, de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela seguinte.

Produti-vidade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	—	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—	—
Figo							
<10	140	100	80	60	140	100	60
10-20	200	120	100	80	180	120	80
>20	240	160	120	100	240	160	100
Maçã e Pêra							
<15	140	100	80	60	140	100	60
15-25	180	140	100	80	160	120	80
>25	240	180	120	100	200	160	100
Marmelo							
<10	80	80	40	20	80	60	40
10-15	100	100	60	40	100	80	60
>15	120	120	80	60	120	100	80

Aplicar os adubos em quatro parcelas, de dois em dois meses, a partir do início da brotação. Aplicar o fósforo em dose única na primeira adubação.

Em solos com teores muito altos de P ( $>80 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e de K ( $>6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) não é necessário aplicar P e K.

**Adubação com enxofre:** Fornecer  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de S por ano especialmente em solos com  $\text{S-SO}_4^{2-}$  abaixo de  $15 \text{ mg dm}^{-3}$  na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou o uso de gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Em pomares na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia ( $2,5 \text{ g L}^{-1}$ ), cobre ( $1,0 \text{ g L}^{-1}$  de sulfato +  $1,5 \text{ g L}^{-1}$  de hidróxido), zinco ( $3,0 \text{ g L}^{-1}$  de sulfato de zinco) e boro ( $1,0 \text{ g L}^{-1}$  de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de  $6 \text{ kg ha}^{-1}$  de ácido bórico na calda de herbicida.

## 10. GOIABA (*Psidium guajava*)

Luiz Antonio Junqueira Teixeira (¹)

José Antonio Quaggio (¹)

Willian Natale (²)

Danilo Eduardo Rozane (³)

A goiabeira é uma planta exigente em cálcio e potássio, nutrientes importantes para a produção e qualidade dos frutos. Existem diferenças varietais na demanda por nutrientes.

**Espaçamento:** É definido em função do destino das frutas. Para cultivares destinadas ao comércio in natura, o espaçamento varia de 6 m a 8 m entre linhas de plantio e de 6 m a 7 m entre plantas. Para indústria, o espaçamento entre linhas de plantio é de 7 m e, entre plantas, de 4 m a 6 m.

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal (SP).

(³) Universidade Estadual Paulista (UNESP), Registro (SP).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 70% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar no sulco de plantio 0,5 kg de calcário dolomítico por metro linear.

Em pomar já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no restante da área.

**Gessagem:** Aplicação de gesso deve ser feita com base na análise de solo da camada de 20-40 cm, se for constatada saturação por alumínio acima de 50% ou saturação por bases inferior a 25%. Da mesma forma que o calcário, o gesso deve ser distribuído de forma localizada na faixa de adubação, e as quantidades estimadas de acordo com a textura do solo. Assim, aplicar 1,0, 1,5 ou 2,0 t ha<sup>-1</sup> de gesso, respectivamente, para solos arenosos (<200 g kg<sup>-1</sup> de argila), de textura média (200-400 g kg<sup>-1</sup> de argila) ou argilosos (>400 g kg<sup>-1</sup> de argila).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 90 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup>. Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco na sua composição. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado.

Se disponível, aplicar também por metro linear de sulco 5 L a 20 L de esterco de curral ou composto, ou 5 L de esterco de galinha, bem curtidos e misturados com o fertilizante fosfatado e calcário.

**Adubação de formação:** Aplicar as doses de nutrientes indicadas na tabela 1 para a fase de formação da goiabeira.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para goiabeira em formação, em função da idade das plantas e da análise de solo

Idade	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	—	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—	—
0-1	30	20	10	0	30	20	10
1-2	60	30	20	0	60	30	20
2-3	80	50	30	0	90	50	30
3-4	100	80	40	0	120	70	40

Quando a produtividade do pomar superar 25 t ha<sup>-1</sup>, a adubação poderá ser calculada com base na tabela de pomares em produção.

Aplicar os fertilizantes na projeção da copa das plantas. As doses de fósforo deverão ser aplicadas preferencialmente em dose única, enquanto, as doses de nitrogênio e potássio devem ser parceladas em três a quatro aplicações, desde o início até o final da estação das chuvas durante a formação do pomar.

**Adubação de produção:** Aplicar as doses de fertilizantes de acordo com a tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para goiabeira em produção, em função do teor foliar de N, da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi-dade esperada	N foliar, g kg <sup>-1</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<20	20-25	>25	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	— kg ha <sup>-1</sup> de N —	— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—	—	—	—	—	—
<30	60	50	30	60	30	0	90	70	50
30-45	70	60	40	80	40	0	120	90	60
45-60	90	80	60	120	50	0	160	120	70
60-75	140	120	80	140	60	0	200	160	90
75-90	170	140	100	160	80	0	240	180	100
>90	190	160	120	180	100	0	300	240	120

As doses da tabela acima foram calculadas para a variedade Paluma. Recomenda-se aumentar as doses de N e K em 15% para a variedade Rica.

As doses dos fertilizantes com N e K devem ser parceladas aplicando-se 40% no início da brotação, 30% no meio do período de crescimento dos frutos e 30% na época da colheita.

Em solos com P resina maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> e K<sup>+</sup> trocável maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> não aplicar P e K.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 20 kg ha<sup>-1</sup> de S especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou o uso de gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Em pomares na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de herbicida.

## 11. MAMÃO (*Carica papaya*)

José Antonio Quaggio (¹)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

**Espaçamento:** De 3 m a 4 m entre ruas e 2,0 m a 2,5 m entre plantas na rua (1.000 a 1.700 plantas por hectare).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar no sulco de plantio 0,5 kg de calcário dolomítico por metro linear.

**Gessagem:** Aplicação de gesso deve ser feita com base na análise de solo da camada de 20-40 cm, se for constatada saturação por alumínio

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

acima de 50% ou saturação por bases inferior a 25%. Da mesma forma que o calcário, o gesso deve ser distribuído de forma localizada na faixa de adubação, e as quantidades estimadas de acordo com a textura do solo. Assim, aplicar 1,0, 1,5 ou 2,0 t ha<sup>-1</sup> de gesso, respectivamente, para solos arenosos (<200 g kg<sup>-1</sup> de argila), de textura média (200-400 g kg<sup>-1</sup> de argila) ou argilosos (>400 g kg<sup>-1</sup> de argila).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 60 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 150 a 200 kg ha<sup>-1</sup>. Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco na sua composição. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado.

Se possível, também, aplicar por metro linear de sulco 5 L a 20 L de esterco de curral ou composto, ou 5 L de esterco de galinha, bem curtidos e misturados com o fertilizante fosfatado e calcário.

**Adubação de formação:** Após o pegamento das mudas aplicar 50 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo as menores doses para plantios menos adensados e as doses maiores para adensados. Parcelar essas doses aos 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio das mudas.

**Adubação de produção:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para mamoeiro em produção, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N	P resina*, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
<20	80	60	40	20	100	80	60
20-40	120	80	60	30	140	120	80
40-60	160	100	80	50	180	160	100
>60	180	120	100	70	200	180	120

\* Em solos com P resina maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> e K<sup>+</sup> trocável maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> não aplicar P e K.

Parcelar a adubação em quatro vezes entre setembro a março. Os adubos devem ser aplicados em faixas de 1,5 m de largura, a partir do caule, nos dois lados da planta. Definir a adubação do segundo ano após nova análise de solo, utilizando a tabela acima.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 20 kg ha<sup>-1</sup> de S especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou o uso de gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Realizar 4 ou 5 adubações foliares por ano, entre os meses de setembro a abril, com soluções foliares contendo as seguintes quantidades de nutrientes: ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). A adubação foliar com B deve ser praticada como complemento à adubação via solo.

Recomenda-se a aplicação anual de 2 kg ha<sup>-1</sup> de B, a qual deve ser feita preferencialmente via solo, parcelado em 2 ou 3 vezes, na forma de ácido bórico dissolvido na solução de herbicidas de contato, como o glifosato, o que constitui a forma mais prática e eficiente de aplicação do nutriente. Geralmente são feitas de 2 a 3 aplicações de herbicidas por ano, com o volume de calda de cerca de 200 L ha<sup>-1</sup> de área tratada, na qual a dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B (6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico) é facilmente dissolvida.

**Adubação foliar complementar:** Resultados de pesquisa demonstram uma crescente demanda de Mg em aumento de produtividade das culturas e qualidade dos produtos. A adubação foliar com o Mg é uma estratégia eficiente para corrigir a deficiência desse nutriente, principalmente pela facilidade de aplicação e possibilidade de misturas com outros produtos na calda de pulverização. Recomenda-se a aplicação de solução com 5 kg de sulfato de magnésio hidratado por 1.000 L da calda de pulverização, juntamente com as aplicações de micronutrientes.

Respostas a aplicação de Mo poderão ocorrer em áreas com altas produtividades, em solos com acidez moderada, arenosos e com baixo teor de matéria orgânica. Nessas condições, recomenda-se de 2 a 3 aplicações anuais de solução contendo de 20 a 40 mg L<sup>-1</sup> de Mo, o que corresponde aproximadamente de 50 a 100 g de molibdato de amônio ou de sódio por 1.000 L de calda.

## 12. MANGA (*Mangifera indica*)

José Antonio Quaggio (¹)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)

As mangueiras são muito exigentes em cálcio e boro. Adubações com doses elevadas de nitrogênio provocam crescimento vegetativo vigoroso que afeta negativamente a produção e a qualidade das frutas.

**Espaçamento:** Para as diferentes cultivares de manga, o espaçamento de plantio mais comum é 7 m a 8 m entrelinhas e de 4 m a 6 m entre plantas.

**Calagem:** A cultura da manga é bastante exigente em cálcio tanto para a produção como para a qualidade dos frutos. Assim cuidados especiais devem ser observados com a calagem e uso do gesso agrícola. Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 40%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,5 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco.

Em pomar já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Gessagem:** Aplicação de gesso deve ser feita com base na análise de solo da camada de 20-40 cm, se for constatada saturação por alumínio acima de 50% ou saturação por bases inferior a 25%. Da mesma forma que o calcário, o gesso deve ser distribuído de forma localizada na faixa de adubação, e as quantidades estimadas de acordo com a textura do solo. Assim, aplicar 1,0, 1,5 ou 2,0 t  $\text{ha}^{-1}$  de gesso, respectivamente, para solos arenosos ( $<200 \text{ g kg}^{-1}$  de argila), de textura média (200-400 g  $\text{kg}^{-1}$  de argila) ou argilosos ( $>400 \text{ g kg}^{-1}$  de argila).

**Adubação mineral de plantio:** Nos primeiros anos de idade as mangueiras têm crescimento lento, requerendo uma adubação para acelerar o período de formação e melhorar a uniformidade das plantas. O inverso observado na adubação de pomares já formados, ou seja, deve-

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

se reduzir ao máximo possível o crescimento das plantas. Na formação as exigências em N e P são maiores do que para a produção, e nesta última, o K é exigido em grande quantidade.

Aplicar 90 g de  $P_2O_5$  por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 110 a 130 kg  $ha^{-1}$ . Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco na sua composição. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado.

**Adubação de formação:** Aplicar os nutrientes indicados na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para mangueira em formação, em função da idade das plantas e da análise de solo

Idade	N	P resina, mg $dm^{-3}$			$K^+$ trocável, $mmol_c\ dm^{-3}$		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
anos	kg $ha^{-1}$ de N	—	kg $ha^{-1}$ de $P_2O_5$	—	—	kg $ha^{-1}$ de $K_2O$	—
0-1	10	20	10	0	10	0	0
1-2	20	40	20	0	20	10	0
2-3	30	60	30	0	40	20	10
3-4	40	80	40	0	60	30	20

As doses de fósforo deverão ser aplicadas preferencialmente em dose única pouco antes da floração. Doses mais baixas poderão ser parceladas juntamente com o N e K. Aplicar os fertilizantes na projeção da copa das plantas, dividindo-se as doses em três aplicações, desde o início até o final da estação das chuvas durante a formação do pomar.

**Adubação de produção:** Aplicar as doses de nutrientes indicadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para mangueira em produção, em função do teor foliar de N, da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N nas folhas, g kg <sup>-1</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<12	12-14	>14	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	— kg ha <sup>-1</sup> de N —			— kg ha <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —			— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —		
<10	20	10	0	30	10	0	30	10	0
10-15	30	20	0	40	20	0	50	20	0
15-20	40	30	0	60	30	0	60	30	0
>20	50	40	0	80	40	0	80	40	0

As doses dos fertilizantes com N e K devem ser parceladas aplicando-se 40% no início da brotação, 30% no meio do período de crescimento dos frutos e 30% na época da colheita.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 20 kg ha<sup>-1</sup> de S especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou o uso de gesso.

**Adubação com micronutrientes:** A mangueira é muito exigente em boro, especialmente as variedades Haden e Tommy Atkins. Pomares na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (2,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de herbicida.

### 13. MARACUJÁ (*Passiflora edulis*)

José Antonio Quaggio (¹)  
Clóvis de Toledo Piza Junior (²)  
Heitor Cantarella (¹)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)  
Laura Maria Molina Meletti (¹)  
Dirceu Mattos Jr. (¹)  
José Carlos Cavichioli (³)  
Nobuyoshi Narita (⁴)

O maracujazeiro é uma planta nativa do Brasil que produz frutos para consumo in natura e para processamento visando a produção de sucos. O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de maracujá. O maracujazeiro não tolera geadas e ventos frios. É próprio para regiões tropicais e subtropicais, com temperatura média mensal de 20 a 32 °C e precipitação anual de 800 a 1.700 mm, bem distribuídos. Necessita de alta luminosidade e de dias longos para florescer. Prefere solos profundos e bem drenados, porque a planta não suporta encharcamento.

Devido a problemas fitossanitários, em especial à suscetibilidade à virose do endurecimento do fruto (VEFM), o manejo da cultura passou por transformação importante nos últimos anos. O maracujazeiro deixou de ser tratado como cultura semiperene e passou a ser manejado como planta de ciclo anual, sendo substituída periodicamente. Para tal, a implantação é feita por meio de mudas com cerca de 0,3 a 0,4 m ou os chamados "mudões" com 1,5 m. As mudas devem ser produzidas em sacos com solo ou substrato, preferencialmente mantidos em telados com malha inferior a 0,8 mm antiafidios pois o vírus é transmitido por pulgões. Mudas maiores, produzidas em viveiros telados são recomendadas para regiões onde a incidência de virose é maior.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Campinas, (SP).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Adamantina (SP).

(⁴) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Presidente Prudente (SP).

**Cultivares para mercado de frutas frescas:** IAC 277 Jóia; IAC 273 Monte Alegre; BRS Sol de Cerrado, BRS Gigante Amarelo; FB 200 Yellow Master, FB 300 Araguari; BRS Rubi do Cerrado; AS 2009 Sul-Brasil AFRUVEC.

**Cultivares para a agroindústria:** IAC 275 Maravilha; BRS Ouro Vermelho; Maracujá Roxo: IAC Paulista.

**Adubação para a produção de mudas em sacos:** O substrato para mudas deve ser preparado com solo, esterco de curral bem curtido e material volumoso (palha, bagaço) para garantir ótimas condições químicas e físicas. Usar 0,5 a 1 parte de esterco para cada parte de solo (em volume). Aplicar 2 kg de calcário dolomítico e 1 kg de superfosfato simples por metro cúbico de substrato. Usar sacolas de 2 L para mudas pequenas e 4 L para mudas grandes. Semear uma ou duas sementes por recipiente; após a germinação, deixar apenas uma muda por sacola. Aplicar, a cada 15 dias, 0,3 L para sacolas de 2 L, e 0,6 L para sacolas de 4 L, de uma solução diluída contendo N e K, preparada dissolvendo 2 kg de ureia e 1,5 kg de KCl em 1.000 L de água. Reduzir a frequência da adubação com N e K se as mudas se mostrarem muito vigorosas, ou aumentar a frequência se as mudas apresentarem desenvolvimento insuficiente. No restante do tempo, irrigar somente com água. O fornecimento dos demais nutrientes, incluindo os micronutrientes, é feito por meio do calcário e dos fertilizantes minerais e orgânicos usados no preparo do substrato.

**Espaçamento:** Plantar as mudas espaçadas de 3,0 m a 3,5 m entrelinhas e 2,5 m a 3,0 m entre plantas. Aumentar o espaçamento entrelinhas dependendo da necessidade de mecanização das operações em campo.

**Calagem:** Antes do plantio das mudas no campo, aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%.

**Gessagem:** Além da calagem, aplicar gesso agrícola na dose de 1,0, 1,5 e 2,0 t  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente para solos arenosos, de textura média e argilosos. O gesso garante o fornecimento adicional de cálcio, importante para evitar problemas de qualidade dos frutos.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar no sulco de plantio das mudas 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral ou composto, ou 2 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha, bem curtidos e misturados com os nutrientes indicados na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para maracujazeiro em formação, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi-dade esperada	N t ha <sup>-1</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
<20	30	100	60	20	60	40	20
20-30	30	120	80	30	80	40	40
>30	30	140	100	40	80	40	60

Em solos com P resina maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> e K<sup>+</sup> trocável maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, não aplicar esses nutrientes.

**Adubação de cobertura após o plantio das mudas:** Para culturas estabelecidas com mudas pequenas (0,30-0,40 m), aplicar 20 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 30 e aos 60 dias após o pegamento. Aos 90 dias após o pegamento, aplicar 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para plantios com mudas grandes (1,5 m), aplicar 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aos 30 dias após o pegamento.

**Adubação de produção:** Para a fase de produção de frutos, aplicar os fertilizantes indicados na tabela 2 assim que as plantas iniciarem a floração. Parcelar em quatro e cinco vezes, nos principais fluxos de floração, de outubro a março.

Aplicar os adubos em faixas com largura de cerca de 1 m em ambos os lados das plantas.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para maracujazeiro em produção, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O		
<20	80	100	60	40
20-30	100	140	80	60
>30	120	160	100	80

Em solos com K<sup>+</sup> trocável maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> não aplicar esse nutriente.

A produtividade do maracujazeiro, além da adubação, é muito dependente da polinização artificial. Dessa maneira, a polinização manual é fundamental para se obter boas produtividade.

**Adubação com micronutrientes:** Realizar 4 ou 5 adubações foliares por ano, entre os meses de setembro a março, com soluções foliares contendo as seguintes quantidades de nutrientes: ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), manganês (2 g L<sup>-1</sup> de sulfato de manganês), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). A adubação foliar com B deve ser praticada como complemento à adubação via solo.

Recomenda-se a aplicação de 2 kg ha<sup>-1</sup> de B, preferencialmente via solo, parcelado em 2 vezes, na forma de ácido bórico dissolvido na solução de herbicidas de contato, como o glifosato, a forma mais prática e eficiente de aplicação do nutriente. Geralmente são feitas de 2 aplicações de herbicidas durante o ciclo de produção, com o volume de calda de cerca de 200 L ha<sup>-1</sup> de área tratada, na qual a dose de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B (6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico) é facilmente dissolvida

**Adubação foliar complementar:** A adubação foliar com o Mg pode aumentar a produtividade das culturas e a qualidade dos produtos. Recomenda-se a aplicação de solução com 5 kg de sulfato de magnésio hidratado por 1.000 L da calda de pulverização, juntamente com as aplicações de micronutrientes.

Respostas a aplicação de Mo poderão ocorrer em áreas com altas produtividades, em solos com acidez moderada, arenosos e com baixo teor de matéria orgânica. Nessas condições, recomenda-se de 2 a 3 aplicações anuais de solução contendo de 20 a 40 mg L<sup>-1</sup> de Mo, o que corresponde aproximadamente de 50 a 100 g de molibdato de amônio ou de sódio por 1.000 L de calda.

## 14. MACADÂMIA (Espécies do gênero *Macadamia*)

José Antonio Quaggio (¹)

Marcos José Perdoná (²)

Rogério Peres Soratto (³)

**Espaçamento:** Os espaçamentos entrelinhas de plantio variam de 5 m a 9 m, e entre plantas de 4 m a 8 m, com densidades de 185 até 500 plantas por hectare.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 70% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o terreno e incorporá-lo ao solo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,5 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco.

Em pomares em produção, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Adubação de sulco de plantio:** Aplicar 90 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 100 a 120 kg ha<sup>-1</sup>. Aplicar preferencialmente fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco na composição. Esta é a única oportunidade

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Bauru (SP).

(³) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado.

**Adubações de formação:** Aplicar as quantidades de nutrientes indicadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para macadâmia em formação, em função da idade das plantas e da análise de solo

Idade	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
1-2	30	20	10	10	30	20	0
2-3	40	40	20	20	60	40	20
3-4	60	60	40	30	80	60	40
4-5	90	80	60	40	100	80	60

**Parcelamento:** A partir do início das chuvas, aplicar os adubos com N e K, em quatro parcelas, de dois em dois meses. Distribuir os adubos uniformemente, aplicando 2/3 sob a copa das árvores e 1/3 fora delas. O fósforo deve ser aplicado preferencialmente em parcela única, na primeira adubação, especialmente em solos com teores baixos do nutriente. Em plantas novas, adubações com excesso de fósforo podem induzir deficiência de ferro, deixando folhas novas com coloração verde pálido.

**Adubações de produção:** Aplicar anualmente as quantidades de nutrientes indicadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para macadâmia em produção, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
<1	60	40	30	20	80	40	20
1-3	80	50	40	30	120	60	30
3-5	100	60	50	40	140	70	40
5-7	120	70	60	50	160	80	50
>7	140	80	70	60	180	90	60

Para solos com teores muito altos de K (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e de P (>80 mg dm<sup>-3</sup>) não é necessário aplicar K e P.

**Parcelamento:** A partir do início das chuvas, aplicar os adubos, em quatro parcelas, de dois em dois meses. Em áreas não mecanizadas, o parcelamento pode ser reduzido para três ou até duas vezes ao ano. Pode-se utilizar formulação NPK, mantendo-se as quantidades recomendadas para cada nutriente.

**Observação:** Pomares com idade avançada, que sofrem com restrição de entrada de luz no seu interior, ou seja, problemas de "fechamento" das linhas e entrelinhos podem apresentar diminuição na produção por autosombreamento. Essas lavouras deverão receber podas, permitindo novamente a entrada de luz em seu interior, propiciando assim o ambiente necessário para a obtenção de altas produtividades.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg ha<sup>-1</sup> de S por ano especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou o uso de gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Em pomares na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de pulverização.

## 15. UVAS COMUNS PARA MESA E VINHO (*Vitis lambrusca*, *Vitis vinifera*, híbridos)

Marco Antonio Tecchio (¹)  
Luiz Antonio Junqueira Teixeira (²)  
Maurilo Monteiro Terra (²)  
Erasmo José Paioli Pires (²)  
José Luiz Hernandes (²)

A viticultura de maior expressão no estado é a de *Vitis labrusca* (uvas rústicas) para consumo in natura, onde predomina a cultivar americana Niagara Rosada, que constitui cerca de 90% das uvas rústicas do mercado paulista. Entre as uvas comuns para mesa, tem-se também a "Niagara Branca". Para a produção de vinho, sucos, geleias e vinagre, cultivam-se a "Niagara Rosada", "Niagara Branca", "Isabel" e "Bordô". Ainda para produção de vinho, há variedades híbridas que têm como vantagem reunir qualidades da *V. vinifera* com características de outras espécies, como rusticidade e tolerância a doenças, sendo mais adaptadas às condições climáticas do Brasil. Entre as híbridas, tem-se a recém-lançada "IAC Ribas", a "IAC 138-22 Máximo" e a "IAC 116-31 Rainha". Em 2020, as regiões leste e sudoeste do estado de São Paulo responderam por 67% e 23%, respectivamente, da produção de uva comum para mesa, com destaque para a "Niagara Rosada"; já as regiões oeste e noroeste do estado produzem aproximadamente 5% dessa variedade. As videiras são tradicionalmente podadas no inverno, de julho a setembro, visando à produção de frutos no final do ano, de dezembro a fevereiro.

Alternativamente, vem sendo adotada a poda de verão realizada nos meses de dezembro a fevereiro, visando colher frutos entre abril e junho. A produção de uma safra no final do outono e início do inverno possibilita aumentar o número de colheitas anuais e atender à demanda da entressafra, obtendo-se maior preço de venda dos frutos. As condições climáticas na época da colheita de uva podada no verão são mais favoráveis à qualidade da fruta, pois o inverno é menos chuvoso, tem maior amplitude térmica e dias mais ensolarados. Entretanto, com a poda de verão, as videiras terão desenvolvimento

(¹) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

(²) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

vegetativo na época das chuvas, o que exige cuidadoso monitoramento e controle de doenças foliares.

**Espaçamento:** Os espaçamentos para videira variam conforme a variedade, porta-enxerto e sistema de condução adotado. Espaçamentos adensados, variando de 1,7 m a 2,0 m entrelinhas de plantio e de 0,7 m a 1,0 m entre plantas, são adotados para variedades comuns para mesa ou indústria em sistema de espaldeira baixa. Espaçamentos médios, de 2,0 m x 2,5 m até 2,0 m x 3,0 m, são frequentes em vinhedos de uvas comuns manejados em "Y" ou latada, produzindo uvas para mesa ou indústria.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na formação do vinhedo, distribuir o corretivo uniformemente sobre o terreno e incorporá-lo ao solo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada do solo de 20-40 cm for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,3 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco. Em vinhedo já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Adubação de implantação para vinhedos implantados com mudas prontas:** Após o preparo do solo e marcação das covas, aplicar 10 L de esterco de curral ou composto, ou 3 L de esterco de galinha bem curtidos, em mistura com 0,3 kg de calcário dolomítico e a adubação mineral (Tabela 1) em cada ponto onde serão plantadas as mudas. Os adubos e o corretivo devem ser misturados com o solo 20 a 30 dias antes do plantio.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de implantação de vinhedos com uvas comuns

P resina, $\text{mg dm}^{-3}$			$\text{K}^+ \text{ trocável, mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
<16	16-40	>40	<1,6	1,6 -3 ,0	>3,0
$\text{P}_2\text{O}_5, \text{g planta}^{-1}$			$\text{K}_2\text{O}, \text{g planta}^{-1}$		
80	60	40	40	30	20

### **Adubação de formação para vinhedos implantados com mudas prontas:**

Aplicar os nutrientes de acordo com a idade e os resultados das análises de solo nas doses apresentadas na tabela 2. Aplicar as doses de fertilizantes em cobertura ao lado das plantas, parcelando em quatro vezes, a primeira aos 30 dias após a brotação e as demais até dezembro. A partir do terceiro ano, utilizar as recomendações de adubação de produção.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de formação de vinhedos de uvas comuns implantados com mudas prontas, em função da idade das plantas e da análise de solo

<b>Idade</b>	<b>N</b>	<b>P resina, mg dm<sup>-3</sup></b>			<b>K<sup>+</sup> trocável, mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></b>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
0-1	80	30	20	0	30	20	0
1-2	100	60	40	20	90	60	30
2-3	120	90	60	40	120	90	60

### **Adubação de implantação de vinhedos estabelecidos com o plantio de estacas de porta-enxertos e posterior enxertia em campo:**

Após o preparo do solo e marcação das covas, aplicar 10 L de esterco de curral ou composto, ou 3 L de esterco de galinha bem curtidos, em mistura com 0,3 kg de calcário dolomítico e a adubação mineral (Tabela 1) em cada ponto onde serão plantados os porta-enxertos. Os adubos e o corretivo devem ser misturados com o solo 20 a 30 dias antes do plantio. Aplicar 30 g de N por planta divididos em duas vezes, aos 60 e aos 120 dias após o plantio, em cobertura ao redor das estacas.

### **Adubação de formação para vinhedos estabelecidos com enxertia em campo:**

Aplicar um mês antes da enxertia 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral ou 6 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha bem curtido enterrando em covas ou sulco ao lado das plantas. Após a enxertia, aplicar em função da análise de solo, a adubação apresentada na tabela 3. Esta adubação deve ser realizada em cobertura, ao lado das plantas, parcelando em três vezes, sendo a primeira 30 dias após a brotação do enxerto e as demais até dezembro.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação de formação para vinhedos de uvas comuns estabelecidos com enxertia em campo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
g planta <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , g planta <sup>-1</sup>			K <sub>2</sub> O, g planta <sup>-1</sup>		
20	30	20	10	30	20	10

**Adubação de produção:** Esta compreende a adubação orgânica e mineral. A adubação de produção para uvas comuns deve ser ajustada em função de análises periódicas de solo do vinhedo, monitoramento do estado nutricional das plantas por meio de análise foliar, observação de sintomas de deficiência e acompanhamento do desenvolvimento vegetativo e produção das plantas. Aplicar anualmente 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral ou 6 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha bem curtidos enterrando em covas ou sulco ao lado das plantas um mês antes da poda de produção. As doses de N, P e K para a adubação de produção são apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4.** Recomendações de adubação de produção para vinhedos de uvas comuns, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
<13	70	320	180	80	225	110	60
13-22	100	400	250	100	300	150	75
>22	130	500	310	120	380	190	90

Em solos com teor de P maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> e de K maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> reduzir a adubação com esses nutrientes à metade da recomendada para solos com teores altos. Em solos com teor de P maior que 100 mg dm<sup>-3</sup>, não aplicar P na adubação de produção. Em solos com teores de K maior que 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e Mg menor 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>,

fazer três a quatro aplicações foliares semanais com solução de sulfato de magnésio na concentração de 1 a 2% entre a época do florescimento e o início do amolecimento das bagas.

#### **Parcelamento da adubação de produção - poda de inverno,**

**safra de verão:** Aplicar 100% da dose de P e 50% do K indicadas na tabela 4 juntamente com o adubo orgânico um mês antes da poda de produção feita no inverno. Aplicar 50% da dose de N após a poda realizada de julho a setembro, quando os ramos estiverem com duas a três folhas separadas. O restante do N e do K deve ser aplicado quando as bagas estiverem entre as fases de chumbinho e de meia baga. Os fertilizantes com N e K devem ser distribuídos em cobertura ao redor das plantas.

#### **Parcelamento da adubação de produção - duas safras anuais,**

**colheitas no inverno e no verão:** Esta sequência de safras implica em grande demanda de nutrientes e em maior risco de desequilíbrio nutricional. Sob este manejo, exigem-se cuidadoso monitoramento da fertilidade do solo, do estado nutricional das plantas e da produção ao longo do tempo, visando preservar a vida útil do vinhedo e a viabilidade econômica da produção.

Após a poda de produção (julho a setembro) visando à safra de verão, aplicar as doses de N, P e K para uvas comuns indicadas na tabela 4. Aplicar 100% das doses de P e 50% do K juntamente com o adubo orgânico um mês antes da poda de produção. Aplicar 50% da dose de N após a poda, quando os ramos estiverem com duas a três folhas separadas. O restante do N e do K deve ser aplicado quando as bagas estiverem entre as fases de chumbinho e de meia baga. Os fertilizantes com N e K devem ser distribuídos em cobertura ao redor das plantas.

Visando à colheita na safra de inverno, faz-se uma poda de verão de dezembro a março. Após esta poda, repetir o ciclo de adubação com 50% da dose de K e 100% da dose de N recomendadas na tabela 4, sendo 50% do N aplicado quando os ramos estiverem com duas a três folhas separadas. O restante do N deve ser aplicado quando as bagas estiverem entre as fases de chumbinho e de meia baga. Os fertilizantes com N e K devem ser distribuídos em cobertura ao redor das plantas.

#### **Adubação de produção nas regiões oeste e noroeste do estado**

**de São Paulo:** Nestas regiões, faz-se anualmente a poda de formação de ramos (poda curta) nos meses de agosto a dezembro e a poda de

produção (poda longa) de março a junho, visando à colheita de uvas para mesa de julho a novembro. Após a colheita e em sequência à poda de formação de ramos, recomenda-se uma aplicação adicional de N e K nas doses de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O parceladas em três vezes de novembro a fevereiro. Esta adubação adicional visa atender ao fluxo vegetativo de primavera, quando ocorre o acúmulo de reservas para a produção seguinte. A adubação com N, P e K após a poda de produção (março a junho) segue as doses recomendadas na tabela 4. Aplicar 100% da dose de P e 50% do K juntamente com o adubo orgânico, um mês antes da poda de produção. Após a poda, quando os ramos estiverem com duas a três folhas separadas, aplicar 50% da dose de N. O restante do N e do K deve ser aplicado quando as bagas estiverem entre as fases de chumbinho e de meia baga. Os fertilizantes com N e K devem ser distribuídos em cobertura ao redor das plantas.

**Adubação com micronutrientes:** Em caso de deficiência de boro, indicada por sintomas foliares ou teor no solo <0,2 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de B logo após a poda. O B pode ser aplicado em pulverização, antes do florescimento, em três vezes, empregando solução contendo 1 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico. Assim como para boro, somente aplicar micronutrientes quando for identificado risco de deficiência indicado pela análise de solo ou de folhas. Não associar aplicação de micronutrientes com controle fitossanitário.

## 16. UVAS FINAS PARA MESA E VINHO (*Vitis lambrusca*, *Vitis vinifera*, híbridos)

Marco Antonio Tecchio (¹)  
Luiz Antonio Junqueira Teixeira (²)  
Maurilo Monteiro Terra (²)  
Erasmo José Paioli Pires (²)  
José Luiz Hernandes (²)

As principais uvas finas para mesa cultivadas em São Paulo são a "Itália" e suas mutações ("Rubi", "Benitaka", "Brasil" e "Redimeire") e as sem sementes, "Centennial Seedless", "Vênus", "BRS Vitória" e "BRS Isis".

---

(¹) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

(²) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Em 2020, as regiões sudoeste e noroeste do estado de São Paulo foram responsáveis por 96% da produção de uvas finas para mesa. Para a produção de vinhos tintos, as cultivares de uvas finas mais difundidas são "Syrah", "Cabernet Sauvignon", "Cabernet Franc" e "Merlot"; para vinhos brancos, tem-se a "Semillon", "Sauvignon Blanc", "Chardonnay", "Moscato Branco" e "Moscato Giallo". No estado, as regiões de Sorocaba e de São João da Boa Vista concentram a maior parte das uvas para processamento industrial.

A viticultura do estado São Paulo tem se expandido visando à produção de vinhos de qualidade. O interesse pela produção de vinhos no sudeste brasileiro tem longa tradição, entretanto vinhos de melhor qualidade só foram viabilizados por meio da dupla poda. Na dupla poda, realiza-se a poda de formação dos ramos (poda curta) no inverno entre agosto e setembro, sendo retirados os cachos. Já a poda de produção (poda longa) é realizada nos meses de janeiro a março e a colheita, em junho e julho. O deslocamento da colheita para o inverno com noites mais frias, dias ensolarados e menos chuva reduz a incidência de podridões e favorece a maturação dos cachos. Com a produção no inverno, colhem-se as uvas com teor de sólidos solúveis, acidez, taninos e antocianinas adequados à vinificação.

**Espaçamento:** Os espaçamentos variam conforme a cultivar, o porta-enxerto e o sistema de condução adotado. Espaçamentos médios, variando de 2,0 m a 2,5 m entre linhas de plantio e de 1,0 m a 1,5 m entre plantas, são adotados para variedades de uvas finas para indústria em espaldeira alta. Para uvas finas para mesa ou indústria conduzidas em "Y", utilizam-se espaçamentos variando de 2,5 m a 3,0 m entre linhas de plantio e de 1,5 m a 2,0 m entre plantas. Para variedades finas para mesa conduzidas no sistema de latada, pérgula ou caramanchão, adotam-se os espaçamentos de 3,0 m entre linhas de plantio e de 3,0 m a 5,0 m entre plantas.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na formação do vinhedo, distribuir o corretivo uniformemente sobre o terreno e incorporá-lo ao solo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,3 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco.

Em vinhedo já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Adubação de implantação para vinhedos implantados com mudas prontas:** Após o preparo do solo e marcação das covas, aplicar 30 L de esterco de curral ou composto ou 5 L de esterco de galinha bem curtidos em mistura com 1 kg de calcário dolomítico e com a adubação mineral (Tabela 1) em cada ponto onde serão plantadas as mudas. Os adubos e o corretivo devem ser misturados com o solo 20 a 30 dias antes do plantio.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de implantação de vinhedos com uvas finas

P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
———— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , g planta <sup>-1</sup> ————			———— K <sub>2</sub> O, g planta <sup>-1</sup> ————		
300	200	100	150	100	50

**Adubação de formação para vinhedos implantados com mudas prontas:** Aplicar os nutrientes de acordo com a idade e os resultados das análises de solo nas doses apresentadas na tabela 2. Aplicar as doses de fertilizantes em cobertura ao lado das plantas, parcelando em quatro vezes, a primeira aos 30 dias após a brotação e as demais até dezembro. A partir do terceiro ano, utilizar as recomendações de adubação de produção.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de formação de vinhedos de uvas finas implantados com mudas prontas, em função da idade das plantas e da análise de solo

Idade	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	———— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ————	———— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O ————				
0-1	80	30	20	0	30	20	0
1-2	100	60	40	20	90	60	30
2-3	120	90	60	40	120	90	60

### **Adubação de implantação para vinhedos estabelecidos com o plantio de estacas de porta-enxertos e posterior enxertia em campo:**

Após o preparo do solo e marcação das covas, aplicar 30 L de esterco de curral ou composto ou 5 L de esterco de galinha bem curtidos em mistura com 1 kg de calcário dolomítico e com a adubação mineral (Tabela 1) em cada ponto onde serão plantados os porta-enxertos. Os adubos e o corretivo devem ser misturados com o solo 20 a 30 dias antes do plantio. Aplicar 40 g de N por planta divididos em duas vezes, aos 60 e aos 120 dias após o plantio, em cobertura ao redor das estacas.

### **Adubação de formação para vinhedos estabelecidos com enxertia em campo:**

Aplicar um mês antes da enxertia 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral ou 8 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha bem curtido enterrando em covas ou sulco ao lado das plantas. Após a enxertia, aplicar em função da análise de solo, a adubação apresentada na tabela 3. Esta adubação deve ser realizada em cobertura, ao lado das plantas, parcelando em três vezes, sendo a primeira 30 dias após a brotação do enxerto e as demais até dezembro.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação de formação de vinhedos de uvas finas, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
g planta <sup>-1</sup>	———— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , g planta <sup>-1</sup> ————	————	————	———— K <sub>2</sub> O, g planta <sup>-1</sup> ————	————	————
60	150	100	50	100	70	50

**Adubação de produção:** A adubação de produção de uvas finas deve ser ajustada em função de análises periódicas do solo do vinhedo, monitoramento do estado nutricional do vinhedo, observação de sintomas de deficiência, acompanhamento do desenvolvimento vegetativo e produção das plantas. O monitoramento do estado nutricional das plantas por meio de análise foliar, assim como da disponibilidade de nutrientes no solo, é especialmente importante em uvas destinadas à vinificação, pois desequilíbrios nutricionais afetam negativamente a qualidade dos vinhos. Aplicar anualmente 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral ou 6 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha bem curtido enterrando em covas ou sulco ao lado das plantas um mês antes da poda. As doses de N, P e K para adubação mineral de produção de uvas finas são apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4.** Recomendações de adubação de produção para vinhedos de uvas finas, em função da análise do solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
<20	100	400	240	120	320	200	120
20-35	125	500	300	150	400	250	150
>35	150	600	360	180	480	300	180

Em solos com teor de P maior que 80 mg dm<sup>-3</sup> e de K maior que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> reduzir a adubação com esses nutrientes à metade da recomendada para solos com teores altos. Em solos com teor de P maior que 100 mg dm<sup>-3</sup>, não aplicar P na adubação de produção. Em solos com teores de K maior que 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e Mg menor 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, fazer 3 a 4 aplicações foliares semanais com solução de sulfato de magnésio na concentração de 1% a 2% entre a época do florescimento e o início do amolecimento das bagas.

**Parcelamento da adubação de produção - poda de inverno, safra de verão:** Aplicar 100% das doses de P e 50% do K indicadas na tabela 4 juntamente com o adubo orgânico um mês antes da poda de produção feita no inverno. Aplicar 50% da dose de N após a poda realizada de julho a setembro, quando os ramos estiverem com duas a três folhas separadas. O restante do N e do K deve ser aplicado quando as bagas estiverem entre as fases de chumbinho e de meia baga. Os fertilizantes com N e K devem ser distribuídos em cobertura ao redor das plantas.

**Parcelamento da adubação de produção - dupla poda com safra de inverno:** Visando à realização de safra de inverno com descarte da safra de verão, faz-se uma poda para formação de ramos entre agosto e setembro. Um mês antes desta poda, aplicar 100% da dose de P e 50% da dose de K recomendadas na tabela 4, juntamente com o adubo orgânico. Após a poda, aplicar a dose de N descrita na tabela 4, dividida em duas ou três parcelas até novembro, visando o bom desenvolvimento dos ramos para a poda de produção feita no verão. Após a poda de produção feita de janeiro a março, repetir o ciclo de adubação de produção com

50% da dose de K e 100% da dose de N recomendadas na tabela 4, sendo 50% do N aplicado quando os ramos estiverem com duas a três folhas separadas. O restante do N deve ser aplicado quando as bagas estiverem entre as fases de chumbinho e de meia baga. Nas adubações com N e K, os fertilizantes devem ser distribuídos em cobertura ao redor das plantas.

Especificamente para as uvas finas destinadas à produção de vinho e sob dupla poda com safra de inverno, atentar para o vigor demasiado das plantas e para o excesso de potássio e de nitrogênio nas uvas, pois o excesso destes nutrientes pode prejudicar a qualidade do vinho. Nesses casos, reduzir as doses de N e de K em 30% ou conforme indicado acima para solos com teores acima de 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação de produção nas regiões oeste e noroeste do estado de São Paulo:** Nestas regiões, faz-se anualmente a poda de formação de ramos (poda curta) nos meses de agosto a dezembro e a poda de produção (poda longa) de março a junho, visando à colheita de uvas de mesa de julho a novembro. Em sequência à poda de formação de ramos, recomenda-se uma aplicação adicional de N e K nas doses de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O parceladas em três vezes de novembro a fevereiro. Esta adubação adicional visa atender ao fluxo vegetativo de primavera, quando ocorre o acúmulo de reservas para a produção seguinte. A adubação com N, P e K após a poda de produção (março a junho) segue as doses recomendadas na tabela 4. Aplicar 100% da dose de P e 50% do K juntamente com o adubo orgânico, um mês antes da poda de produção. Após a poda, quando os ramos estiverem com duas a três folhas separadas, aplicar 50% da dose de N. O restante do N e do K deve ser aplicado quando as bagas estiverem entre as fases de chumbinho e de meia baga. Os fertilizantes com N e K devem ser distribuídos em cobertura ao redor das plantas.

**Adubação com micronutrientes:** Em caso de deficiência de boro indicada por sintomas foliares ou teor no solo <0,2 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de B logo após a poda. O B pode ser aplicado em pulverização, antes do florescimento, em três vezes, empregando solução contendo 1 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico. Assim como para boro, somente aplicar micronutrientes quando for identificado risco de deficiência indicado pela análise de solo ou de folhas. Não associar aplicação de micronutrientes com controle fitossanitário.

## 3.10. RAÍZES E TUBÉRCULOS

---

José Carlos Feltran (¹)  
Valdemir Antonio Peressin (¹)  
Newton do Prado Granja (¹)  
Hilario Miranda da Silva Filho (¹)  
José Osmar Lorenzi (¹)  
Adalton Mazetti Fernandes (²)  
Rogério Peres Soratto (²)  
Thiago Leandro Factor (¹)  
Amarilis Beraldo Rós (³)  
Eduardo Barreto Aguiar (⁴)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**A**s raízes e tubérculos constituem um grupo de plantas de grande importância econômica em todo o mundo. As partes comestíveis dessas plantas são fontes de energia, especialmente pelo conteúdo de amido, mas também de minerais e vitaminas. Muitas das espécies deste grupo, como a batata, são alimentos básicos em quase todas as regiões do globo, tanto para consumo direto ou por meio de produtos industrializados. Em regiões tropicais e subtropicais, a mandioca também é um alimento importante e fonte de matéria-prima para vários fins industriais. Ambas são plantas com altas produtividades, cultivadas em muitos países.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Presidente Prudente (SP).

(⁴) Profissional externo, Instituto Agronômico (IAC).

Outras plantas deste grupo têm uso bastante amplo na culinária regional e como matéria-prima industrial. As raízes e tubérculos são culturas com elevada demanda por nitrogênio e, principalmente, de potássio, com elevada exportação pelas partes colhidas. A alta produtividade das plantas e a grande quantidade de nutrientes extraídos do solo e exportados tornam o adequado manejo nutricional das raízes e tubérculos essencial para o sucesso da produção no campo. A despeito da alta exigência em nutrientes, o excesso de alguns deles é prejudicial. Por exemplo, raízes que recebem doses muito altas de nitrogênio têm desenvolvimento vegetativo excessivamente vigoroso, reduzindo assim as colheitas e a qualidade dos produtos. Além disso, o excesso de N aumenta a predisposição das plantas às doenças.

Sob o ponto de vista econômico, a batata é a cultura mais importante do grupo, sendo também a mais exigente em adubação. Por essa razão adota-se para ela a tabela de interpretação de fósforo das hortaliças. Uma tabela específica para teores foliares de macro e micronutrientes e os níveis de toxidez é apresentada para a batata. Micronutrientes desempenham papel relevante em diferentes culturas. A tabela de recomendações de adubação da batata contém indicações para o uso do boro com base na análise de solo. Para a mandioca, o micronutriente mais sensível é o zinco. Isso porque essas culturas apresentam comumente deficiências para esses dois elementos. Além disso, para as demais raízes e tubérculos aqui apresentadas há indicações específicas para uso de boro ou zinco. Para os demais micronutrientes, mesmo quando em teores baixos no solo, essas culturas normalmente não respondem às suas aplicações.

## 2. COMPOSIÇÃO MINERAL, AMOSTRAGEM DE FOLHAS E DIAGNÓSE FOLIAR

Na tabela 1 são apresentadas as produtividades mais comuns para as culturas tratadas neste capítulo, bem como o conteúdo de nutrientes exportados, para os casos com disponibilidade de dados na literatura. Os conteúdos apresentados para as culturas de maior importância econômica como a batata, batata-doce e mandioca são bastante próximos. Na falta de dados específicos para as demais culturas podem ser usados para fazer estimativas de exportação de nutrientes pelas colheitas. Dados para culturas de menor valor econômico ou cultivo regional também foram incluídos nesta edição e ajudam a dimensionar as necessidades de fertilizantes de plantas com pequenas áreas cultivadas.

**Tabela 1.** Conteúdo de macronutrientes primários na planta inteira (extração) e na parte colhida (exportação) de culturas produtoras de raízes e tubérculos, para uma tonelada de produto colhido e produtividades comumente observadas

<b>Cultura</b>	<b>Planta inteira</b>				<b>Parte colhida</b>				<b>Produtivi-dade</b>
	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	
— t ha <sup>-1</sup> —									
Araruta	1,2	0,9	-	-	0,4	0,3	-	-	8-16
Batata	4	0,5	6	0,3	3	0,4	4	0,1	20-45
Batata-doce	5	0,5	6	0,4	3	0,4	3	0,2	20-40
Inhame	4	0,6	5	-	3	0,4	3	-	10-20
Mandioca	6	0,7	6	0,4	4	0,4	4	0,2	20-30
Mandioquinha	4	0,8	7	0,6	2	0,7	5	0,1	10-20
Taro	3,5	0,9	7	0,3	1,2	0,5	3	0,1	10-20

A tabela 2 contém as instruções para amostragem foliar de raízes e tubérculos para a determinação da faixa de teores adequados de nutrientes.

**Tabela 2.** Recomendações de amostragem de folhas

<b>Cultura</b>	<b>Instruções para amostragem</b>
Araruta	-
Batata	Amostrar 30 plantas, aos 30 dias após a emergência, retirando a 3 <sup>a</sup> folha a partir do tufo apical
Batata-doce	Amostrar 15 plantas, quando elas estiverem na metade do desenvolvimento (60 dias após o plantio), retirando as folhas mais recentes totalmente desenvolvidas
Mandioca	Amostrar 30 plantas, retirando o limbo (folíolo) das folhas mais jovens totalmente expandidas, 3-4 meses após o plantio
Mandioquinha-salsa	-
Inhame	Amostrar 30 plantas, aos 3-4 meses após o plantio, retirando as lâminas foliares do 5 <sup>º</sup> e 6 <sup>º</sup> nó a partir do ápice da rama
Taro	Amostrar 15 plantas, aos 3 meses após o plantio, retirando o limbo foliar da segunda folha mais jovem (folha mais nova com limbo foliar totalmente expandido)

- Sem informação.

Dados da diagnose foliar indicam as faixas de concentração de nutrientes considerada adequada para as diferentes espécies (Tabela 3).

**Tabela 3.** Faixas de teores adequados nas folhas de plantas produtoras de raízes e tubérculos

Cultura	Faixas de teores considerados adequados					
	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg <sup>-1</sup>						
Araruta	-	-	-	-	-	-
Batata	40-60	3,0-5,0	40-80	10-20	3,0-5,0	2,5-5,0
Batata-doce	33-50	2,3-5,0	30-60	7,0-12	3,0-12	4,0-7,0
Inhame	29-40	2,1-3,7	20-40	10-15	1,0-1,4	1,0-1,4
Mandioca	45-60	2,0-5,0	10-20	5,0-15	2,0-5,0	3,0-4,0
Mandioquinha-salsa	20-35	3,0-6,0	30-50	-	-	2,0-3,0
Taro	39-50	3,0-5,0	32-60	7,0-15	2,0-5,0	2,0-3,0
Cultura	Micronutrientes					
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
mg kg <sup>-1</sup>						
Araruta	-	-	-	-	-	-
Batata	25-50	7-20	50-400	30-250	-	20-60
Batata-doce	45-75	10-20	40-100	40-250	-	20-50
Inhame	9,0-20	2,0-3,6	25-45	10-15	-	15-35
Mandioquinha-salsa	-	-	-	-	-	-
Mandioca	15-50	5,0-25	60-200	25-100	0,1-0,2	35-100
Taro	20-50	10-20	60-200	25-300	-	20-50

- Sem informação.

### 3. BATATA (*Solanum tuberosum*)

José Carlos Feltran (¹)  
Newton do Prado Granja (¹)  
Hilario Miranda da Silva Filho (¹)  
Rogério Peres Soratto (²)  
Thiago Leandro Factor (¹)

A batata é uma cultura de ciclo rápido e exigente em adubação e fertilidade de solo. Contudo, a adubação de plantio com doses elevadas de nitrogênio (N) e potássio (K) promove alterações na condutividade elétrica (EC) da solução do solo por excesso de sais, podendo promover queima de brotações dos tubérculos-semente e de raízes e, consequentemente, diminuição da produtividade e qualidade dos tubérculos. A redução do pH do solo e o excesso de água (chuvas ou irrigação) também podem aumentar a disponibilidade de ferro e manganês na solução do solo a níveis tóxicos para a batata, prejudicando o desempenho da planta. Assim, recomenda-se o parcelamento da adubação nitrogenada e potássica, aplicando-se parte no plantio e parte em cobertura.

**Espaçamento:** 0,75 m a 0,80 m entrelinhas, variável em função dos equipamentos disponíveis e 0,15 m a 0,45 m entre plantas na linha, de acordo com o tamanho do tubérculo-semente, resultando em populações entre os extremos de 30.000 e 80.000 plantas por hectare.

**Ciclo:** 90 a 110 dias.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio a um mínimo de  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Para cultivares com menor capacidade de extração de cálcio adicionar fontes solúveis de cálcio ao solo. Por exemplo, pode se aplicar gesso agrícola (sulfato de cálcio) até  $2 \text{ t ha}^{-1}$ , juntamente com o calcário. A aplicação de uma fonte solúvel de cálcio por ocasião da amontoa também pode ser utilizada.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para batata, em função da classe de resposta a N, da análise de solo e da produtividade esperada

Produti- vidade esperada	Classe de resposta a N		P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			B água quente, mg dm <sup>-3</sup>		
	Alta	Média e Baixa	<25	25-60	>60	<1,6	1,6-3,0	>3,0	<0,20	0,20-0,60	>0,6
t ha <sup>-1</sup>	– N, kg ha <sup>-1</sup> –	— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> —	— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> —	—	—	—	—	—	B, kg ha <sup>-1</sup>	—	—
15-30	60	40	300	200	100	140	120	80	2	1	0
31-45	80	60	450	300	150	160	130	100	2	1	0
>45	80	80	600	480	240	180	140	120	2	1	0

O fósforo deve ser aplicado no sulco de plantio, juntamente com parte do N e do K. Devido ao efeito salino do KCl, evitar aplicar mais do que 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de plantio. O que exceder a esta quantidade na tabela 1 pode ser aplicado na operação de amontoa. A irrigação logo após o plantio ajuda a reduzir o risco de efeito salino.

A presença do cálcio no solo é essencial para o desenvolvimento das plantas, na cultura da batata, além de promover maior resistência à canela (*Pectobacterium* spp.) e diminuir a presença dos distúrbios fisiológicos "chocolate" ou mancha ferruginosa em batata para consumo direto e o "empedramento" dos tubérculos-semente. Além do calcário, o Ca pode ser fornecido por meio da aplicação de gesso. O superfosfato simples também é uma fonte de Ca (sulfato de cálcio).

As doses de N são estabelecidas conforme o uso anterior do solo, definido pelas classes de resposta a este nutriente. Além disso, as doses de N, tanto no plantio como em cobertura, dependem da época de plantio. Aplicar menores doses em épocas de temperatura mais elevada.

#### Classes de resposta a N:

**Alta:** Cultivo de inverno irrigado; solos arenosos; cultivo após gramíneas (milho, arroz, trigo, etc.); cultivares de ciclo curto; uso de tubérculos-sementes menores e, principalmente a ocorrência combinada de dois ou mais destes fatores.

**Média e Baixa:** Cultivo em época de temperatura mais elevada; cultivo após leguminosas ou adubos verdes; uso constante de quantidades elevadas de adubos orgânicos; solos em pousio por dois ou mais anos; uso de tubérculos-sementes maiores. Usar as menores doses de N se as plantas de mostrarem muito vigorosas pois o excesso de N pode reduzir a produtividade e a qualidade dos tubérculos.

### Adubação mineral de cobertura:

**Tabela 2.** Doses de N e de K recomendadas para a adubação de cobertura na cultura da batata

Produtivi-dade esperada t ha <sup>-1</sup>	Classe de resposta a N		K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	Alta	Média e Baixa	<1,6	1,6-3,0	>3,0
15-30	80	40	140	80	50
31-45	100	60	160	90	60
>45	120	80	180	100	80

Aplicar as doses de N e de K indicadas na tabela 2, de acordo com a produtividade esperada e em função de classes de resposta e dos teores de K no solo.

Os adubos contendo N e K devem ser aplicados sobre o sulco de plantio antes da amontoa. Em cultivares para indústria, de ciclo longo, na época mais chuvosa, em solos arenosos e no caso de uso de maiores doses de N parcelar a adubação nitrogenada de cobertura, aplicando metade antes da amontoa e metade aproximadamente 20 dias depois. Reduzir a dose de N em plantas muito vigorosas.

**Observações:** A resposta à adubação é, também, influenciada por outros fatores, principalmente pela cultivar e pelo tamanho do tubérculo-semente utilizado. Cultivares de ciclo curto e plantio de tubérculos-sementes menores (tipo III, IV e V) exigem maiores doses de fertilizantes. A adubação de plantio pode ser reduzida em 20% quando se utiliza tubérculo-semente de maior tamanho: tipo I e II.

Para cultivares nacionais de batata a adubação de plantio pode ser reduzida em 40%, pois esses materiais têm sistema radicular mais profundo o que permite exploração de maior volume de solo, frequentemente associado com maior capacidade de absorção de fósforo, cálcio e de água.

Produtividade alta deve ser esperada para o período mais fresco do ano, enquanto produtividade baixa-média para os meses de verão.

Não é recomendada a aplicação de cálcio via foliar devido à sua baixíssima mobilidade na planta. Todo o cálcio deve ser aplicado no solo.

A batata tem ciclo entre 90 a 110 dias, com elevado potencial produtivo, alto custo de produção e mercado exigente em qualidade. Assim, a falta de nutrientes não deve limitar seu potencial produtivo. A presente recomendação deve ser utilizada para plantios com adequado suprimento de água.

#### 4. MANDIOCA DE MESA (*Manihot esculenta*)

José Carlos Feltran (¹)  
Valdemir Antonio Peressin (¹)  
José Osmar Lorenzi (¹)  
Eduardo Barreto Aguiar (²)

Diferente da mandioca para indústria, a mandioca de mesa, aipim ou macaxeira é um produto de maior valor agregado. Tem como principais características o baixo teor de ácido cianídrico (HCN) na polpa crua das raízes (menos de 100 mg kg<sup>-1</sup>), a boa qualidade culinária expressa principalmente pelo baixo tempo de cozimento, sabor adocicado e raízes lisas com formato cilíndrico. A qualidade culinária das raízes de mandioca de mesa depende da cultivar e, especialmente da fertilidade do solo. A colheita das raízes ocorre normalmente de 8 a 14 meses após o plantio. A mandioca de mesa cultivada em solos relativamente úmidos, férteis, e com alto teor de matéria orgânica, apresenta qualidade culinária satisfatória, mesmo fora do período ideal de colheita, podendo ser uma alternativa interessante para o período de entressafra. A adubação de

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Profissional externo, Instituto Agronômico (IAC).

plantio e de cobertura com doses maiores de fósforo (P) e potássio (K) pode melhorar o cozimento das raízes. Por outro lado, a mandioca é pouco exigente em correção de acidez dos solos; altas doses de calcário podem comprometer o cozimento. Além da adubação mineral, a adubação orgânica pode melhorar não só a produtividade como a qualidade das raízes.

**Cultivar:** IAC 576 (amarelinha).

**Espaçamento:** 1,0 m a 1,2 m entrelinhas e 1,0 m a 1,2 m entre plantas, originando populações entre 8.000 e 10.000 plantas por hectare. Espaçamentos maiores permitem colheitas mais precoces devido ao tamanho das raízes. O planejamento das épocas de colheita deverá levar em consideração o destino das raízes: mercado in natura ou processada.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60% e o teor de magnésio a um mínimo de 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação orgânica:** A matéria orgânica, sob a forma de esterco ou compostos bem humificados (curtidos), pode ser incorporada no preparo do solo ou em covas. De forma geral recomenda-se aplicar de 6 a 12 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino, ou de 3 a 6 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha (cama de frango).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para a mandioca, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>			K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>		
<25	10	80	60	40	40	30	10
25-30	10	120	100	60	60	40	20
>30	10	140	120	80	80	60	30

A adubação de plantio é realizada distribuindo-se as doses de P e K indicadas acima no sulco de plantio. Aplicar as doses de K que excederem 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura, juntamente com a adubação nitrogenada, 30 dias após a brotação das plantas.

**Adubação com micronutrientes:** Aplicar 4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, na forma de sulfato de zinco em solos com teores de Zn inferiores a 0,70 mg dm<sup>-3</sup>, 3 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco quando os teores estiverem entre 0,70 e 1,50 mg dm<sup>-3</sup> e 2 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco em solos com teores de Zn superiores a 1,5 mg dm<sup>-3</sup>. Uma prática comum é usar fertilizantes (NPK) contendo Zn ou outros micronutrientes na formulação.

**Adubação de cobertura:** Aplicar as quantidades indicadas na tabela 2. Nos plantios de verão, aplicar os adubos de cobertura aos 60-90 dias; nos plantios de inverno aos 90-120 dias.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para a mandioca, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N <sup>(1)</sup>	K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>		
<25	10	50	40	30
25-30	20	70	60	50
>30	30	90	70	60

<sup>(1)</sup> O teor de matéria orgânica (MO) do solo é importante para a qualidade culinária dos tubérculos. Em solos com teor de MO >20 g kg<sup>-1</sup> ou se as plantas apresentarem desenvolvimento excessivo, reduzir as doses de N em 30%. Aplicação de dose elevada de nitrogênio (N) pode promover desequilíbrio na relação fonte/dreno, favorecendo o crescimento da parte aérea em detrimento à formação e enchimento das raízes tuberosas. Doses superiores às recomendadas devem ser aplicadas somente se as plantas apresentarem sintomas de deficiência de N (crescimento reduzido e amarelecimento generalizado das folhas iniciado nas folhas baixeras ou inferiores estendendo-se por toda a planta).

**Observações:**

- a) Na sucessão de culturas, a mandioca pode ser cultivada após pastagens, milho, cana-de-açúcar, soja, amendoim, algodão e outras. Na escolha da área deve-se considerar o histórico de manejo, focando principalmente nos herbicidas utilizados anteriormente. Herbicidas com o princípio ativo tebutiurom, do grupo químico das ureias, utilizado em cana-de-açúcar e herbicidas do grupo das imidazolinonas, com princípios ativos: imazomoxi, imazapique, imazapir, imazaquim e imazetapir, utilizados principalmente em feijão, cana-de-açúcar, soja, amendoim e outras culturas, podem ser prejudiciais à mandioca, quando cultivada em solos com resíduos desses herbicidas;
- b) Na escolha das áreas para o plantio dar preferência aos solos férteis, profundos, de textura média com altos teores de matéria orgânica e com adequada capacidade de retenção de umidade;
- c) O plantio deve ser feito sempre em solos bem preparados, escarificados, subsolados para evitar a compactação. Solos com camadas compactadas favorecem o acúmulo de água e o apodrecimento de raízes;
- d) A obtenção de altas produtividades de raízes tuberosas pode ser limitada pelo uso de manivas sementes (ramas) de baixa qualidade fitossanitária, nutricional e fisiológica. Assim, ramas isentas de pragas e doenças, produzidas com manejo nutricional diferenciado das áreas de produção e colhidas no estádio de maturidade fisiológica adequada e armazenadas por período curto e protegidas da irradiação solar são preferidas para o plantio;
- e) A aplicação do herbicida glifosato em jato dirigido na linha, mesmo com proteção dos bicos, deve ser evitada, pois aumenta a porcentagem de raízes tuberosas deformadas e pode alterar o tempo de cozimento;
- f) Recomenda-se o plantio em épocas e/ou espaçamentos diferentes visando o escalonamento da colheita.

## 5. MANDIOCA PARA INDÚSTRIA (*Manihot esculenta*)

José Carlos Feltran (¹)  
Valdemir Antonio Peressin (¹)  
José Osmar Lorenzi (¹)  
Eduardo Barreto Aguiar (²)

A cultura da mandioca geralmente atinge alta produtividade de raízes mesmo em solos de baixa fertilidade quando comparada a outras culturas comerciais. Por ser uma cultura de ciclo longo, colhida com um ciclo (12 meses) ou dois ciclos vegetativos (16 a 24 meses), o manejo adequado da adubação engloba o modo e a época de aplicação. Nesse sentido, o fracionamento da adubação pode melhorar a eficiência dos fertilizantes, proporcionado pela maior disponibilidade de nutrientes ao longo do período de cultivo.

Para colheita com um ciclo vegetativo é recomendada uma adubação por ocasião do plantio e outra de cobertura aos 30-60 dias após a brotação das manivas, quando as plantas têm cerca de 30 cm de altura. Nos cultivos conduzidos por dois ciclos vegetativos, uma segunda aplicação de adubação de cobertura pode ser realizada no início das chuvas, após a poda, feita de julho a setembro. Esta última não é uma prática usual e só é recomendada para culturas conduzidas em solos arenosos de baixa fertilidade, condição em que há possibilidade de respostas econômicas na produção de raízes. O uso da adubação de cobertura, principalmente de N e K, está associado à expectativa de uma resposta positiva do N, na produtividade, e do K, no teor de amido.

**Cultivares:** IAC 12, IAC 13, IAC 14, IAC 90, IAC Caapora e SRT Fécula Branca.

**Espaçamento:** 0,8 m a 1,2 m entre linhas x 0,5 m a 1,0 m entre plantas, originando populações que variam de 10.000 a 25.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O espaçamento adequado depende do porte da planta e hábito de ramificação da cultivar e da textura e fertilidade do solo.

**Ciclo:** 12 a 24 meses. Cultivos conduzidos com um ciclo vegetativo são colhidos com 12 a 16 meses e cultivos com dois ciclos vegetativos com 16 a 24 meses, dependendo da época de plantio.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Profissional externo, Instituto Agronômico (IAC).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases para 60% e o teor de magnésio a um mínimo de 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação orgânica:** Aplicar 6 a 12 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino, ou de 3 a 6 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha (cama de frango). Incorporar o material orgânico bem humificado no preparo do solo ou em covas.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1. Aplicar as doses de P e K no sulco de plantio. Transferir as doses de K que excederem 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para a cobertura, juntamente com a adubação nitrogenada, realizada 30 dias após a brotação das plantas.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de implantação da cultura de mandioca para indústria, em função da análise de solo e da produtividade esperada. Doses para ciclo de 12 meses (1 colheita de raízes)

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	———	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	———	———	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	———
<20	10	70	55	40	30	20	10
20-30	10	80	65	50	50	40	30
>30	10	100	80	60	70	60	50

**Adubação com micronutrientes:** Aplicar 4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, na forma de sulfato de zinco em solos com teores de Zn inferiores a 0,70 mg dm<sup>-3</sup>, 3 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco quando os teores estiverem entre 0,70 e 1,50 mg dm<sup>-3</sup> e 2 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco em solos com teores de Zn superiores a 1,5 mg dm<sup>-3</sup>. Uma prática comum é usar fertilizantes (NPK) contendo Zn ou outros micronutrientes na formulação.

**Adubação mineral de cobertura do 1º ciclo (N e K):** O primeiro ciclo da mandioca se refere às plantas colhidas aos 12 meses. Aplicar as quantidades indicadas na tabela 2. O teor de matéria orgânica (MO) do solo é importante para a qualidade culinária das raízes. Em solos com textura média/argilosa e/ou teor de MO >20 g kg<sup>-1</sup>, reduzir as doses de N em 30%. Aplicação de dose elevada de nitrogênio (N) pode promover desequilíbrio na relação fonte/dreno, favorecendo o crescimento da parte aérea em detrimento à formação e enchimento das raízes tuberosas.

Doses superiores às recomendadas devem ser aplicadas somente se as plantas apresentarem sintomas de deficiência de N (crescimento reduzido e amarelecimento generalizado das folhas iniciado nas folhas inferiores estendendo-se por toda a planta).

Para colheita com um ciclo vegetativo é recomendada uma adubação com P, K e Zn por ocasião do plantio (Tabela 1) e outra com N e K de cobertura (Tabela 2) aos 30-60 dias após a brotação das manivas, quando as plantas têm cerca de 30 cm de altura. Nos plantios de inverno (maio-agosto) é comum retardar a aplicação para o início da estação chuvosa.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de mandioca para indústria, em função da análise de solo e da produtividade esperada. Doses para ciclo de 12 meses (1 colheita de raízes)

Produtividade esperada	N	K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>		K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	
<20	10	20	10	10
20-30	20	25	15	10
>30	40	30	20	15

**Adubação mineral de cobertura do 2º ciclo (P e K):** O segundo ciclo da mandioca se refere às plantas colhidas aos 16 a 24 meses. Aplicar, em função da expectativa de produtividade as quantidades indicadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação de mandioca para indústria, em função da análise de solo e da produtividade esperada. Doses para o segundo ciclo de 16 a 24 meses (duas colheitas de raízes)

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		0-15	16-40	>40	0-1,5	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>			K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	
<40	30	20	10	5	60	50	30
40-50	30	25	15	10	75	55	35
>50	40	30	20	15	80	60	40

Em solos com textura média/argilosa e/ou teor de MO >20 g kg<sup>-1</sup>, reduzir as doses de N em 20%. Aplicação de dose elevada de nitrogênio (N) pode promover desequilíbrio na relação fonte/dreno, favorecendo o crescimento da parte aérea em detrimento à formação e enchimento das raízes tuberosas. Doses superiores às recomendadas devem ser aplicadas somente se as plantas apresentarem sintomas de deficiência de N (crescimento reduzido e amarelecimento generalizado das folhas iniciado nas folhas baixeiros ou inferiores estendendo-se por toda a planta).

Nos cultivos conduzidos por dois ciclos vegetativos, uma segunda aplicação de adubação de cobertura pode ser necessária, no início das chuvas, após a poda, feita no período de julho a setembro.

**Observações:**

a) Na sucessão de culturas, a mandioca pode ser cultivada após pastagens, milho, cana-de-açúcar, soja, amendoim, algodão e outras. Na escolha da área deve-se considerar o histórico de manejo, focando principalmente nos herbicidas utilizados anteriormente. Herbicidas com o princípio ativo tebutiurom, do grupo químico das ureias, utilizado em cana-de-açúcar, e herbicidas do grupo das imidazolinonas, com princípios ativos: imazomoxi, imazapique, imazapir, imazaquim e imazetapir, utilizados principalmente em feijão, cana-de-açúcar, soja, amendoim e outras culturas podem ser prejudiciais à mandioca, quando cultivada em solos com resíduos desses herbicidas;

b) Nos sistemas de produção onde a mandioca é plantada em sucessão à soja e amendoim não é necessária a adubação nitrogenada de plantio, exceto quando as plantas apresentam sintomas de deficiência de N (crescimento reduzido e amarelecimento generalizados das folhas iniciado nas folhas baixeiros ou inferiores estendendo-se por toda a planta). O excesso de nitrogênio nestes sistemas de produção pode promover crescimento excessivo da parte aérea das plantas e diminuição da produção de raízes tuberosas, além de favorecer o acamamento de plantas. Isso pode ocorrer principalmente em cultivares como a IAC Caapora, IAC 12, IAC 13 e IAC 14;

c) A aplicação de potássio (K) em adubação de cobertura tem o objetivo de aumentar o teor de amido das raízes pelo fornecimento mais homogêneo e contínuo de K;

d) A obtenção de altas produtividades de raízes tuberosas pode ser limitada pelo uso de manivas-sementes (ramas) de baixa qualidade fitossanitária, nutricional e fisiológica. Assim, ramas isentas de pragas e doenças, produzidas com manejo nutricional diferenciado das áreas de produção e colhidas no estádio de maturidade fisiológica adequada e armazenadas por período curto de tempo e protegidas da irradiação solar são preferidas para o plantio;

e) Quando os subprodutos da cultura da mandioca (parte aérea e cepa) são utilizados como material de plantio, na alimentação animal ou geração de energia (queima), a exportação de nutrientes aumenta de forma significativa. N e Mg são exportados em quantidades 3 a 5 vezes superiores, P e K de 2 a 3 vezes e o Ca de 4 a 7 vezes aos exportados com a colheita das raízes tuberosas.

## 6. BATATA-DOCE (*Ipomoea batatas*)

Valdemir Antonio Peressin (¹)

José Carlos Feltran (¹)

Amarilis Beraldo Rós (²)

Adalton Mazetti Fernandes (³)

A batata-doce é uma dicotiledônea da família Convolvulaceae. Seu caule é herbáceo de hábito prostrado, folhas largas e pecíolo longo. Possui dois tipos de raiz: a tuberosa, que constitui a principal parte de interesse comercial, e a raiz absorvente, responsável pela absorção de água e nutrientes do solo.

Os tubérculos da batata-doce são destinados à culinária doméstica, fonte de fécula para a indústria alimentícia e alimentação animal. É espécie de clima tropical e subtropical, mas também cultivada em regiões temperadas. É uma planta de fácil cultivo, rústica, baixo custo de produção. Adapta-se bem a solos com pH levemente ácido ou neutro e bem drenados, pois em condições de encharcamento ou baixa aeração, ocorre retardamento das raízes tuberosas, gerando deformidades como raízes alongadas (chicotes).

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Presidente Prudente (SP).

(³) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

**Cultivares:** As principais cultivares são IAC 66-118 (Monalisa), IAC 2-71 (Americana), SRT 345 (Uruguaiana) e SRT 346 (Canadense).

**Espaçamento:** 0,8 m a 1,0 m entrelinhas x 0,3 m a 0,5 m entre plantas.

**Produtividade:** 15 a 30 t ha<sup>-1</sup> de raízes comerciais.

**Ciclo:** 4 a 5 meses (batata-doce para mesa) e 5 a 6 meses (batata-doce industrial).

**Calagem:** Aplicar calcário dolomítico para elevar a saturação por bases a 60% e o teor de magnésio a um mínimo de 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação orgânica:** Aplicar de 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou 2,5 a 5 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha (cama de frango) curtido, incorporando-os nos leirões, sulcos ou covas cerca de 10-15 dias antes do plantio. As maiores doses são para solos arenosos. Se for utilizada a adubação orgânica, a adubação nitrogenada de plantio poderá ser dispensada.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para a batata-doce, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<0,16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	———— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> ————	————	————	———— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> ————	————	————
10-20	10	100	60	0	120	60	0
>20	20	160	100	30	140	80	20

Em solos com baixa fertilidade, é necessária a aplicação de micronutrientes. Aplicar 1 kg ha<sup>-1</sup> de B em solos com teores abaixo de 0,20 mg dm<sup>-3</sup> de B, e 1 kg ha<sup>-1</sup> de Zn junto à adubação de plantio.

**Adubação mineral de cobertura:** Aos 30 a 45 dias após o plantio, aplicar de 30-40 kg ha<sup>-1</sup> de N. Deve-se acompanhar o crescimento da cultura e se houver crescimento exuberante de folhas e ramos a adubação nitrogenada de cobertura poderá ser dispensada.

**Observações:**

- a) Em solos de alta fertilidade a adubação pode ser dispensada se a batata-doce for cultivada em rotação, após outras culturas adubadas;
- b) Em solos arenosos é recomendado parcelar a adubação potássica quando forem utilizadas doses superiores a 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, aplicando-se metade no sulco de plantio e metade em cobertura junto à adubação nitrogenada.
- c) Quando a batata-doce for cultivada em rotação após leguminosas, recomenda-se diminuir a adubação nitrogenada para evitar-se o crescimento vegetativo excessivo das ramas;
- d) A obtenção de altas produtividades depende de outros fatores além da adubação, tais como irrigação, sanidade das ramas de plantio e manejo cultural. Cultivos provenientes de ramas sadias (indexadas e livre de viroses) produzem em média o dobro de raízes tuberosas quando comparadas aos plantios feitos com ramas contaminadas;
- e) A rotação de culturas é indispensável para evitar queda acentuada da produção e da qualidade das raízes tuberosas e também para minimizar a incidência de pragas e doenças. Assim, plantios sucessivos de batata-doce devem ser evitados.

## 7. INHAME (*Dioscorea alata*)

Valdemir Antonio Peressin (¹)  
José Carlos Feltran (¹)  
Adalton Mazetti Fernandes (²)

O inhame pertence à família Dioscoreaceae, de plantas conhecidas como yam, ñame. São plantas de origem tropical, perenes ou anuais com túberas aéreas ou subterrâneas de tamanho, forma e coloração variáveis. Apresentam ramos herbáceos, com ou sem espinhos, volúveis (trepadeiras), de caule anguloso ou cilíndrico. Na região Sudeste do Brasil a espécie *D. alata* é plantada quase que exclusivamente, enquanto a *D. cayennensis* tem importância na

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

região Nordeste. O inhame é exigente em fertilidade, sendo que cultivos sucessivos podem causar depleção na fertilidade natural do solo em pouco tempo pela exportação de elevadas quantidades de N, K, Ca, Mg e Zn. As respostas à adubação dependem das espécies cultivadas. Assim, são necessários ajustes em relação ao manejo de adubação para as diferentes condições edáficas de cultivo e espécies. As recomendações de adubação e calagem descritas a seguir referem-se ao cultivo de inhame da espécie *D. alata*, especificamente para a cultivar Flórida.

**Cultivar:** Flórida (SRT 29).

**Espaçamento e plantio:** 0,8 m a 1,0 m entre linhas e 0,3 m a 0,4 m entre plantas, em camaleões ou leiras de 0,3 m a 0,4 m de altura. Sulcar e incorporar os adubos, em seguida levantar leiras com ajuda de arado. Riscar a crista da leira a 10 cm de profundidade e plantar as tubéras-germâneas (60 a 150 gramas, inteiras ou cortadas).

**Ciclo:** 8 a 12 meses.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 80%.

**Adubação orgânica:** A matéria orgânica, sob a forma de esterco ou compostos bem humificados (curtidos), pode ser incorporada, com vantagens, no plantio. De forma geral recomenda-se aplicar de 6 a 12 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido, ou de 3 a 6 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha (cama de frango) curtido.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para o inhame, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada t ha <sup>-1</sup>	N N, kg ha <sup>-1</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
≤20	20	90	40	20	80	40	20
>20	20	120	60	30	120	60	30

**Adubação com micronutrientes:** Aplicar 4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores de Zn inferiores a 0,60 mg dm<sup>-3</sup>, 3 kg ha<sup>-1</sup> quando os teores estiverem entre 0,60 e 1,20 mg dm<sup>-3</sup> e 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn em solos com teores de Zn superiores a 1,2 mg dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de cobertura:** Trinta dias após a brotação aplicar de 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N. Se for realizada adubação orgânica na área ou se o plantio do inhame for feito após o cultivo de leguminosas a dose de N mineral pode ser reduzida pela metade.

**Observações:**

a) As condições climáticas ideais são as de clima tropical, com temperaturas médias na faixa de 30 °C e estação seca bem definida, de dois a cinco meses, com precipitação pluvial anual de 1.500 mm. É vantajoso quando a estação de crescimento coincide com dias longos e o final do ciclo, com dias curtos. *D. alata* requer um período úmido de, no mínimo, seis meses, com melhores produções em período de oito meses. Para a obtenção de elevadas produtividades recomenda-se o plantio sob irrigação;

b) As culturas comerciais devem ser implantadas de preferência em solos bem arejados, não excessivamente arenosos, profundos, ricos em matéria orgânica, com boa capacidade de retenção de umidade, porém não sujeitos ao encharcamento. Evitar solos argilosos, visto que as tuberas, em terrenos pesados e compactados, têm o desenvolvimento retardado, e ficam deformadas. Além disso, por ocasião da colheita, na época seca, as operações se tornam difíceis e dispendiosas, havendo ainda o inconveniente do ferimento e da quebra das tuberas, o que, além de depreciá-las, as torna impróprias para o armazenamento;

c) A colheita deve coincidir com o repouso fisiológico da planta. Nessa época, as folhas caem, os ramos secam, as tuberas apresentam melhor qualidade culinária e com tamanho e aspecto favoráveis à comercialização. Nesse período, as raízes também secam e se soltam com facilidade das tuberas. Essa fase é caracterizada por baixa atividade metabólica cuja duração é função, principalmente, das condições ambientais. No estado de São Paulo, esse período tem início em maio até agosto-setembro, com pico de produção em julho-agosto. Colheitas fora desse período implicam em operação adicional de preparo das tuberas (remoção manual das raízes com o auxílio de lâminas) para envio ao mercado.

## 8. MANDIOQUINHA-SALSA (*Arracacia xanthorrhiza*)

Valdemir Antonio Peressin (¹)

José Carlos Feltran (¹)

Adalton Mazetti Fernandes (²)

A mandioquinha-salsa é uma planta hortícola de porte herbáceo e semiperene, da família Apiaceae, originária da região andina compreendida pela Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia. Sua introdução no Brasil, a partir dos Andes colombianos, ocorreu por volta de 1890. Estabeleceu-se como cultura comercial, principalmente na região de montanha do sudeste brasileiro, onde as condições climáticas são semelhantes às da região de origem. A cultura é exigente em fertilidade do solo e exporta quantidades consideráveis de N, P, K, Mn, Zn, B e Cu.

**Espaçamento e plantio:** 0,7 m a 0,8 m entre linhas e 0,3 m entre plantas, em leiras ou camaleões de 0,3 m a 0,4 m de altura. Sulcar e incorporar os adubos nas linhas de plantio; em seguida levantar leiras com ajuda de arado. Riscar a crista da leira a 10 cm de profundidade e plantar as mudas.

**Ciclo:** 8 a 12 meses.

**Produtividade:** 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de raízes.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para mandioquinha-salsa, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	———— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> ———	————	————	———— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> ———	————	————
≤15	0	150	70	30	120	60	30
>15	0	180	120	50	140	80	50

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

**Adubação com micronutrientes:** Aplicar 2 kg ha<sup>-1</sup> de B em solos com teores de B (água quente) inferiores a 0,20 mg dm<sup>-3</sup> e 1 kg ha<sup>-1</sup> quando os teores estiverem entre 0,20 e 0,60 mg dm<sup>-3</sup>.

**Adubação mineral de cobertura:** Na cultura irrigada, com expectativa de produtividade maior que 15 t ha<sup>-1</sup>, aplicar de 60-70 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo metade aos 30-45 dias e metade aos 60-90 dias. Na cultura não-irrigada, com produtividade esperada menor que 15 t ha<sup>-1</sup>, aplicar de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, parcelando em duas vezes, aos 20 e 60 dias após o plantio.

**Observação:**

a) Em solos arenosos, parcelar a adubação potássica quando forem utilizadas doses superiores a 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, aplicando-se metade no sulco de plantio e metade em cobertura junto à aplicação de N em cobertura.

## 9. ARARUTA INDUSTRIAL (*Maranta arundinacea*)

Valdemir Antonio Peressin (¹)

José Carlos Feltran (¹)

Adalton Mazetti Fernandes (²)

A araruta é uma planta herbácea, ereta, com caule articulado de altura variável entre 0,60 m e 1,20 m, dependendo da cultivar e das condições locais de clima e solo, com rizomas fusiformes com casca brilhante e escamosa, de ciclo perene e comportamento genético alógamo. Seu centro de origem é a América do Sul, podendo ser encontrada desde a região sudeste do Brasil até as Guianas.

A colheita dos rizomas pode ser feita dos 9 aos 12 meses após o plantio, quando as folhas se acham murchas, com coloração parda que, posteriormente, se tornam amarelo-palha e esbranquiçadas. Os rizomas são usados para a extração de fécula (amido), utilizados na indústria alimentícia.

A araruta se beneficia da adubação orgânica e cobertura morta ou *mulching*. A cobertura morta reduz a perda de água por evaporação, as oscilações da temperatura e melhora os atributos físicos e químicos do

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

solo. As fontes mais comuns de material orgânico são resíduos culturais, estercos e compostos, dentre outros.

**Produtividade:** 8 a 12 t ha<sup>-1</sup>, podendo atingir até 20 t ha<sup>-1</sup> em condições favoráveis de fertilidade do solo.

**Cultivares:** Comum (SRT 3) - planta de porte baixo, com cerca de 60 cm de altura, apresenta pouco ou nenhum florescimento nas condições tropicais, rizomas de formato cônico-longado, de comprimento de 10 cm a 25 cm e diâmetro de 3 cm a 4 cm; Creoule (SRT 11) - originária de Barbados e Saint Vincent nas Antilhas, difere da cultivar Comum pelo porte alto, superior a 1,0 m e pelo florescimento abundante nas condições tropicais, tem rizomas alongados e finos e não apresenta formação de frutos e sementes.

**Espaçamento:** Utilizar o espaçamento de 0,7 m a 0,8 m entre linhas de plantio e 0,3 m a 0,4 m entre plantas. Abrir sulco com 10 cm de profundidade e plantar rizomas inteiros de 60 a 100 gramas. Em condições favoráveis de solo e irrigação pode-se utilizar espaçamentos mais adensados como 0,3 m x 0,3 m.

**Ciclo:** 9 a 12 meses.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 50%.

**Adubação orgânica:** A araruta responde bem à adubação orgânica. Aplicar 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou quantidades equivalentes de compostos ou outros materiais orgânicos.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para o plantio da araruta, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<0,16	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>			K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>		
8-20	0	80	40	0	60	20	0

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, de 30 a 60 dias após o plantio.

## 10. TARO (*Colocasia esculenta*)

Valdemir Antonio Peressin (¹)

José Carlos Feltran (¹)

Adalton Mazetti Fernandes (²)

A cultura de taro é de ocorrência comum nos trópicos úmidos. Os rizomas são consumidos em natura ou processados. O taro se adapta a condições adversas de clima e solo e a produtividade depende do cultivar, clima, densidade de plantio, calagem e adubação.

O taro exporta quantidades elevadas de K, N, Ca e Mg nos rizomas que devem ser levadas em conta no manejo da adubação.

**Espaçamento:** 0,8 m a 1,0 m entre linhas e 0,3 m a 0,6 m entre plantas. O plantio é feito em sulcos de 10 cm de profundidade. Os espaçamentos mais adensados são recomendados em cultivos sob irrigação e com o uso de rizomas-sementes de menor peso.

**Ciclo:** 8 a 12 meses. Na ausência de pragas ou doenças, os rizomas podem ser conservados no solo, atrasando sua colheita até 12-15 meses.

**Produtividade:** 10 a 30 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60% e o teor de magnésio a um mínimo de 4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação orgânica:** Aplicar de 3 a 4 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada, conforme a tabela 1.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para taro, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—	—	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—
<10	20	80	40	0	60	30	0
10-20	20	120	60	20	80	40	0
>20	20	180	80	20	100	60	20

**Adubação mineral de cobertura:** Fazer duas aplicações de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N cada, a primeira entre 30 e 60 dias após o plantio e a segunda entre 120 e 150 dias após o plantio.

#### Observações:

a) A cultura do taro é exigente em relação à umidade do solo. As maiores produtividades são alcançadas em áreas irrigadas, de forma a manter o solo com umidade em torno de 75% da capacidade de campo. No momento em que a planta entra em fase de maturação, as irrigações devem ser reduzidas e quando chegar ao período de 20 a 25 dias antes da colheita devem ser totalmente suspensas.

b) Planta essencialmente tropical, o taro não tolera frio. A cultura necessita de, no mínimo, 1.800 mm de chuvas por ano distribuídas regularmente e de temperaturas entre 25 e 30 °C para bom desenvolvimento vegetativo. O cultivo em solos pesados prejudica a emergência das plantas e a emissão e o desenvolvimento dos rizomas. A maturidade das plantas é evidenciada pela cor amarelada das folhas.

c) A colheita pode ser feita o ano todo, sendo mais concentrada de maio a agosto. Arrancar a planta toda do solo, destacar os rizomas manualmente e fazer a limpeza das radicelas e de parte da túnica, membrana constituída das escamas que envolvem os rizomas. O taro, de maneira geral, não suporta armazenamento muito longo. Recomenda-se o armazenamento a 6-7 °C, umidade relativa do ar de 80% em ambiente com circulação de ar.

## 3.11. HORTALIÇAS

---

Paulo Espíndola Trani (¹)

Bernardo van Raij (¹)

Heitor Cantarella (¹)

Gilberto Job Borges de Figueiredo (²)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**A**s recomendações para hortaliças foram coordenadas pelo Dr. Paulo Trani, contando com a colaboração de uma experiente equipe de profissionais da área, muitos dos quais já aposentados, e provenientes de várias instituições. As recomendações foram substancialmente expandidas e detalhadas em relação à versão anterior do Boletim 100. As presentes recomendações foram publicadas, em versão ligeiramente diferente, em 2018, como Boletim Técnico CATI 251.

A crescente preocupação com hábitos alimentares saudáveis impulsiona a produção e o consumo de hortaliças. A correta nutrição de plantas tem papel relevante para a produção de hortaliças de alta qualidade e valor nutricional.

As culturas do morango, melão e melancia, que são frutas, foram incluídas nas recomendações de hortaliças e não junto às tabelas de frutas. A justificativa é que essas espécies tem manejo mais parecido com hortaliças do que a maioria das frutíferas, que são arbóreas.

As hortaliças geralmente são exigentes em fertilidade e sensíveis à acidez do solo. A maior parte das espécies tem sistema radicular relativamente superficial, demandando solos com boas características físicas e químicas e o emprego de adubos orgânicos. As hortaliças são plantas com

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Caraguatatuba (SP).

o uso intensivo do solo e de água de irrigação, de fertilizantes orgânicos e minerais, que podem representar de 20% a 25% do custo total de produção.

Para o correto dimensionamento da correção do solo e adubação, é importante obter informações sobre o histórico do local, incluindo as culturas anteriores, o manejo adotado e as produções alcançadas. Após isso, realizar a análise química e granulométrica do solo. É também útil conhecer as características de cultivo das hortaliças, principalmente as melhores épocas de plantio, o adensamento populacional e a extração de nutrientes pelas plantas. Assim, será possível alcançar altas produtividades com o manejo sustentável da calagem e da adubação.

**Calagem:** A calagem consiste na aplicação de um corretivo de acidez do solo, em geral o calcário, que disponibilize o cálcio e o magnésio às plantas. A aplicação do calcário deve ser realizada com 30 a 90 dias de antecedência do plantio. A sua distribuição deve ser feita a lanço, em área total do terreno ou dos canteiros, seguida de incorporação até 20 cm a 30 cm de profundidade para possibilitar o pleno desenvolvimento das raízes das hortaliças. O cálculo de calagem conforme o método de saturação por bases, considera a correção da acidez até 20 cm de profundidade. No caso de incorporação a maiores profundidades deverá haver acréscimo proporcional na quantidade de corretivo de acidez originalmente calculada. A irrigação do solo após a aplicação do calcário tornará mais rápida a sua ação corretiva.

**Adubação orgânica e adubação verde:** Os fertilizantes orgânicos têm importante função na manutenção e na melhoria das propriedades físicas e biológicas do solo. Além disso, fornecem e liberam gradualmente os nutrientes para as plantas, conforme sua composição e relação C/N. São utilizados estercos animais, materiais vegetais triturados, tortas vegetais e compostos orgânicos, desde que devidamente bioestabilizados. Esterços animais, empregados em grandes quantidades na produção de hortaliças, não estão disponíveis em muitos locais, mas, há crescente produção de compostos a partir de podas e outros resíduos urbanos, estimulados pela legislação que controla a disposição de resíduos sólidos. A aplicação de tais produtos compostados em hortaliças usadas para consumo direto precisa ser decidida com cuidado devido à possibilidade de contaminação biológica com patógenos e metais pesados, especialmente se a matéria-prima utilizada contiver lodos

de esgoto. Nesse caso, é importante recorrer a laudos dos produtos e observar a legislação sobre o uso destes materiais.

Recomenda-se a utilização de adubos orgânicos com baixa umidade para facilidade de distribuição. A aplicação dos fertilizantes orgânicos deve ser feita em área total dos canteiros, sulcos ou covas, incorporando-os uniformemente, com antecedência de 30 a 40 dias ao plantio.

Outra alternativa para o fornecimento de matéria orgânica é o uso de adubação verde. Esta consiste no cultivo e no corte de plantas imaturas, em pleno florescimento, com ou sem a incorporação da fitomassa ao solo. A adubação verde permite a produção de fitomassa para formação da cobertura morta (*mulching*) e a proteção do solo contra os agentes da erosão, além de reduzir a amplitude da variação térmica do solo. A adubação verde ajuda no controle de nematoides e algumas espécies de plantas daninhas, e fornece nitrogênio fixado da atmosfera por plantas leguminosas. A economicidade da adubação verde deve ser comparada com a rotação de culturas, sistema de produção onde plantas de diferentes famílias botânicas são cultivadas até a colheita e podem proporcionar uma renda extra ao produtor de hortaliças.

**Adubação mineral:** As quantidades de nutrientes no plantio e em cobertura são determinadas conforme os resultados de pesquisa realizada em diferentes locais e tipos de solo, extração de nutrientes e exigências específicas de cada hortaliça. Época de plantio, produtividades esperadas e as informações de literatura são também levadas em consideração.

**Acúmulo de nutrientes no solo:** Grandes quantidades de adubos fosfatados são geralmente recomendadas para hortaliças, mesmo em solos com alta disponibilidade deste nutriente. Isto se deve à elevada demanda das hortaliças a P, ao sistema radicular pouco profundo e ao ciclo geralmente curto da maioria das espécies, que tem desenvolvimento rápido e necessidade de absorver nutrientes em curto espaço de tempo. Isto se aplica também aos demais nutrientes, igualmente aplicados em altas doses. Assim, a eficiência de uso de nutrientes pelas hortaliças é relativamente baixa. Áreas com hortaliças normalmente tem alto acúmulo de P nas camadas superficiais, facilmente detectado pela análise de solo. No caso do K e do N, o acúmulo pode ocorrer também em camadas mais profundas devido à menor retenção desses nutrientes no solo. O acúmulo de nutrientes no solo em áreas cultivadas por hortaliças - e seu

aparente desperdício - pode ser contornado com rotações de culturas. A maior parte das hortaliças requer rotação por problemas fitossanitários. As culturas usadas nas rotações são ótima oportunidade para absorver e reciclar o legado de nutrientes no solo deixado pelas hortaliças minorando o impacto indesejável do excesso de nutrientes.

**Adubação mineral de plantio:** A localização dos fertilizantes aplicados antes da semeadura ou do plantio das hortaliças é importante para compatibilizar o fornecimento de nutrientes e evitar efeitos indesejados por excesso de sais. Deve-se conhecer a distribuição do sistema radicular da espécie hortícola, o espaçamento entre linhas e entre plantas, a textura do solo e o tipo de irrigação a ser utilizada (aspersão, infiltração, gotejamento ou microaspersão). Em solos argilosos e orgânicos, os adubos minerais devem ser aplicados nas linhas, ou nos sulcos de plantio, ou ainda em covas, pois a aplicação localizada melhora o efeito do fósforo, pela menor fixação deste pelo solo. Em solos arenosos, a concentração inicial de fertilizantes de efeito salino nas linhas ou nos sulcos de plantio pode ser danosa ao desenvolvimento inicial das plantas. Assim, para culturas que requerem altas doses, é recomendável a incorporação dos fertilizantes em área total dos canteiros.

**Adubação mineral de cobertura:** A definição das doses de nutrientes aplicados em cobertura é feita com base na análise de solo, na análise foliar, do adensamento populacional, do desenvolvimento da cultura no campo ou estufa, da exigência nutricional da cultivar e espécie hortícola e da produtividade esperada.

A maior parte do nitrogênio (80% a 90%), de 50% a 60% do potássio e até 30% do fósforo são fornecidos em cobertura para a maioria das hortaliças. A aplicação de fósforo em cobertura pode melhorar a qualidade das hortaliças colhidas. A alta solubilidade dos fertilizantes binários como o monoamônio fosfato (MAP) e diamônio fosfato (DAP), que contêm o fósforo nas formas  $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{2-}$  e são componentes de fórmulas de média e alta concentração de nutrientes, tais como 18-06-12 e 15-05-20, possibilita rápida absorção de fósforo pelas raízes das hortaliças, inclusive aquelas de ciclo rápido. As fórmulas de baixa concentração de nutrientes, tais como 12-04-12 e 10-05-15, geralmente tem P na forma de superfosfato simples, contém S na forma de gesso agrícola, que proporciona os conhecidos efeitos benéficos às plantas. O fósforo solúvel disponibilizado em quantidades adequadas no

solo favorece a absorção de magnésio pelas plantas. A absorção de P é favorecida pela presença do nitrogênio aplicado em cobertura.

Recomenda-se parcelar as coberturas com fertilizantes de acordo com a marcha de absorção de nutrientes da cultura. Podem ser utilizados tanto os fertilizantes sólidos, de solubilização gradual, bem como aqueles altamente solúveis, aplicados por meio da fertirrigação. A escolha da melhor maneira de aplicação deve considerar o preço dos fertilizantes, o custo dos equipamentos e da mão de obra para aplicação.

**Uso de micronutrientes:** Os micronutrientes devem ser aplicados no solo, de preferência junto aos macronutrientes, parte no plantio e parte em cobertura. Sempre que possível, utilizar fórmulas granuladas ou misturas granuladas, as quais contém os micronutrientes (além dos macronutrientes) no mesmo grânulo. A aplicação dos micronutrientes por meio de pulverizações foliares apenas complementa a aplicação destes no solo. Por precaução, evitar a mistura de fertilizantes foliares com produtos usados para o controle químico de pragas ou doenças.

**Composição química:** Os conteúdos de macronutrientes e micronutrientes na parte fresca colhida de hortaliças, bem como as produtividades médias obtidas são apresentados nas tabelas 1 e 2, respectivamente. Esses dados permitem estimar as quantidades de nutrientes exportadas pelas colheitas, o que auxilia nos cálculos de reposição dos mesmos.

As recomendações de amostragem de folhas para análise química das diferentes espécies de hortaliças são apresentadas na tabela 3. As faixas de teores adequados de macronutrientes e micronutrientes em folhas de hortaliças são apresentadas nas tabelas 4 e 5, respectivamente. As faixas de valores adequados podem ser bastante amplas. Variações substanciais entre os teores de nutrientes nas folhas podem ocorrer devido a diferenças entre épocas de amostragem, posição das folhas na planta e às características genéticas entre cultivares de uma mesma espécie de hortaliça. Assim, em virtude da amplitude de valores considerados adequados, e em caso da necessidade de avaliar plantas com anomalias que possam ser atribuídas a problemas nutricionais, analisar amostras pareadas, contendo plantas normais e plantas com anomalias, o que facilita a identificação dos problemas por meio da comparação entre os resultados de análise.

### Conteúdo de macronutrientes na parte colhida:

**Tabela 1.** Conteúdo de macronutrientes na parte fresca colhida de hortaliças e produtividades médias

<b>Cultura</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Produtividade média</b>
	kg t <sup>-1</sup>						t ha <sup>-1</sup>
Abobrinha italiana e abobrinha brasileira	1,1	0,3	1,8	0,2	0,1	0,1	italiana (campo): 20-30 italiana (c. prot.): 30-40 brasileira: 20-45
Abóbora seca, moranga e abóbora japonesa	1,3	0,3	3,1	0,2	0,1	0,1	seca: 25-35 moranga: 20-35 japonesa: 15-50
Agrião	3,0	0,6	4,2	1,9	0,4	0,5	20-35
Alcachofra	3,1	0,5	5,3	-	-	-	7-26
Alface	1,4	0,2	2,6	0,8	0,2	0,2	15-80
Alho	4,8	0,7	2,4	1,3	0,3	0,6	8-15
Almeirão	1,8	0,3	1,7	0,6	0,2	0,1	30-60
Berinjela	1,7	0,3	2,0	0,9	0,2	0,2	campo: 50-70 cultivo protegido: 50-100
Beterraba	2,4	0,5	3,8	0,8	0,3	0,2	35-50
Brócolis	3,5	0,7	3,2	1,2	0,3	0,5	ramoso: 12-16 inflorescência única: 15-20
Cebola	2,2	0,5	2,8	1,1	0,2	0,6	30-50
Cenoura	1,3	0,3	2,5	0,4	0,1	0,1	30-80
Chicória (escarola)	1,7	0,1	1,0	0,4	0,3	0,1	20-42
Coentro	3,3	0,2	3,8	0,5	0,4	0,2	10-18
Chuchu	1,1	0,3	1,3	0,3	0,2	0,1	50-100
Couve de folha	3,6	0,5	3,2	2,4	0,6	0,7	60-90

Continua

**Tabela 1.** Conclusão

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S	Produtividade média
	kg t <sup>-1</sup>						t ha <sup>-1</sup>
Couve-flor	3,1	0,5	2,2	1,0	0,4	0,7	15-30
Ervilha de vagem	4,8	0,7	5,4	1,2	0,3	0,4	9-13
Espinafre da Nova Zelândia	1,9	0,2	1,5	0,5	0,2	0,3	15-32
Feijão-vagem	2,3	0,4	2,1	0,5	0,3	0,2	15-25
Jiló	2,3	0,4	2,8	0,4	0,2	0,2	30-50
Melancia	1,5	0,3	1,1	0,3	0,1	0,1	25-50
Melão (campo)	1,9	0,5	2,3	0,3	0,2	0,2	20-40
Morango	2,5	0,5	3,7	0,8	0,3	0,1	30-35
Nabo	1,2	0,3	2,0	0,2	0,1	0,2	alongados: 50-70 arredondados: 20-40
Pepino	1,1	0,3	1,6	0,2	0,1	0,1	campo (rasteiro): 30-40 campo (tutorado): 50-70 cultivo protegido: 100-200 indústria (conserva): 25-35
Pimenta	2,0	0,5	2,8	1,8	0,5	-	4-30
Pimentão	1,6	0,4	2,1	1,6	0,4	0,2	campo: 40-60 cultivo protegido: 160-240
Quiabo	2,2	0,7	3,2	0,8	0,4	0,2	15-22
Rabanete	3,7	0,6	4,5	0,6	0,3	-	15-25
Repolho	1,7	0,3	1,5	0,6	0,2	0,3	30-80
Rúcula	4,0	0,1	1,8	2,2	0,4	0,3	15-42
Tomate de mesa	1,2	0,2	1,8	0,3	0,1	0,1	campo: 80-130 protegido "italiano": 200-260 "mini": 100-160
Tomate para indústria	1,3	0,3	2,2	0,3	0,1	0,1	80-110

### Conteúdo de micronutrientes na parte colhida:

**Tabela 2.** Conteúdo de micronutrientes na parte fresca colhida de hortaliças e produtividades médias

<b>Cultura</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Zn</b>	<b>Produtividade média</b>
	g t <sup>-1</sup>						
Abobrinha italiana e Abobrinha brasileira	1,0	0,5	3,9	1,7	-	2,2	italiana (campo): 20-30 italiana (cult. prot.): 30-40 brasileira: 20-45
Abóbora seca, moranga e abóbora japonesa	1,1	0,4	5,5	3,1	0,1	3,1	seca: 25-35 moranga: 20-35 japonesa: 15-50
Agrião	1,7	0,6	19,5	3,4	0,1	7,3	20-35
Alcachofra	-	-	-	-	-	-	7-26
Alface	2,3	0,5	8,5	3,4	0,01	5,1	15-80
Alho	4,2	0,8	12,6	2,9	0,06	5,4	8-15
Almeirão	3,1	0,8	16,0	6,0	-	4,3	30-60
Berinjela	1,2	0,5	7,4	1,8	0,01	1,6	campo: 50-70 cult. protegido: 50-100
Beterraba	2,2	1,0	-	1,2	0,04	3,1	15-30
Brócolis	1,8	0,8	6,3	3,3	0,05	4,1	tipo ramoso: 12-16 infloresc. única: 15-20
Cebola	1,4	1,0	6,8	5,2	0,01	5,3	30-50
Cenoura	2,0	0,5	9,6	2,5	0,01	2,2	30-80
Chicória (escarola)	-	-	-	-	-	-	20-42
Coentro	-	1,0	13,7	6,3	-	6,4	10-18
Chuchu	0,7	0,4	4,6	0,7	0,01	0,8	50-100
Couve de folha	3,2	0,4	23,0	-	0,02	3,1	60-90
Couve-flor	2,3	0,5	5,0	2,2	0,03	3,3	15-30

Continua

**Tabela 2.** Conclusão

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Produtividade média
	g t <sup>-1</sup>						t ha <sup>-1</sup>
Ervilha de vagem	1,8	-	18,0	3,6	0,1	5,8	9-13
Espinafre da Nova Zelândia	0,9	0,6	10,7	3,7	0,01	1,6	15-32
Feijão-vagem	1,0	0,7	6,4	4,0	0,04	3,7	15-25
Jiló	1,3	0,8	4,4	2,3	0,01	2,1	30-50
Melancia	1,4	0,4	2,8	1,1	0,01	1,7	25-50
Melão (campo)	1,4	0,8	4,5	1,7	0,01	3,1	20-40
Morango	0,7	0,2	6,0	4,5	0,01	1,2	30-35
Nabo	1,2	0,3	2,2	1,1	0,01	1,5	alongados: 50-70 arredondados: 20-40
Pepino	0,7	0,4	4,6	1,5	-	1,3	campo (rasteiro): 30-40 campo (tutorado): 50-70 cultivo protegido: 100-200 indústria (conserva): 25-35
Pimenta	-	-	-	-	-	-	4-30
Pimentão	0,6	0,7	3,9	2,3	0,01	0,9	campo: 40-60 cult. protegido: 160-240
Quiabo	1,8	0,7	6,7	4,9	0,02	3,5	15-22
Rabanete	-	0,3	12,1	4,3	-	4,7	15-25
Repolho	2,2	0,4	5,2	2,6	0,05	3,8	30-60
Rúcula	1,5	0,8	1,5	0,8	-	0,9	15-42
Tomate de mesa	1,0	0,5	2,1	0,8	0,01	0,8	campo: 80-130 protegido "italiano": 200-260 "mini": 100-160
Tomate para indústria	1,0	0,2	-	-	-	0,9	80-110

### **Amostragem de folhas:**

**Tabela 3.** Recomendações para amostragem de folhas de hortaliças

Cultura	Descrição da amostragem
Abobrinha, abóbora e moranga	9ª folha a partir do ponteiro, no início da frutificação; 30 plantas
Agrião	Folhas compostas do topo da planta; 20 plantas
Aipo (salsão)	Parte aérea; 70 dias após o transplante; 20 plantas
Alcachofra	Folha recém-desenvolvida, da metade a 2/3 do ciclo; 15 plantas
Alface	Folha recém-desenvolvida, da metade a 2/3 do ciclo; 25 plantas
Alho	Folha recém-desenvolvida no início da bulbificação; 30 plantas
Almeirão	Parte aérea, da metade a 2/3 do ciclo; 25 plantas
Aspargo	Folha recém-desenvolvida da parte superior da planta; 20 plantas
Berinjela	Pecíolo da folha recém-desenvolvida no período entre o florescimento e a metade do final do ciclo; 20 plantas
Beterraba	Folhas centrais recém-maduras, entre 40 e 60 dias após plantio; 30 plantas
Brócolis	Folha recém-desenvolvida, no início da inflorescência; 20 plantas
Cebola	Folha mais jovem completamente expandida, uma folha por planta, aos 40 a 50 dias após a semeadura ou o transplante; 40 plantas
Cenoura	Folha recém-madura, coletada da metade a 2/3 do ciclo de crescimento; 30 plantas
Chicória (escarola)	Folha madura, na formação da 8ª folha; 20 plantas
Coentro	Toda a parte aérea, na metade do ciclo; 25 plantas
Chuchu	Folha jovem, recém-desenvolvida, no florescimento; 20 plantas
Couve de folha	Folha recém-desenvolvida, 30 a 50 dias após transplante das mudas; 20 plantas
Couve-flor	Folha recém-desenvolvida, no início da inflorescência; 20 plantas

Continua

**Tabela 3.** Conclusão

Cultura	Descrição da amostragem
Ervilha torta	Folíolo recém-desenvolvido, no florescimento; 50 folíolos
Espinafre	Folha recém-desenvolvida, 30 a 50 dias; 25 plantas
Feijão-vagem	4 <sup>a</sup> folha a partir do ponteiro, do florescimento ao início da formação das vagens; 30 plantas
Jiló	Folha inteira, recém-desenvolvida, no período entre o florescimento e a metade do final do ciclo; 20 plantas
Melancia	5 <sup>a</sup> folha a partir do ponteiro, da metade até 2/3 do ciclo da planta; 20 plantas
Melão	5 <sup>a</sup> folha a partir do ponteiro, da metade até 2/3 do ciclo da planta; 20 plantas
Morango	3 <sup>a</sup> ou 4 <sup>a</sup> folha recém desenvolvida (sem pecíolo), no início do florescimento; 30 folhas
Nabo	Folha recém desenvolvida, no início do engrossamento das raízes; 20 plantas
Pepino	5 <sup>a</sup> folha a partir do ponteiro, excluindo o tufo apical, no início do florescimento; 30 plantas
Pimenta	Folha recém-desenvolvida, do florescimento até a metade do final do ciclo; 25 plantas
Pimentão	Folha recém-desenvolvida, do florescimento à metade do ciclo; 25 plantas
Quiabo	Folha recém-desenvolvida, 4 folhas por planta, no início da frutificação (45 dias após a emergência das plantas para cultivares precoces e 60 dias para tardios); 25 plantas
Rabanete	Folhas recém-desenvolvidas; 30 plantas
Repolho	Folha envoltória, no início da formação da cabeça; 20 plantas
Rúcula	Toda a parte aérea, da metade a 2/3 do ciclo; 25 plantas
Salsa	Toda a parte aérea; 30 plantas
Tomate de mesa	4 <sup>a</sup> folha com pecíolo a partir do ponteiro, por ocasião do 1º fruto maduro; 4 folhas por planta e 30 plantas
Tomate para indústria	4 <sup>a</sup> folha com pecíolo a partir do ápice, na época de pleno florescimento cerca de 30 dias após o transplante das mudas; 30 plantas

### Teores adequados de macronutrientes em folhas:

**Tabela 4.** Faixas de teores adequados de macronutrientes em folhas de hortaliças

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg <sup>-1</sup>						
Abobrinha, abóbora e moranga	30-40	4-6	25-45	30-50	6-12	2-4
Agrião	45-60	3-12	35-50	15-35	3-10	4-7
Aipo (salsão)	20-30	4-6	60-80	25-40	3-6	2-3
Alcachofra <sup>(1)</sup>	25-40	4-6	25-40	20-30	5-15	-
Alface	30-50	3-7	50-80	15-25	4-6	2-4
Alho	35-50	3-6	35-50	6-12	2-4	4-7
Almeirão	30-50	3-12	35-60	10-25	3-10	2-7
Aspargo	30-50	3-6	20-40	10-20	3-7	2-4
Berinjela	40-60	3-12	35-60	10-25	3-10	3-8
Beterraba	30-50	2-4	20-40	25-35	3-8	2-4
Brócolis	30-55	3-8	25-40	12-25	3-6	3-8
Cebola	30-40	3-5	30-50	15-30	3-5	5-8
Cenoura	20-30	2-4	40-60	25-35	4-7	4-8
Chicória (escarola)	30-60	4-7	40-60	15-30	3-8	-
Coentro	40-60	4-6	40-60	10-30	3-5	3-4
Chuchu	40-50	6-10	30-40	20-40	5-10	3-5
Couve de folha	30-55	3-7	25-40	15-25	3-7	5-10
Couve-flor	40-60	4-8	25-50	20-35	3-5	3-8

Continua

**Tabela 4.** Conclusão

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S
$\text{g kg}^{-1}$						
Ervilha torta	40-60	3-8	20-35	12-20	3-7	3-8
Espinafre	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	3-10
Feijão-vagem	40-60	3-7	25-40	15-30	3-8	2-5
Jiló	45-60	3-7	20-50	15-25	3-5	3-8
Melancia	25-50	3-7	25-40	25-50	5-12	2-3
Melão	25-50	3-7	25-50	25-50	5-12	2-3
Morango	20-30	2-4	20-40	10-25	6-10	1-5
Nabo	35-40	3-6	35-50	15-40	3-10	4-7
Pepino	40-60	4-10	35-50	20-40	4-10	4-7
Pimenta	30-45	3-6	30-50	15-35	4-12	4-7
Pimentão	30-60	3-7	40-60	15-35	6-12	4-7
Quiabo	35-50	3-5	25-40	35-45	6-9	3-5
Rabanete	30-60	3-7	40-75	30-45	5-12	4-7
Repolho	30-50	4-8	30-50	15-30	4-7	3-8
Rúcula	40-50	3-8	30-70	20-40	4-7	4-9
Salsa	30-50	4-8	25-40	7-20	4-8	-
Tomate de mesa	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	4-10
Tomate para indústria	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	4-10

<sup>(1)</sup> Faixas de teores para cultivares de alcachofra tradicionalmente utilizadas no estado de São Paulo, principalmente a cultivar Roxa de São Roque, de ciclo longo. Adotar cautela para a interpretação de resultados para híbridos mais precoces usados em sistemas adensados.

### Teores adequados de micronutrientes em folhas:

**Tabela 5.** Faixas de teores adequados de micronutrientes em folhas de hortaliças

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
mg kg <sup>-1</sup>						
Abobrinha, abóbora e moranga	25-60	8-20	60-250	50-250	0,5-0,8	25-100
Agrião	25-60	7-20	50-300	50-300	0,8-1,3	25-100
Aipo (salsão)	30-80	5-10	50-130	40-130	-	25-80
Alcachofra	40-80	10-20	60-200	50-250	0,5-1,0	30-70
Alface	30-70	7-20	50-150	30-150	0,8-1,4	30-100
Alho	30-70	5-10	50-100	30-100	-	30-100
Almeirão	25-75	7-60	50-300	50-300	0,8-1,3	25-100
Aspargo	50-120	7-20	50-300	50-250	-	20-100
Berinjela	25-75	7-20	50-300	40-250	-	20-250
Beterraba	40-80	5-15	70-200	70-200	-	20-100
Brócolis	30 -80	5-15	70-300	30-200	0,5-0,8	35-200
Cebola	30-60	10-30	60-300	50-200	-	30-100
Cenoura	30-80	5-15	50-300	60-200	0,5-1,5	25-100
Chicória (escarola)	30-100	8-20	50-300	30-250	-	30-100
Coentro	40-70	8-15	-	-	-	40-80
Chuchu	25-50	10-20	80-200	60-200	-	40-80
Couve de folha	30-100	5-20	60-300	40-250	0,3-0,8	30-150
Couve-flor	25-60	4-15	40-200	30-250	0,5-0,8	30-150
Ervilha torta	25-60	7-25	50-300	30-300	0,6-1,0	25-100
Espinafre	30-100	5-15	100-300	50-250	0,4-0,8	30-100
Feijão-vagem	20-60	10-30	50-300	50-300	0,4-08	30-100
Jiló	50-80	11-25	50-300	70-250	0,5-1,0	20-200

Continua

**Tabela 5.** Conclusão

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
mg kg <sup>-1</sup>						
Melancia	30-80	10-15	50-300	50-250	-	20-60
Melão	30-80	10-15	50-300	50-250	-	20-100
Morango	40-100	6-15	50-300	40-300	0,5-1,0	20-50
Nabo	40-100	6-25	40-300	40-250	-	20-250
Pepino	30-70	8-20	80-300	80-300	0,4-0,8	30-100
Pimenta	30-100	8-20	50-300	40-200	-	30-100
Pimentão	40-100	8-20	60-300	50-250	-	30-100
Quiabo	30-80	10-20	60-120	40-100	0,5-0,8	40-80
Rabanete	25-125	5-25	50-200	50-250	-	20-250
Repolho	30-80	8-20	40-200	35-200	0,5-0,8	30-200
Rúcula	25-60	5-20	100-300	50-160	-	45-80
Salsa	30-100	5-15	50-300	25-250	-	25-100
Tomate de mesa	35-100	8-15	100-300	50-250	0,4-0,8	35-100
Tomate para indústria	35-100	8-15	70-350	50-250	0,4-0,8	35-100

## 2. ABOBRINHA ITALIANA, ABOBRINHA BRASILEIRA, ABÓBORA SECA, MORANGA E ABÓBORA HÍBRIDA JAPONESA

Paulo Espíndola Trani (<sup>1</sup>)  
Francisco Antonio Passos (<sup>1</sup>)  
Humberto Sampaio de Araújo (<sup>2</sup>)

As abóboras e morangas, originárias das Américas, pertencem à família das cucurbitáceas. A abobrinha italiana (*Cucurbita pepo*) de moita, a abobrinha brasileira (*Cucurbita moschata*) de hábito rasteiro, a abóbora seca (*Cucurbita moschata*), a moranga (*Cucurbita maxima*) e a abóbora

(<sup>1</sup>) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(<sup>2</sup>) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Andradina (SP).

japonesa ou cabotiã (híbridas do grupo tetsukabuto), (estas três últimas também de hábito rasteiro), ocupam uma área estimada de 7.000 hectares por ano, representando aproximadamente 5% da área total com cultivo de hortaliças no estado de São Paulo. A abobrinha italiana (de moita) também é produzida sob cultivo protegido. Os cálculos de calagem e adubação destas cucurbitáceas levam em conta a fertilidade do solo, a espécie, a extração de nutrientes, o adensamento populacional e a época de plantio. O sistema de irrigação adotado, o período de colheita e a produtividade esperada também interferem na decisão sobre a utilização das menores ou maiores quantidades de nutrientes e o número de aplicações de fertilizantes em cobertura.

**Espaçamento:** Abobrinha italiana no campo: 1,0 m a 1,5 m x 0,6 m a 0,8 m (8.333 a 16.666 plantas por hectare); abobrinha italiana sob cultivo protegido: 1,0 m a 1,5 m x 0,4 m a 0,6 m (11.111 a 25.000 plantas por hectare); abobrinha brasileira: 2,5 m a 3,0 m x 2,0 m a 2,5 m (1.333 a 2.000 plantas por hectare); abóbora seca e moranga: 4,0 m x 4,0 m a 3,0 m x 3,0 m (625 a 1.111 plantas por hectare); abóbora japonesa: 3,0 m x 2,0 m a 3,0 m x 3,0 m (1.111 a 1.666 plantas por hectare).

**Ciclo:** Abobrinha italiana: início das colheitas dos 40 a 55 dias, conforme o sistema de manejo, até 75 a 90 dias; abobrinha brasileira: 70 a 90 dias; abóbora seca: 130 a 150 dias; moranga: 90 a 120 dias; abóbora japonesa: 85 a 120 dias.

**Produtividade:** Abobrinha italiana: campo: 20 a 30 t ha<sup>-1</sup>; cultivo protegido: 30 a 40 t ha<sup>-1</sup>; abobrinha brasileira: 20 a 45 t ha<sup>-1</sup>; abóbora seca: 25 a 35 t ha<sup>-1</sup>; moranga: 20 a 35 t ha<sup>-1</sup>; abóbora japonesa: 15 a 50 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. As cucurbitáceas são exigentes em cálcio. Em cultivos com espaçamentos maiores que 2,0 m entrelinhas e em solos com baixos níveis de cálcio, recomenda-se, além da distribuição do corretivo de acidez em área total, acrescentar de 300 a 400 kg ha<sup>-1</sup> do calcário como fonte de cálcio, direcionado nos sulcos de plantio.

**Adubação orgânica:** Aplicar aos 30 a 40 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas, misturando-se bem com a terra dos sulcos, 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino bem curtido ou composto orgânico, ou

1/4 destas doses em esterco de galinha, suínos, caprinos, ovinos, ou 1/10 em torta de mamona pré-fermentada. Utilizar as maiores quantidades de fertilizante orgânico para os menores espaçamentos (cultivos mais adensados com maior número de plantas por área).

## 2.1. ABOBRINHA ITALIANA

**Adubação mineral de plantio:** Aos 10 a 15 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas, aplicar os fertilizantes misturando-os com a terra dos sulcos, até 15 cm de profundidade, em quantidades conforme a análise de solo e a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio<sup>(1)</sup> para abobrinha italiana (de moita) no campo e sob cultivo protegido, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<25	25-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	—————
30-40	240	160	80	60	120	80	40	20
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-1,0	>1,0	<0,6	0,6-1,2	>1,2
—————	B, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Cu, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Zn, kg ha <sup>-1</sup>	—————
1,0	0,5	0	3	1	0	3	1	0

<sup>(1)</sup> Aplicar com o NPK de plantio, 10 a 20 kg ha<sup>-1</sup> de S, e 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn em solos com teores <1,2 mg dm<sup>-3</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de doses de nutrientes de cobertura no campo<sup>(1)</sup> (a céu aberto) para abobrinha italiana (de moita)

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
60-100	20-30	60-90

<sup>(1)</sup> As quantidades de nutrientes para adubação de cobertura da abobrinha italiana sob cultivo protegido, devem ser 20% a 30% mais elevadas em relação à abobrinha cultivada no campo.

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em cultivos adensados, em lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções. A adubação de cobertura no campo deve ser parcelada em duas a três aplicações, a primeira aos 15 a 25 dias após a semeadura ou transplante das mudas, e as demais a cada 15 a 20 dias. Quando for utilizada a fertirrigação, principalmente para abobrinha sob cultivo protegido, parcelar os fertilizantes diariamente ou no mínimo, três vezes por semana. Em cultivo protegido, o maior controle das condições climáticas e o manejo fitossanitário diferenciado possibilitam o aumento do período de colheita, resultando em maiores produtividades e, portanto, na maior extração de nutrientes.

## 2.2. ABOBRINHA BRASILEIRA, ABÓBORA SECA, MORANGA E ABÓBORA JAPONESA

**Adubação mineral de plantio:** Aos 10 a 15 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas, aplicar os fertilizantes misturando-os com a terra dos sulcos, até 15 cm de profundidade em quantidades conforme a análise de solo e a tabela 3.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação de plantio<sup>(1)</sup> para abobrinha brasileira, abóbora seca<sup>(2)</sup>, moranga<sup>(2)</sup> e abóbora japonesa<sup>(3)</sup> (todas de hábito rasteiro), em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<25	25-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—	—	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—	—	—
20-30	180	120	40	30	80	40	20	10
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-1,0	>1,0	<0,6	0,6-1,2	>1,2
—	B, kg ha <sup>-1</sup>	—	—	Cu, kg ha <sup>-1</sup>	—	—	Zn, kg ha <sup>-1</sup>	—
1,0	0,5	0	3	1	0	3	1	0

<sup>(1)</sup> Aplicar com o NPK de plantio, 10 a 20 kg ha<sup>-1</sup> de S, e 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn em solos com baixos teores de Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>).

<sup>(2)</sup> Para abóbora seca e moranga reduzir as doses acima em 40%.

<sup>(3)</sup> Para a abóbora japonesa (grupo tetsukabuto) aumentar as doses acima em 40%.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4.** Recomendações de doses de nutrientes de cobertura no campo (a céu aberto) para abobrinha brasileira, abóbora seca, moranga e abóbora japonesa

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
40-80	10-20	40-80

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, em locais de solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em cultivos adensados, em lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções. A adubação

de cobertura no campo deve ser parcelada em duas aplicações no caso da abóbora brasileira e três aplicações no caso da abóbora seca, moranga e da abóbora japonesa. As coberturas devem ser iniciadas aos 15 a 20 dias após a germinação ou transplante das mudas, sendo as demais realizadas a cada 20 a 30 dias. Quando for utilizada a fertirrigação, parcelar os fertilizantes diariamente ou no mínimo, três vezes por semana.

**Adubação foliar para abobrinha italiana, abobrinha brasileira, abóbora seca, moranga e abóbora japonesa:** Duas semanas após a germinação ou o transplante das mudas, pulverizar com cloreto de cálcio a 0,3% visando prevenir o aparecimento de podridão estilar (fundo preto). Repetir esta pulverização aos 15 e 30 dias após a primeira.

**Monitoramento nutricional - diagnose foliar:** Os teores de nutrientes nas folhas adequados para as abóboras e morangas, devem ser interpretados com cautela devido a existência de inúmeras espécies e cultivares com ampla diversidade genética quanto à exigência nutricional.

### 3. AIPO (SALSÃO)

Paulo Espíndola Trani (¹)  
Joaquim Adelino de Azevedo Filho (²)  
Mônica Sartori de Camargo (³)

O aipo ou salsão (*Apium graveolens* var. *Dulce*) é uma hortaliça cultivada em regiões de clima ameno, com elevadas produções na faixa de temperaturas entre 18 e 22 °C. É exigente em cálcio, magnésio, potássio e boro. Apresenta bom desenvolvimento em solos de textura média, ricos em matéria orgânica e baixa acidez.

**Espaçamento:** Aipo de mesa: 0,9 m x 0,3 m; aipo de indústria: 0,5 m x 0,2 m.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Monte Alegre do Sul (SP).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Piracicaba (SP).

**Ciclo:** 100 a 160 dias após o transplante das mudas.

**Produtividade:** 30.000 plantas ha<sup>-1</sup> (12 a 18 t ha<sup>-1</sup>) para mesa e 90.000 plantas ha<sup>-1</sup> (30 a 45 t ha<sup>-1</sup>) para indústria.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do transplante das mudas, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação orgânica:** Aplicar 30 dias antes do transplante, incorporando-a ao solo, 20 a 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de frango ou ainda 1 a 2 t ha<sup>-1</sup> de torta de mamona fermentada, sendo as maiores doses para solos arenosos. Na escolha do fertilizante orgânico a ser utilizado, deve ser considerado o teor de N e o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar nos sulcos de plantio, cerca de 10 dias antes do transplante das mudas, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para aipo, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>				K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>			
20-30	360	240	180	80	180	120	60	30
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>	Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>				
3	1,5	0,5	2	1	0	3	1	0

Aplicar com o NPK, 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de S, e em solos deficientes de Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>) aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura no campo (a céu aberto)

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
90-120	0-30	30-60

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, em solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em cultivos adensados, lavouras com maior número de colheitas e com alta expectativa de produção. A adubação de cobertura deve ser parcelada em três aplicações, aos 20, 40 e 60 dias após o transplante, conforme o desenvolvimento da cultura no campo. Parcelar em maior número de vezes quando usar fertirrigação.

**Adubação foliar:** Visando prevenir sintomas de deficiência de boro (rachaduras de coloração castanha nos pecíolos), recomenda-se pulverizar as plantas, a partir dos 30 dias após o pegamento das mudas, com solução de ácido bórico a 2 g L<sup>-1</sup>, repetindo esta aplicação a cada 30 dias.

#### 4. ALCACHOFRA

Sebastião Wilson Tivelli (<sup>1</sup>)  
Paulo Espíndola Trani (<sup>2</sup>)  
Issao Ishimura (<sup>1</sup>)

A alcachofra (*Cynara scolymus*) é uma hortaliça exigente em nutrientes produzindo bem em solos férteis, profundos e bem drenados. A correta calagem e adubação baseadas na análise de solo, análise foliar e histórico do local de cultivo, são fundamentais para garantir altas produtividades e qualidade dos botões.

(<sup>1</sup>) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de São Roque (SP).

(<sup>2</sup>) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Espaçamento:** a) cultivo convencional: 1,5 m a 2,0 m x 0,9 m a 1,5 m (3.333 a 7.407 plantas por hectare); b) cultivo adensado: 1,5 m a 2,0 m x 0,5 m a 0,7 m (7.143 a 13.333 plantas por hectare).

**Ciclo:** Anual, com colheitas concentradas de setembro a novembro (180 a 210 dias).

**Produtividade:** 7 a 15 t ha<sup>-1</sup>; ou no cultivo adensado 14 a 26 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário deve ser uniforme até 30 cm de profundidade. Isso possibilita uma boa distribuição das raízes da alcachofra no perfil do solo.

**Adubação orgânica:** Aplicar e incorporar ao solo, 30 a 40 dias antes do plantio, 15 a 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou 20% a 25% dessas quantidades de húmus de minhoca, esterco de frango, galinha, suínos, ovinos ou caprinos. Os estercos animais devem ser compostados antes da incorporação ao solo para que estejam isentos de patógenos e sementes de plantas daninhas. No cálculo da quantidade de fertilizante orgânico a ser utilizado, considerar a concentração em nitrogênio bem como o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar nos sulcos de plantio, cerca de 10 dias antes do transplante das mudas, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para alcachofra, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>				K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>			
30-40	360	180	120	60	120	80	60	30
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>	Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>				
2	1	0,5	2	1	0	4	2	0

Aplicar junto ao NPK de plantio, 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>) aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura no campo (a céu aberto)

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
60-90	20-30	40-60

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores devem ser empregadas em cultivos adensados e com alta expectativa de produção. Parcelar as aplicações em três vezes, aos 30, 45 e 60 dias após o plantio. No caso do uso da fertirrigação parcelar em maior número de vezes.

## 5. ALFACE, ALMEIRÃO, AGRIÃO D'ÁGUA, CHICÓRIA, COENTRO, ESPINAFRE E RÚCULA

Paulo Espíndola Trani (¹)

Luís Felipe Villani Purquerio (¹)

Gilberto Job Borges de Figueiredo (²)

Sebastião Wilson Tivelli (³)

Sally Ferreira Blat (¹)

As hortaliças folhosas alface (*Lactuca sativa*), almeirão (*Cichorium intybus*), agrião d'água (*Nasturtium officinale*), chicória ou escarola

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Caraguatatuba (SP).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de São Roque (SP).

(*Cichorium endivia*), coentro (*Coriandrum sativum*), espinafre da Nova Zelândia (*Tetragonia expansa*) e rúcula (*Eruca sativa*) ocupam uma área estimada de 14.000 hectares, representando aproximadamente 10% da área total com cultivo de hortaliças no estado de São Paulo. Este grupo de hortaliças tem em comum o sistema de plantio adensado em canteiros. Assim, além da possibilidade de aplicação dos fertilizantes nos sulcos de plantio, é possível a distribuição em incorporação na área total dos canteiros, proporcionando bom desenvolvimento das raízes das plantas e alta qualidade das hortaliças colhidas. A aspersão e o gotejamento são os principais sistemas de irrigação para as hortaliças folhosas, tanto no campo como em ambiente protegido, o que deve ser considerado quando da definição da melhor maneira de aplicar os fertilizantes em cobertura, além da frequência de aplicação.

**Espaçamento:** Alface: 0,20 m a 0,35 m x 0,20 m a 0,35 m; almeirão: 0,15 m a 0,25 m x 0,10 m a 0,15 m; agrião d'água: 0,20 m a 0,30 m x 0,20 m a 0,30 m; chicória ou escarola: 0,30 m a 0,40 m x 0,30 m a 0,40 m; coentro: 0,20 m a 0,25 m x 0,05 m a 0,10 m; espinafre da Nova Zelândia: 0,30 m a 0,40 m x 0,20 m a 0,30 m; rúcula: 0,20 m a 0,25 m x 0,05 m a 0,10 m, entrelinhas e entre plantas, respectivamente.

**Ciclo:** Dias após o transplante das mudas (DAT): Alface: a) no campo: verão: 35 a 40 dias; inverno: 45 a 55 dias; b) sob cultivo protegido: verão: 25 a 35 dias; inverno: 35 a 42 dias. Almeirão: verão: 45 a 55 dias; inverno: 60 a 70 dias. Agrião d'água: verão: 35 a 50 dias; inverno: 45 a 55 dias. Chicória ou escarola: verão: 35 a 45 dias; inverno: 55 a 75 dias. Coentro: verão: 40 a 50 dias; inverno: 55 a 70 dias. Espinafre da Nova Zelândia: verão: 60 dias; inverno: 80 dias. Rúcula: a) no campo: verão: 25 a 35 dias; inverno: 35 a 45 dias; b) sob cultivo protegido: verão: 20 a 25 dias; inverno: 25 a 35 dias; c) rúcula de semeadura direta: verão: 35 a 50 dias; inverno: 50 a 60 dias.

**Produtividade:** Alface: a) no campo: verão: 15 a 30 t ha<sup>-1</sup>; inverno: 35 a 70 t ha<sup>-1</sup>; b) sob cultivo protegido: 80 a 100 t ha<sup>-1</sup> (8 a 10 produções por ano, em média, no estado de São Paulo). Almeirão: verão: 30 a 40 t ha<sup>-1</sup>; inverno: 50 a 60 t ha<sup>-1</sup>. Agrião d'água: 20 a 35 t ha<sup>-1</sup>. Chicória (Escarola): verão: 20 a 30 t ha<sup>-1</sup>; inverno: 28 a 42 t ha<sup>-1</sup>. Coentro: 10 a 18 t ha<sup>-1</sup>. Espinafre da Nova Zelândia: verão: 15 a 20 t ha<sup>-1</sup>; inverno: 18 a 32 t ha<sup>-1</sup>. Rúcula: verão e inverno: 15 a 30 t ha<sup>-1</sup>; sob cultivo protegido: 40 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Aplicar calcário, de preferência dolomítico, cerca de dois meses antes do transplante das mudas, em área total do canteiro, incorporando-o até 20 cm de profundidade. Recomenda-se elevar a saturação por bases do solo a 80% e o teor de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

**Adubação orgânica:** Aplicar e incorporar ao solo, 30 a 40 dias antes do plantio, 30 a 50 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou ainda 20% a 25% dessas quantidades de húmus de minhoca, esterco de frango, galinha, suínos, ovinos, caprinos ou equinos. No cálculo da quantidade de fertilizante orgânico a ser utilizado, considerar a concentração em nitrogênio bem como o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar, de 7 a 10 dias antes do plantio, em área total dos canteiros ou nos sulcos de plantio, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes da tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para alface, almeirão, agrião d'água, chicória (escarola), coentro, espinafre da Nova Zelândia e rúcula, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	$P_2O_5$ , kg ha <sup>-1</sup>				$K_2O$ , kg ha <sup>-1</sup>			
30-40	320	240	120	60	120	80	60	30
B, mg dm <sup>-3</sup>				Cu, mg dm <sup>-3</sup>				Zn, mg dm <sup>-3</sup>
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>	Cu, kg ha <sup>-1</sup>				Zn, kg ha <sup>-1</sup>			
1,5	1	0,5	3	1,5	0,5	3	1,5	0,5

Aplicar junto ao NPK em pré-plantio, 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2, para alface; na tabela 3, para almeirão, agrião d'água, chicória (escarola), coentro, espinafre e na tabela 4, para rúcula.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para alface<sup>(1)</sup>, no campo e sob cultivo protegido

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
60-90	0-30	30-60

<sup>(1)</sup> Em cultivares de alface do grupo americana aumentar em 30% a 40% dose de potássio em cobertura em relação às cultivares de alface dos grupos lisa e crespa.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação de cobertura para almeirão, agrião d'água, chicória (escarola), coentro e espinafre, no campo e sob cultivo protegido

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
40-80	0-20	0-40

**Tabela 4.** Recomendações de adubação de cobertura para rúcula, no campo e sob cultivo protegido

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
90-150	0-30	30-60

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em cultivos adensados e com expectativa alta de altas produção.

Parcelar as coberturas em 2 a 4 aplicações durante o ciclo, a menor frequência nos cultivos de primavera-verão, períodos em que as temperaturas do ar mais elevadas encurtam o ciclo destas hortaliças folhosas. As quantidades de nutrientes aplicadas na fase inicial de crescimento devem ser proporcionalmente menores em relação às quantidades fornecidas a partir da metade do ciclo das hortaliças. Distribuir os fertilizantes ao lado das plantas, de maneira que não entrem em contato direto com as mesmas, irrigando em seguida. No caso do uso da fertirrigação, esta deve ser realizada diariamente ou no máximo a cada dois dias.

**Adubação Foliar:** Cerca de 10 dias após o pegamento das mudas, pulverizar as plantas com solução de ácido bórico  $0,5\text{ L}^{-1}$ , sulfato de zinco  $1\text{ g L}^{-1}$ , cloreto de cálcio  $2\text{ g L}^{-1}$  e sulfato de magnésio heptaidratado  $2\text{ g L}^{-1}$ . Aplicar o cloreto de cálcio separadamente dos demais produtos. Repetir as pulverizações a cada 7 dias no verão ou a cada 10 dias no inverno. Utilizar espalhante adesivo. Verificar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos.

## 6. ALHO

Paulo Espíndola Trani (¹)  
Juliana Rolim Salomé Teramoto (¹)  
Walter José Siqueira (¹)  
Paulo César Reco (¹)  
Eliane Gomes Fabri (¹)

O alho (*Allium sativum*) é uma planta de propagação vegetativa que possui propriedades condimentares e medicinais, além de seu valor nutricional como hortaliça. O fotoperíodo e as temperaturas amenas (entre  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) definem o período do ano para seu cultivo. Desenvolve-se melhor em solos de textura média a arenosa, sendo indicado o plantio dos bulbilhos (dentes) em canteiros altos (30 cm de altura) para o bom desenvolvimento das raízes. É cultura exigente em boro e outros micronutrientes que favorecem a qualidade e a conservação dos bulbos produzidos.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Espaçamento:** 0,17 m x 0,08 m; 0,2 m x 0,1 m; 0,25 m x 0,08 m; 0,3 m x 0,1 m; 0,3 m x 0,08 m, dependendo da característica da cultivar, das dimensões dos canteiros e da fertilidade do solo.

**Ciclo:** 120 a 180 dias, conforme a cultivar e a época de plantio.

**Produtividade:** 8 a 15 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário deve ser uniforme até 30 cm de profundidade. Isso possibilita uma boa distribuição das raízes do alho no perfil do solo.

**Adubação orgânica:** Aos 30 a 40 dias antes do plantio, incorporar ao solo 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino ou composto orgânico, ou 5 t ha<sup>-1</sup> de cama de frango de corte ou esterco de galinha, todos bem compostados.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar nos canteiros, cerca de 10 dias antes do plantio dos bulbilhos, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio<sup>(1)</sup> para alho, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	$P_2O_5$ , kg ha <sup>-1</sup>				$K_2O$ , kg ha <sup>-1</sup>			
20-30	360	240	120	60	120	80	40	20
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>			Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>		
3	1,5	1	2	1	0,5	4	2	1

<sup>(1)</sup> Aplicar junto ao NPK, 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura no campo (a céu aberto)

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
60-90	20-30	40-60

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em cultivos adensados e com alta expectativa de altas produção. A adubação de cobertura no campo deve ser parcelada em 3 vezes, aos 20, 40 e 60 dias após a brotação. Verificar o vigor das plantas no campo e tomar cuidado com o excesso de nitrogênio e umidade no solo, fatores que poderão causar o pseudoperfilhamento (superbrotamento) dos bulbos, em cultivares sensíveis à esta anomalia fisiológica.

**Adubação foliar:** Pulverizar as plantas com solução de ácido bórico a 1 g L<sup>-1</sup>, sulfato de zinco 2 g L<sup>-1</sup>, cloreto de cálcio 4 g L<sup>-1</sup> e sulfato de magnésio heptaidratado 4 g L<sup>-1</sup> logo após as adubações de cobertura. O cloreto de cálcio deve ser aplicado separadamente dos demais produtos. Após a formação dos bulbos (cabeças) e diferenciação dos bulbilhos (dentes) de alho, realizar duas pulverizações com solução de fosfito de potássio a 2 g L<sup>-1</sup>, espaçadas de duas semanas. Usar espalhante adesivo e observar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos.

## 7. ALHO-PORÓ E CEBOLINHA

Paulo Espíndola Trani (¹)  
Joaquim Adelino de Azevedo Filho (²)  
Mônica Sartori de Camargo (³)

O alho-poró (*Allium porrum*) e a cebolinha (*Allium fistulosum* e *Allium schoenoprasum*) são hortaliças indicadas para regiões de clima ameno, onde o plantio pode ser realizado durante todo o ano. Em regiões quentes, recomenda-se o cultivo em períodos de temperaturas entre 15 °C e 23 °C para o alho-poró e entre 10 °C e 22 °C para a cebolinha. Estas hortaliças desenvolvem-se bem em solos de textura média a argilosa, ricos em matéria orgânica e bem drenados.

**Espaçamento:** Alho-poró: 0,3 m a 0,4 m x 0,15 m a 0,2 m (para mesa) ou 0,4 m x 0,1 m (para indústria). Cebolinha: 0,2 m a 0,3 m x 0,05 m a 0,15 m.

**Ciclos:** Alho-poró: 120 a 150 dias após semeadura, podendo ser colhido com raízes ou apenas o pseudocaule ("talo") que é mais consumido em relação às folhas. Cebolinha: colheitas entre 80 e 90 dias após a semeadura, podendo ser arrancada a planta inteira ou cortada a parte aérea (10 cm a 15 cm do solo). É possível realizar três ou mais cortes (a cada 50 dias, em média).

**Produtividade:** Alho-poró: 18 a 23 t ha<sup>-1</sup> (talos + folhas). Cebolinha: 20 a 30 t ha<sup>-1</sup> (20.000 a 30.000 maços por hectare).

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio aplicar calcário, de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário deve ser uniforme até 30 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Aos 30 a 40 dias antes do plantio, esparramar nos canteiros e incorporar até 30 cm de profundidade, 15 a 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 20% a 25% dessas quantidades como cama de frango de corte, galinha poedeira, suínos,

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Monte Alegre do Sul (SP).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Piracicaba (SP).

ovinos, caprinos, ou ainda, 1/10 dessas quantidades de torta de mamona pré-fermentada. As quantidades maiores são para solos arenosos. Na escolha do fertilizante orgânico considerar o teor de N para o cálculo da quantidade e do custo.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar, de 7 a 10 dias antes do plantio das mudas, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para alho-poró, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	$P_2O_5$ , kg ha <sup>-1</sup>				$K_2O$ , kg ha <sup>-1</sup>			
30-40	360	240	120	60	160	120	60	30
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>	Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>				
1,5	1	0,5	2	1	0	3	1	0

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura no campo (a céu aberto)

Nutriente		
N	$P_2O_5$	$K_2O$
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
90-120	0-30	30-60

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas em cultivos adensados, em lavouras com maior número de colheitas e com alta expectativa

de produção. O parcelamento dos nutrientes em cobertura deve ser realizado da seguinte maneira:

a) Alho-poró: parcelar em três vezes (15, 30 e 45 dias após transplante).

b) Cebolinha: parcelar em 4 a 6 aplicações a cada 7 a 10 dias após o transplante. Após cada corte da planta, para possibilitar novas colheitas, repetir a adubação de cobertura, dividindo em 3 vezes, na época do corte e após 15 e 30 dias.

**Adubação foliar:** Pulverizar as plantas com solução de ácido bórico a  $1 \text{ g L}^{-1}$ , sulfato de zinco a  $2 \text{ g L}^{-1}$ , cloreto de cálcio a  $2 \text{ g L}^{-1}$  e sulfato de magnésio heptaidratado a  $2 \text{ g L}^{-1}$  aos 15 dias após a germinação ou o pegamento das mudas, repetindo a cada 20 dias. O cloreto de cálcio deve ser aplicado separadamente dos demais produtos. Verificar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos agrícolas ou aplicá-los separadamente.

## 8. ASPARGO

Mônica Sartori de Camargo (<sup>1</sup>)

Paulo Espíndola Trani (<sup>2</sup>)

Francisco Antonio Passos (<sup>2</sup>)

O aspargo (*Asparagus officinalis*) é uma hortaliça indicada para regiões de clima ameno, ou para plantio em períodos com temperaturas do ar entre 15 °C e 20 °C. A parte utilizada na alimentação é um caule aéreo denominado turião, que se desenvolve a partir de uma gema, no rizoma. Apresenta melhor desenvolvimento em solos arenosos ou de textura média, bem drenados, que possibilitam o plantio em camalhões ou leiras de 40 cm de largura por 30 cm de altura.

**Espaçamento:** 1,2 m a 2,0 m x 0,3 m a 0,6 m. Para a produção de turiões brancos (preferidos no Brasil) há a necessidade da construção de leiras espaçadas de 2 m. Para a produção de turiões verdes o espaçamento entrelinhas, pode ser reduzido pois não há necessidade de construir leiras.

**Ciclo:** A propagação do aspargo é feita por sementes e a muda está pronta para o plantio com 1 ou 2 anos de idade. O plantio é realizado de

(<sup>1</sup>) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Piracicaba (SP).

(<sup>2</sup>) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

julho a setembro e as colheitas iniciam no período de agosto a novembro do segundo ou terceiro ano após o plantio, cortando-se os turiões com 15 cm a 20 cm a 5 cm da base.

**Produtividade:** Turiões brancos: 4 a 7 t ha<sup>-1</sup> (300 a 500 g por planta, por ano). No primeiro ano, a colheita tem duração de 20 a 30 dias, sendo que nos demais anos este período pode ser ampliado. Uma plantação de aspargo que recebe as boas práticas agronômicas permanece produzindo por até 10 anos.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do transplante das mudas, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário deve ser uniforme, até 30 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Aos 30 a 40 dias antes do plantio, recomenda-se incorporar ao solo 30 a 50 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino bem curtido ou composto orgânico, que podem ser substituídos por 1/4 dessas doses, de esterco de frango bem curtido. Na escolha do fertilizante orgânico, é necessário considerar o teor de N para cálculo da quantidade e do custo.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar no solo, de 10 a 20 dias antes do transplante das mudas, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio<sup>(1)</sup> para o aspargo, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>				K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>			
30-40	600	420	240	100	200	140	80	40
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>			Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>		
3	2	1	2	1	0	4	2	0

<sup>(1)</sup> Aplicar junto ao NPK de plantio, 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura no campo (a céu aberto)

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
90-150	0-60	60-120

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em cultivos adensados, em lavouras com maior número de colheitas e com alta expectativa de produção. A adubação de cobertura no campo deve ser parcelada aos 10, 30 e 45 dias após o transplante. Anualmente após cada colheita, aplicar em cobertura 50% das doses da adubação de plantio, no início da primavera, incorporando os fertilizantes junto à leira, próximo ao rizoma, cobrindo com terra.

## 9. BERINJELA E JILÓ

Paulo Espíndola Trani (¹)

Décio Leite (²)

Henrique Bellinaso (³)

O cultivo da berinjela (*Solanum melongena*), planta originária da Índia, e do jiló (*Solanum gilo*), planta provavelmente originária da África, hortaliças da família das Solanáceas, vem aumentando no Brasil devido às recentes descobertas relacionadas aos efeitos medicinais, bem como às novas maneiras de utilização na culinária. Ambas têm o plantio

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Rafard (SP).

(³) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Piracicaba (SP).

predominantemente no campo no estado de São Paulo. Para a berinjela, o sistema de cultivo protegido que prolonga o ciclo de produção, permite aumentar número de plantas por área e o uso de fertirrigação por gotejamento, devem ser considerados no cálculo das quantidades de nutrientes a aplicar e o número de aplicações destes em cobertura.

**Ciclo:** Berinjela: a) campo (céu aberto): para cultivo de setembro/outubro a colheita inicia aos 60 dias após o transplante das mudas e dura 3 meses; cultivo de janeiro/fevereiro: a colheita começa aos 80 dias após o transplante das mudas e dura 5 meses; b) cultivo protegido (estufa agrícola): a colheita inicia aos 60 dias após o transplante das mudas durando de 3 a 6 meses. É importante proceder a abertura das estufas para que ocorra a entrada de insetos polinizadores. Jiló: a) campo (céu aberto): a colheita tem início aos 70 a 80 dias após o transplante das mudas e dura 3 a 4 meses.

**Espaçamento:** Berinjela: a) campo (céu aberto): 1,2 m a 1,8 m x 0,8 m a 1,0 m; b) cultivo protegido (estufa agrícola): 1,0 m a 1,2 m x 0,5 m a 0,7 m. Jiló: campo (céu aberto): 1,2 m x 0,8 m.

**Produtividade:** Berinjela: a) campo (céu aberto): 50 a 70 t ha<sup>-1</sup> de frutos; b) cultivo protegido (estufa agrícola): 50 a 100 t ha<sup>-1</sup> de frutos. Jiló: campo (céu aberto): 30 a 50 t ha<sup>-1</sup> de frutos.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário, de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário deve ser uniforme até 30 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Cerca de 30 dias antes do plantio, incorporar ao solo 15 a 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 20% a 25% dessas quantidades de esterco de frango, esterco de galinha, suínos, ovinos, caprinos ou equinos. Os estercos animais devem ser bem compostados antes da incorporação ao solo para que estejam livres de patógenos e sementes de plantas daninhas. No cálculo da quantidade de fertilizante orgânico a ser utilizado, considerar a concentração de nitrogênio bem como o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar entre 7 e 10 dias antes do plantio, em área total dos canteiros ou nos sulcos de plantio, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para berinjela no campo e sob cultivo protegido, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>				K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>			
30-50	480	320	180	80	160	120	80	40
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>			Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>		
2	1	0,5	2	1	0,5	4	2	1

Aplicar junto ao NPK de plantio, 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>) aplicar 1,5 a 2,5 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

Para o jiló, aplicar 70% das doses de nutrientes recomendados para a berinjela.

**Adubação mineral de cobertura:** As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, em locais de solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. As doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em cultivos adensados, em lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções. Em áreas que se utilizou adubação verde com leguminosas anterior ao plantio, deve-se usar as doses menores de N nas aplicações realizadas até o início das colheitas. O cálculo das quantidades de micronutrientes em cobertura deve considerar as aplicações destes no plantio e as análises foliares realizadas no período de desenvolvimento da cultura.

a) Berinjela e jiló (no campo, a céu aberto): As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura, são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para berinjela e jiló no campo

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
80-120	20-40	80-120

A adubação de cobertura no campo deve ser parcelada em 8 a 12 vezes, em média a cada 10 dias, conforme o desenvolvimento da cultura. Recomenda-se o maior número de parcelas para solos arenosos. Caso se utilize fertirrigação para aplicação dos fertilizantes, realizá-la diariamente ou a cada dois dias.

b) Berinjela sob cultivo protegido: As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura, são apresentadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação<sup>(1)</sup> de cobertura para berinjela sob cultivo protegido

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
100-160	40-60	120-180

<sup>(1)</sup> Acrescentar 80 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de S.

Sob plantio protegido, a adubação de cobertura é realizada com a fertirrigação diária ou a cada dois dias.

**Adubação foliar:** Pulverizar as plantas com solução de ácido bórico a 1,5 g L<sup>-1</sup>, sulfato de zinco a 3 g L<sup>-1</sup>, cloreto de cálcio a 2 g L<sup>-1</sup>, e sulfato de magnésio heptaidratado a 4 g L<sup>-1</sup>, iniciando-se as aplicações cerca de 20 dias após o pegamento das mudas, repetindo as pulverizações a cada duas semanas. Aplicar o cloreto de cálcio separadamente dos demais. Verificar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com outros agroquímicos.

## 10. BETERRABA

Paulo Espíndola Trani (¹)  
José Maria Breda Júnior (²)  
Thiago Leandro Factor (¹)  
Luís Felipe Villani Purquerio (¹)  
Sebastião de Lima Júnior (¹)  
Sebastião Wilson Tivelli (³)

A beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) da família Chenopodicea, é originária da região Mediterrânea. A propagação é feita por semeadura direta ou por transplante de mudas. A beterraba é altamente responsável à calagem e adubação. O período de maior absorção de nutrientes ocorre a partir dos 60 dias após a emergência.

**Espaçamento:** 0,2 m a 0,3 m entre linhas e 0,07 m a 0,15 m entre plantas.

**Ciclo:** 80 a 100 dias, conforme a cultivar e época do ano.

**Produtividade:** 30 a 50 t ha<sup>-1</sup> de raízes.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário, de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 90% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Incorporar o corretivo de acidez até 25 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Aos 30 a 40 dias antes do plantio, esparramar em área total do terreno e incorporar ao solo até 30 cm de profundidade, 20 a 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 1/4 a 1/5 dessas quantidades como camas de frango de corte, galinha poedeira, suínos, ovinos, caprinos, ou ainda, 1/10 dessas quantidades de torta de mamona pré-fermentada, a qual também pode ser aplicada e misturada junto ao solo em área total ou nos sulcos de plantio. No cálculo da quantidade do fertilizante orgânico deve ser considerada a concentração de nitrogênio e o aspecto econômico.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Agricultura Treinamentos Técnicos, São José do Rio Pardo (SP).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de São Roque (SP).

**Adubação mineral de plantio:** Entre 7 e 10 dias antes da semeadura direta ou do transplantio das mudas de beterraba, conforme a análise de solo, aplicar as quantidades de fertilizantes indicadas na tabela 1, de forma que estes estejam 2,5 cm abaixo e 2,5 cm ao lado das sementes ou mudas.

Quando sementes descorticadas (glomérulos) forem utilizados, não ultrapassar 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para evitar queima das plantas por excesso de sais. Neste caso, aplicar o restante do K junto à adubação de cobertura.

**Tabela 1.** Recomendações de macro e micronutrientes para brócolis, couve-flor e repolho, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	$P_2O_5$ , kg ha <sup>-1</sup>				$K_2O$ , kg ha <sup>-1</sup>			
30-40	360	240	180	80	120	80	60	40
B, mg dm <sup>-3</sup>				Cu, mg dm <sup>-3</sup>				Zn, mg dm <sup>-3</sup>
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>				Cu, kg ha <sup>-1</sup>				Zn, kg ha <sup>-1</sup>
4	2	1	2	1	0	4	2	0

Aplicar 30 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de S junto ao NPK de plantio.

Em solos com baixos teores de Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 2 a 3 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura no campo (a céu aberto)

Nutriente		
N	$P_2O_5$	$K_2O$
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
80-160	0-40	60-120

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados e com alta expectativa de produção. As quantidades de N, P e K da tabela 2 devem ser parceladas em quatro aplicações, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a germinação, nas porcentagens de 20%, 30%, 30% e 20% em relação ao total recomendado para a adubação de cobertura. Uma opção é aplicar os fertilizantes via fertirrigação quando esta for utilizada.

**Adubação foliar:** Realizar duas pulverizações durante o ciclo, aos 15 e 30 dias após a emergência, com solução a  $1,5 \text{ g L}^{-1}$  de ácido bórico e  $0,5 \text{ g L}^{-1}$  de molibdato de sódio ou de amônio. Após o início da fase de maior desenvolvimento das raízes da beterraba, por volta dos 50 dias após a emergência das plantas, pulverizar as plantas com solução contendo  $4 \text{ g L}^{-1}$  de sulfato de magnésio.

## 11. BRÓCOLIS, COUVE-FLOR E REPOLHO

Paulo Espíndola Trani <sup>(1)</sup>

Arthur Bernardes Cecílio Filho <sup>(2)</sup>

Mônica Sartori de Camargo <sup>(3)</sup>

Simone da Costa Mello <sup>(4)</sup>

Gilberto Job Borges de Figueiredo <sup>(5)</sup>

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*), a couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) e o repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) da família das brássicas, têm em comum a alta exigência em nitrogênio, boro e molibdênio, nutrientes que contribuem para a obtenção de elevadas produtividades e qualidade dos produtos colhidos. Existem

<sup>(1)</sup> Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

<sup>(2)</sup> Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal (SP).

<sup>(3)</sup> APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Piracicaba (SP).

<sup>(4)</sup> Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba (SP).

<sup>(5)</sup> Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Caraguatatuba (SP).

híbridos de inverno, de verão e de meia estação, cultivados sob diferentes espaçamentos e sistemas de irrigação (aspersão, gotejamento e mini-pivô), fatores estes que devem ser considerados no cálculo das quantidades de nutrientes utilizadas e na frequência de aplicação dos fertilizantes em cobertura.

**Espaçamento:** Brócolis ramoso: 1,0 m a 1,2 m x 0,5 m a 0,6 m. Brócolis de inflorescência única: 0,7 m a 1,0 m x 0,35 m a 0,5 m. Couve-flor: 0,8 m a 1,0 m x 0,5 m. Repolho: 0,8 m x 0,4 m a 0,5 m.

**Observação:** Cultivares mais vigorosas (de maior porte) requerem maior espaçamento entre plantas.

**Ciclo:** Brócolis ramoso: inverno: 100 a 120 dias; verão: 80 a 90 dias. Brócolis de inflorescência única: inverno: 100 a 120 dias; verão: 80 a 100 dias. Couve-flor: inverno: 110 a 130 dias; verão: 80 a 100 dias. Repolho: inverno: 100 a 130 dias; verão: 90 a 100 dias.

**Observação:** O ciclo está relacionado à precocidade da cultivar utilizada.

**Produtividade:** Brócolis ramoso: 12 a 16 t ha<sup>-1</sup> (10.000 a 13.000 maços). Brócolis de inflorescência única: 15 a 20 t ha<sup>-1</sup>. Couve-flor: 15 a 30 t ha<sup>-1</sup>. Repolho: 30 a 80 t ha<sup>-1</sup>.

**Observação:** As produtividades variam conforme a cultivar, época do ano e região de cultivo, além da densidade populacional e das doses de nitrogênio e boro.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário, de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Incorporar o corretivo de acidez desde a superfície do solo até 30 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Aos 30 a 40 dias antes do plantio, esparramar em área total do terreno e incorporar ao solo até 30 cm de profundidade, 30 a 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 1/4 a 1/5 dessas quantidades como camas de frango de corte, galinha poedeira, suínos, ovinos, caprinos, ou ainda, 1/10 dessas quantidades de torta de mamona pré-fermentada, a qual também pode ser aplicada e misturada junto ao solo em área total ou nos sulcos de plantio. No

cálculo da quantidade do fertilizante orgânico deve ser considerada a concentração em nitrogênio e o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar os fertilizantes em sulcos com cerca de 10 cm de largura e 15 cm de profundidade, ou na área total dos canteiros, misturando-os bem com o solo, aos 7 a 10 dias antes do transplante das mudas, conforme a análise de solo, as quantidades de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de macro e micronutrientes para brócolis, couve-flor e repolho, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	$P_2O_5$ , kg ha <sup>-1</sup>				$K_2O$ , kg ha <sup>-1</sup>			
40-60	520	360	240	80	180	120	80	30
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>	Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>				
6	4	2	2	1	0,5	4	2	0,5

Aplicar 30 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de S junto ao NPK de plantio.

Para a couve-flor, aplicar 2/3 da dose de boro indicado para as demais brássicas. Em solos com baixos teores de Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 2 a 3 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura no campo (a céu aberto)

Nutriente		
N	$P_2O_5$	$K_2O$
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
180-260	0-60	100-160

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados e com alta expectativa de produção. A adubação de cobertura no campo deve ser parcelada em 3 a 4 vezes, conforme o desenvolvimento da cultura, iniciando-se aos 15 dias após o transplante das mudas, repetindo a cada 10 a 15 dias após a primeira cobertura, de acordo com a precocidade da cultivar. Quando do uso de fertirrigação, recomenda-se utilizar fertilizantes altamente solúveis, de baixo índice salino, aplicando-os três vezes por semana ou diariamente.

**Adubação foliar:** Realizar três pulverizações durante o ciclo, com solução a  $1 \text{ g L}^{-1}$  de ácido bórico e  $1 \text{ g L}^{-1}$  de molibdato de sódio, aos 15, 35 e 55 dias após o transplante. O boro e o molibdênio são importantes no crescimento das plantas e na formação das inflorescências do brócolis e da couve-flor, bem como na formação da cabeça do repolho, contribuindo para evitar a ocorrência de anomalias como podridão parda, caule (talo) oco (*hollow stem*) e folhas em forma de chicote (*whiptail*), depreciando os produtos para comercialização. Utilizar espalhante adesivo e observar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos agrícolas.

## 12. CEBOLA

Paulo Espíndola Trani (¹)  
José Maria Breda Júnior (²)  
Sebastião de Lima Júnior (¹)

A cebola (*Allium cepa*) originária da Ásia central, pertence à família Alliaceae. A época de plantio e a cultivar de cebola determinam o ciclo mais precoce ou longo desta cultura e também interferem nos cálculos de adubação, assim como o sistema de propagação, por semeadura direta ou por mudas, resultando em maior ou menor número de plantas por área e por consequência, a maior ou menor extração de nutrientes.

**Espaçamento:** a) transplante de mudas: Adotar o espaçamento de 40 cm x 10 cm visando a produção de cebolas graúdas e espaçamento de

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Agricultura Treinamentos Técnicos, São José do Rio Pardo (SP).

40 cm x 5 cm para a produção de cebolas menores; b) semeadura direta em linhas: utilizar 40 cm entrelinhas simples com 30 a 40 sementes por metro linear e nas linhas duplas utilizar 22 cm entrelinhas duplas com 15 a 18 sementes por linha.

**Ciclo:** 120 a 150 dias de acordo com o sistema de propagação (semeadura direta ou transplante de mudas) e a época de plantio.

**Produtividade:** 30 a 60 t ha<sup>-1</sup> de bulbos.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Incorporar o corretivo de acidez do solo até 30 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Aplicar 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 5 t ha<sup>-1</sup> de cama de frango curtido, ou 1 t ha<sup>-1</sup> de torta de mamona pré-fermentada, de 15 a 30 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas. A cultura da cebola responde bem à rotação com adubos verdes. Neste caso, antes do cultivo da cebola, os seguintes consórcios de espécies de primavera/verão e quantidades de sementes são recomendados: a) milheto + *Crotalaria juncea* (40 + 12 kg ha<sup>-1</sup>); b) milheto + guandu + *Crotalaria juncea* (40 + 20 + 10 kg ha<sup>-1</sup>); c) *Crotalaria spectabilis* (8 kg ha<sup>-1</sup>) + *Crotalaria ocroleuca* (8 kg ha<sup>-1</sup>) + milheto (30 kg ha<sup>-1</sup>).

**Adubação mineral de plantio:** Cerca de 10 dias antes do plantio, aplicar os fertilizantes nos sulcos, procurando localizá-los 2,5 cm abaixo e 2,5 cm ao lado das sementes ou mudas, conforme a análise de solo e a tabela 1:

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para cebola, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	—————
30-40	320	240	120	60	140	100	60	40
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Cu, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Zn, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————
2	1	0,5	4	2	0,5	4	2	0,5

Aplicar junto ao NPK em pré-plantio, 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de S e em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

Na semeadura direta com a aplicação concomitante de fertilizantes e doses de K<sub>2</sub>O acima de 60 kg ha<sup>-1</sup>, a fórmula que contém o K<sub>2</sub>O deverá ser distribuída em área total do canteiro, pois a concentração de fertilizantes nos sulcos de semeadura direta poderá causar a morte dos embriões de cebola devido ao efeito salino do KCl.

**Adubação mineral de cobertura:** Recomenda-se as doses menores de nutrientes para áreas que receberam adubação orgânica ou adubação verde, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em cultivos adensados e em lavouras com alta expectativa de produção.

As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura nos dois principais sistemas de produção de cebola, ou seja, transplante de mudas e semeadura direta, são apresentadas nas tabelas 2 e 3.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para cebola, no sistema de transplante de mudas

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
80-120	0-40	60-120

Estas doses devem ser parceladas em duas aplicações, de 20 a 30 dias e de 45 a 55 dias após o transplante. O sistema de transplante de mudas tem menor número de plantas por hectare e requer menor quantidade de nutrientes.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação de cobertura para cebola, no sistema de semeadura direta

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
120-160	0-60	80-160

Parcelar estas doses em 5 aplicações após 25 dias da emergência das plantas, em intervalos de 15 dias. Em plantios realizados no início do verão, a ocorrência de maior número de dias longos e calor intenso, combinado com altas doses de N, pode induzir a bulbificação precoce da cebola. Além disso, o excesso de N em cobertura pode prolongar o ciclo da cebola e causar maior porcentagem de bulbos bifurcados. Assim, em plantios precoces no verão recomenda-se reduzir as doses de N para os menores valores da tabela acima.

No caso da aplicação de nutrientes por fertirrigação, aumentar o número de parcelamentos das doses indicadas, conforme o estado nutricional da cultura, que poderá ser monitorado com a análise foliar.

**Adubação foliar:** Durante o desenvolvimento da cultura, após as adubações de cobertura no solo, pulverizar as plantas com solução de ácido bórico a 1,5 g L<sup>-1</sup>, molibdato de sódio a 0,5 g L<sup>-1</sup>, sulfato de zinco a 2 g L<sup>-1</sup>, cloreto de cálcio a 3 g L<sup>-1</sup> e sulfato de magnésio a 1 g L<sup>-1</sup>. Aplicar o cloreto de cálcio separadamente dos demais. Aos 15 dias antes da colheita, pulverizar as plantas com sulfato de potássio a 10 g L<sup>-1</sup> visando maior durabilidade dos bulbos no armazenamento. Importante utilizar um espalhante adesivo devido à cerosidade das folhas da cebola. Verificar a compatibilidade dos adubos foliares com defensivos agrícolas ou aplicar os adubos foliares separadamente.

## 13. CENOURA

Paulo Espíndola Trani (¹)

Carlos Amano (²)

José Maria Breda Júnior (³)

A cenoura (*Daucus carota*) é destinada para consumo in natura e para o sistema de semiprocessados e industrializados. Existem variedades e híbridos que podem ser cultivados no outono-inverno, melhor época de desenvolvimento e produção desta espécie hortícola. Em períodos recentes, os cultivos de cenoura na primavera-verão cresceram de maneira significativa, proporcionando abastecimento durante todo o ano.

**Espaçamento:** 0,15 m a 0,25 m x 0,04 m a 0,06 m.

No verão adotar espaçamentos maiores, com populações entre 450.000 e 550.000 plantas por hectare (proporciona melhor aeração entre plantas); no inverno adotar o cultivo mais adensado, com populações entre 550.000 e 680.000 plantas por hectare.

**Ciclo:** Primavera-verão: 90 a 100 dias; outono-inverno: 110 a 130 dias.

**Produtividade:** Primavera-verão: 30 a 60 t ha<sup>-1</sup>; outono-inverno: 60 a 90 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário ao solo deve ser uniforme até 25 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Cerca de 30 a 40 dias antes do plantio, incorporar ao solo de 15 a 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 20% a 25% dessas quantidades de esterco de frango, galinha, suínos, ovinos ou caprinos. No cálculo da quantidade do fertilizante orgânico deve ser considerada a concentração de nitrogênio e o aspecto econômico.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) BEJO Sementes, Bragança Paulista (SP).

(³) Agricultura Treinamentos Técnicos, São José do Rio Pardo (SP).

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar nos sulcos de plantio, ou em área total dos canteiros, cerca de 10 dias antes do plantio, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes indicadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para a cenoura, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—	—	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—	—	—
20-40	400	280	160	80	160	120	80	40
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>	—	—	Cu, kg ha <sup>-1</sup>	—	—	Zn, kg ha <sup>-1</sup>	—	—
2	1	0,5	2	1	0,5	3	2	0,5

Acrescentar à adubação de plantio 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>) aplicar 2 a 3 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica ou adubação verde, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Diminuir ou eliminar a cobertura com N em áreas onde anteriormente realizou-se adubação verde com leguminosas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados e lavouras com alta expectativa de produção.

As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para cenoura

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
40-80	0-20	0-80

Estas quantidades podem ser divididas em três aplicações, aos 15, 30 e 50 dias após a emergência das plantas, nas seguintes proporções: 20%; 40% e 40%. Quando usar fertirrigação, dividir estas doses em maior número de aplicações, conforme a marcha de absorção de nutrientes.

**Adubação foliar:** Realizar pulverizações quinzenais durante o ciclo, com solução de ácido bórico a 1 g L<sup>-1</sup>, sulfato de zinco a 2 g L<sup>-1</sup>, sulfato de magnésio a 4 g L<sup>-1</sup>, sulfato de cobre a 1 g L<sup>-1</sup> e cloreto de cálcio a 2 g L<sup>-1</sup>. O cloreto de cálcio deve ser aplicado separadamente dos demais nutrientes. Verificar a compatibilidade da mistura de fertilizantes foliares com defensivos agrícolas ou aplicá-los separadamente.

## 14. CHUCHU

Paulo Espíndola Trani (¹)  
Cristiani Kano (²)  
Ervan Rafael Damatto Junior (³)  
Ricardo Moncorvo Tonet (⁴)  
Luís Fernando de Aguiar (⁵)  
Anderson Tatsuo Watanabe (⁶)  
Takenobu Miazato (⁷)

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Embrapa, Amazônia Ocidental, Manaus (AM).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Paráquera-açu (SP).

(⁴) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Amparo (SP).

(⁵) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Monte Alegre do Sul (SP).

(⁶) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Atibaia (SP).

(⁷) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Itapecerica da Serra (SP).

O chuchuzeiro (*Sechium edule*) é uma cucurbitácea adaptada ao clima tropical e subtropical, produzindo bem em áreas próximas às regiões serranas sob temperaturas entre 18 °C e 28 °C. Desenvolve-se bem em todos os tipos de solos, porém não tolera terrenos com má drenagem. Quando do cálculo da adubação considerar o fato de se tratar de cultura de ciclo longo, com potencial para permanecer mais de um ano no terreno.

**Ciclo:** O início das colheitas ocorre entre 90 e 120 dias após o plantio, durando de 6 a 8 meses. As colheitas são realizadas a cada 2 a 3 dias, ou mesmo diariamente, conforme o ponto de maturação do fruto e os preços no comércio.

**Espaçamento:** Os principais fatores que determinam os espaçamentos são a declividade do local de plantio e sua exposição ao sol; o sistema de condução e o sistema de irrigação, além do período de renovação da lavoura. Na região da Serra da Mantiqueira prevalecem os espaçamentos maiores como 7 m x 7 m e 6 m x 6 m. No entorno de São Paulo são frequentes espaçamentos de 6 m x 5 m e 6 m x 4 m. No Litoral Sul Paulista prevalece o cultivo adensado com espaçamentos de 4 m x 3 m e 3 m x 2 m.

**Produtividade:** O chuchu quando cultivado por 2 a 3 anos tem produtividades de 50 a 100 t ha<sup>-1</sup> por ano, sendo maior no primeiro ano de produção. Em locais onde há a renovação anual da lavoura o rendimento é de 80 t ha<sup>-1</sup> por ano, ou mais.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio das mudas, aplicar calcário, de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Incorporar o corretivo de acidez ao solo até 30 cm de profundidade. O chuchuzeiro é exigente em cálcio. Assim, recomenda-se aplicar o calcário também como fonte de cálcio, acrescentando-se em média, 150 gramas por cova, além da correção de acidez do solo.

**Adubação orgânica:** Aplicar aos 30 a 40 dias antes do plantio misturando-se bem com a terra dos sulcos, 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino bem curtido ou composto orgânico, ou 25% destas doses em esterco de galinha, suíños, caprinos, ovinos, ou 10% em torta de mamona pré-fermentada. Utilizar as maiores quantidades de fertilizante orgânico para os menores espaçamentos (cultivos mais adensados com maior número de plantas por área).

**Adubação mineral de plantio:** Aos 10 a 15 dias antes do plantio do chuchu, aplicar os fertilizantes misturando-os com a terra dos sulcos, na faixa de 10 a 15 cm de profundidade, conforme a análise de solo e a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para chuchu, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>				K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>			
20-30	180	120	60	30	60	40	20	10
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>				Zn, mg dm <sup>-3</sup>	
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>	Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>				
1	0,5	0	2	1	0	4	2	0

<sup>(1)</sup> Acrescentar à adubação de plantio 10 a 20 kg ha<sup>-1</sup> de S e em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** a) fase de crescimento: as adubações de cobertura iniciam-se aos 40 a 60 dias após o plantio, recomendando-se aplicar 5 a 15 kg ha<sup>-1</sup> de N, conforme o desenvolvimento das plantas, repetindo-se a cada 30 dias, até o início das colheitas (de 90 a 120 dias após o plantio); b) fase de produção: no período das colheitas, aplicar os nutrientes conforme a tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para produção de chuchu no campo

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
40-80	10-20	30-60

As menores doses de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, em solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas em cultivos adensados, em lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções.

As doses de nutrientes indicadas na tabela 2 devem ser aplicadas a cada 30 dias. Os fertilizantes devem ser aplicados em faixas largas ao redor das plantas. Quando for utilizada a fertirrigação, parcelar os fertilizantes com maior frequência.

A cada 4 meses, recomenda-se aplicar a lanço, em faixas largas ao redor do chuchuzeiro, 10 kg de esterco bovino bem curtido ou composto orgânico por planta, ou 30% desta dose na forma de esterco de frango de corte, ou 25% desta dose quando utilizar esterco de galinha poedeira.

Outros fertilizantes orgânicos podem ser utilizados, devendo-se considerar a concentração em nitrogênio e o aspecto econômico.

Em áreas de cultivo de chuchu com duração superior a 1 ano, recomenda-se a partir do segundo ano, após a limpeza das folhas e ramos secos, com base em uma nova análise de solo, realizar novas adubações orgânica e mineral de plantio, e se necessário, realizar nova calagem.

**Adubação foliar:** 3 a 4 semanas após a brotação das mudas, pulverizar com cloreto de cálcio a 2 g L<sup>-1</sup>, sulfato de magnésio heptaidratado a 2 g L<sup>-1</sup>, ácido bórico a 1 g L<sup>-1</sup> e sulfato de zinco a 3 g L<sup>-1</sup>. Aplicar o cloreto de cálcio separadamente dos demais. Repetir as aplicações a cada 30 dias.

## 15. COUVE DE FOLHA

Paulo Espíndola Trani (¹)

Arthur Bernardes Cecílio Filho (²)

Sebastião Wilson Tivelli (³)

Sally Ferreira Blat (¹)

Gilberto Job Borges de Figueiredo (⁴)

Paulo Cesar Reco (¹)

Eliane Gomes Fabri (¹)

A couve de folha (*Brassica oleracea* var. *acephala*), é uma hortaliça arbustiva originária do continente Europeu, também conhecida como couve-comum e couve-manteiga. Sua multiplicação é feita por mudas ou sementes, sendo cultivada tanto no campo como em cultivo protegido. Assim como as demais brássicas, a couve tem alta exigência em nitrogênio, boro e molibdênio, embora em menor grau de exigência desses nutrientes em relação ao brócolis, couve-flor e o repolho. A disponibilidade de fósforo também é ponto-chave no manejo nutricional desta hortaliça, devido à constante emissão de folhas e longo período de colheita.

**Espaçamento:** Recomenda-se 0,8 m a 1,0 m entrelinhas por 0,5 m a 0,7 m entre plantas. Pode-se utilizar também o cultivo em linhas duplas, com espaçamento de 0,8 m a 1,0 m entrelinhas duplas e 0,4 m a 0,5 m entrelinhas simples. O tipo de solo, a declividade do terreno, o porte da cultivar de couve e o manejo da cultura determinam a escolha do espaçamento e a densidade populacional.

**Ciclo:** 8 a 12 meses, conforme o sistema de multiplicação (mudas ou sementes), a época do ano, o manejo fitossanitário e o sistema de condução (campo ou cultivo protegido).

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal (SP).

(³) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de São Roque (SP).

(⁴) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Caraguatatuba (SP).

**Produtividade:** 3 a 5 kg de folhas por planta em um período de 6 a 8 meses de colheita (aproximadamente 70 t ha<sup>-1</sup> de folhas frescas). As maiores produções são obtidas em regiões ou períodos de temperaturas amenas (15 °C a 20 °C).

**Calagem:** Cerca de dois meses antes da semeadura ou do plantio, aplicar calcário, de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário ao solo deve ser uniforme até 30 cm de profundidade, possibilitando boa distribuição das raízes.

**Adubação orgânica:** Aplicar, cerca de 30 dias antes da semeadura ou do plantio, 20 a 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino ou 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha ou cama de frango. O húmus de minhoca deve ser utilizado nas mesmas quantidades em relação ao esterco de galinha. Na escolha do fertilizante orgânico a ser utilizado, deve ser considerado o teor de N e o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar conforme a análise de solo, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para a couve, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>				K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>			
20-40	320	240	120	60	160	120	60	20
B, mg dm <sup>-3</sup>				Cu, mg dm <sup>-3</sup>				Zn, mg dm <sup>-3</sup>
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>	Cu, kg ha <sup>-1</sup>				Zn, kg ha <sup>-1</sup>			
3	2	1	2	1	0,5	4	2	0,5

Aplicar 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de S com o NPK de plantio e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura para a couve são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para couve no campo e sob cultivo protegido (6 a 8 meses de colheita)<sup>(1)</sup>

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
180-240	0-60	90-160

<sup>(1)</sup> Parcelar o NPK em 12 a 18 aplicações, conforme o desenvolvimento da planta.

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, em solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em cultivos adensados, em lavouras com maior número de colheitas, o que ocorre nos períodos de temperaturas favoráveis (15 °C a 20 °C), tanto no campo (céu aberto), como em cultivo protegido. Parcelar em um total de 12 a 18 aplicações, a cada 15 a 20 dias no período de crescimento das plantas e a cada 10 a 15 dias, no período de produção de folhas. No caso de aplicação de nutrientes por fertirrigação, deve-se aumentar o número de parcelamentos das doses indicadas.

**Adubação foliar:** Realizar pulverizações com solução de ácido bórico a 1,5 g L<sup>-1</sup> e molibdato de sódio na concentração de 0,5 g L<sup>-1</sup>. Iniciar as aplicações aos 15 dias após o transplante das mudas e depois a cada 20 dias. Utilizar espalhante adesivo, visando a melhor aderência do produto à folha. Verificar a compatibilidade da mistura de fertilizantes foliares com defensivos agrícolas ou aplicar os fertilizantes foliares separadamente.

## 16. FEIJÃO-VAGEM, FEIJÃO-FAVA, FEIJÃO-DE-LIMA E ERVILHA TORTA (OU ERVILHA-DE-VAGEM)

Paulo Espíndola Trani (¹)

Francisco Antonio Passos (¹)

José Eduardo Pereira (²)

José Braga Semis (³)

As hortaliças da família Fabaceae, constituídas principalmente pelo feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*), feijão-fava (*Vicia faba*), feijão-de-lima (*Phaseolus lunatus*) e a ervilha torta ou ervilha-de-vagem (*Pisum sativum*), são importantes fontes de proteínas e aminoácidos, sendo consumidas tanto as vagens quanto os grãos verdes (imaturos). Tais culturas devem ser irrigadas para proporcionar máxima produção e qualidade do produto colhido. As fabáceas pertencem a um grupo de hortaliças de menor exigência nutricional quando comparadas às hortaliças das famílias solanáceas e brassicáceas. Porém, a adubação de cobertura sempre deve ser realizada independentemente das culturas anteriores, de maneira a atender o período de maior exigência nutricional entre o florescimento e a produção de vagens.

**Espaçamento:** a) feijão-vagem trepador: 1,0 m a 1,1 m x 0,5 m a 0,7 m; feijão-vagem rasteiro (anão): 0,5 m x 0,2 m; b) feijão-fava (ou fava italiana, ou feijão corado): 1,0 m x 0,5 m; c) feijão-de-lima trepador: 1,0 m x 0,5 m; feijão-de-lima anão: 0,5 m x 0,5 m; d) ervilha torta (ou ervilha-de-vagem): 1,0 m x 0,2 m.

**Ciclo:** a) feijão-vagem trepador, cultivo de verão: ciclo de 60 a 100 dias, início das colheitas aos 40 a 70 dias após a emergência das plantas, com duração de 20 a 30 dias; b) feijão-vagem trepador, cultivo de inverno: ciclo de 80 a 140 dias, início das colheitas aos 50 a 90 dias, com duração de 30 a 50 dias; c) feijão-vagem trepador, cultivo de meia estação: ciclo de 75 a 105 dias, início das colheitas aos 50 a 70 dias com duração de 25 a 35 dias; d) feijão-vagem anão: ciclo de 50 a 60 dias e uma única colheita, adequando-se a colheita mecânica; e) feijão-de-lima trepador: ciclo de 105 a 120 dias e início das colheitas aos 75 a 90 dias; f) feijão-de-lima anão: ciclo de 95 a 105 dias e início das colheitas aos 65 a 75 dias; g) feijão-fava: ciclo de 150 dias e início das colheitas aos 120

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Itatiba (SP).

(³) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Jarinu (SP).

dias; h) ervilha torta: ciclo de 80 a 85 dias, início das colheitas aos 65 a 70 dias e duração de 15 dias.

**Produtividade (material fresco):** a) feijão-vagem trepador (cultivo de verão): 15 a 20 t ha<sup>-1</sup>; b) feijão-vagem trepador (cultivos de inverno e meia-estação): 20 a 25 t ha<sup>-1</sup>; c) feijão-vagem anão: 12 a 15 t ha<sup>-1</sup>; d) feijão-de-lima: 3 a 5 t ha<sup>-1</sup> de vagens, correspondendo a 2,5 a 4 t ha<sup>-1</sup> de grãos verdes (imatuuros); e) feijão-fava: 17 t ha<sup>-1</sup> de vagens e 6 t ha<sup>-1</sup> de grãos verdes (imatuuros); ervilha-torta: 9 a 13 t ha<sup>-1</sup> de vagens.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Incorporar o corretivo de acidez ao solo até 30 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Entre 30 e 40 dias antes do plantio, incorporar ao solo de 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino bem curtido ou composto orgânico, ou 20% a 25% dessas quantidades de esterco de frango, galinha, suínos, ovinos, caprinos, equinos, ou ainda 10% dessas quantidades de torta de mamona pré-fermentada. No cálculo da quantidade do fertilizante orgânico a ser aplicado, deve ser levado em consideração a concentração em nitrogênio e o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar nos sulcos, de 7 a 10 dias antes da semeadura, conforme a análise de solo, as quantidades de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para feijão-vagem, feijão-fava, feijão-de-lima e a ervilha torta, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	————— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	—————	————— K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	—————
20-40	240	180	80	40	120	90	60	40
B, mg dm <sup>-3</sup>				Cu, mg dm <sup>-3</sup>				Zn, mg dm <sup>-3</sup>
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
————— B, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	————— Cu, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	————— Zn, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	—————	—————
1,5	1	0	2	1	0	3	1,5	0,5

Aplicar 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de S junto ao NPK de plantio e, em solos deficientes de Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>) aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura no campo (a céu aberto)

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
90-120	20-40	30-60

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados, lavouras com maior número de colheitas e com alta expectativa de produção. A adubação de cobertura no campo deve ser parcelada aos 20, 35 e 50 dias após a emergência das plantas nas culturas de inverno e meia estação. Quando o cultivo for realizado no verão (época de temperaturas mais elevadas) parcelar as coberturas em duas aplicações, aos 20 e 40 dias após a emergência das plantas. As mesmas quantidades de nutrientes em cobertura indicadas para o feijão-vagem podem ser utilizadas para o feijão-fava; feijão-de-lima e a ervilha torta, com os devidos ajustes de acordo com o ciclo e as produtividades esperadas para estas hortaliças. No caso do uso da fertirrigação, parcelar as quantidades acima indicadas três vezes por semana. Observar a compatibilidade entre os fertilizantes utilizados.

**Adubação foliar:** Antes da floração, efetuar uma pulverização para a cultura de verão e duas pulverizações para as culturas de inverno e de meia estação, com solução de cloreto de cálcio 2 g L<sup>-1</sup>, sulfato de magnésio heptaídratado a 2 g L<sup>-1</sup>, ácido bórico a 1 g L<sup>-1</sup>, sulfato de zinco a 3 g L<sup>-1</sup>, molibdato de sódio ou molibdato de amônio a 0,5 g L<sup>-1</sup>. Repetir este procedimento no período de formação das vagens. Aplicar o cloreto de cálcio separadamente dos demais produtos. Utilizar espalhante adesivo. Verificar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos ou aplicar os fertilizantes separadamente.

## 17. MELANCIA E MELÃO

Humberto Sampaio de Araújo (¹)

Paulo Espíndola Trani (²)

Arthur Bernardes Cecílio Filho (³)

Luís Felipe Villani Purquerio (²)

Roberto Botelho Ferraz Branco (¹)

A melancia (*Citrullus lanatus*) e o melão (*Cucumis melo*) espécies originárias da África, são hortaliças de frutos da família das cucurbitáceas. Ambas são plantas anuais, herbáceas com hábito de crescimento rasteiro, com sistema radicular pivotante, com concentração de raízes na camada até 30 cm de profundidade, principalmente quando o plantio é realizado com o transplante de mudas. O potássio e o nitrogênio são os elementos extraídos em maiores quantidades, sendo que o nitrogênio é o nutriente com maior efeito no crescimento vegetativo e radicular, número de frutos, teor de sólidos solúveis. Portanto, é um nutriente estreitamente relacionado com a formação do potencial produtivo da planta. O potássio, por sua vez, afeta principalmente o tamanho e qualidade dos frutos. Não menos importantes são o fósforo e o magnésio para a qualidade e sabor do fruto. O cálcio é relevante para crescimento radicular, a firmeza do fruto e para evitar a ocorrência de podridão apical. O boro é importante para o pegamento e o crescimento dos frutos, bem como para seu sabor.

**Espaçamento:** Os espaçamentos variam conforme a cultivar utilizada, a época de semeadura ou transplante e o tipo de condução adotada que define o número de hastes por planta e número de frutos por haste. Melancia: 2,5 m a 3,0 m entrelinhas x 2,0 m a 0,5 m entre plantas. Melão (campo): 1,5 m a 2,0 m entrelinhas x 0,25 m a 0,50 m entre plantas. Melão (cultivo protegido): 1,1 m a 1,2 m entrelinhas x 0,25 m a 0,40 m entre plantas. Se forem duas linhas (espaçamento duplo) 1,2 m a 1,4 m entrelinhas x 0,3 m a 0,5 m entre plantas.

---

(¹) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Andradina (SP).

(²) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(³) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal (SP).

**Ciclo:** Melancia: 85 a 105 dias. Melão: 75 a 90 dias.

**Produtividade:** Melancia: 25 a 50 t ha<sup>-1</sup>. Melão (campo e cultivo protegido): 20 a 40 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Aplicar o calcário com antecedência de 30 a 90 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas, visando elevar a saturação por bases do solo a 70% para a melancia e 80% para o melão, e os teores de magnésio a um mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Incorporar o corretivo de acidez no solo até pelo menos 20 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Aplicar aos 30 a 40 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas, misturando-a bem com a terra nos sulcos, até pelo menos 20 cm de profundidade, 15 a 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 25% dessas doses de esterco de galinha, suínos, caprinos, ovinos, equinos, ou ainda 10% de torta de mamona pré-fermentada. Utilizar as maiores quantidades de fertilizante orgânico para os menores espaçamentos (plantios mais adensados).

**Adubação mineral:** Incorporar os fertilizantes ao solo antes da semeadura ou do transplante das mudas, conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para melancia e melão, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	—————
30-40	240	160	120	60	100	80	50	30
B, mg dm <sup>-3</sup>				Cu, mg dm <sup>-3</sup>				Zn, mg dm <sup>-3</sup>
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
————— B, kg ha <sup>-1</sup> —————	————— Cu, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	————— Zn, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	—————	—————	—————
1	0,5	0	3	1,5	0,5	4	2	0

Aplicar junto ao NPK de plantio, 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de S e em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

Para o melão aumentar as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de plantio em 15%.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura para a melancia e o melão, são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para melancia e melão<sup>(1)</sup> no campo

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
80-120	20-30	80-120

<sup>(1)</sup> Para melão sob cultivo protegido aumentar as quantidades de nutrientes em cobertura, de 40% a 60%.

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados e com alta expectativa de produção. A adubação de cobertura no campo deve ser parcelada em aplicações semanais, entre os 10 e 50 dias após a emergência das plantas. Preferencialmente dividir as doses de potássio em cobertura de tal forma que as últimas aplicações recebam maior proporção deste nutriente. No caso do uso da fertirrigação dividir as doses em aplicações diárias ou em dias alternados. Quando a fertirrigação for estendida até a fase final de crescimento do fruto, a partir do florescimento, usar preferencialmente nitrato de cálcio.

**Adubação foliar:** Para melancia e melão realizar adubação foliar com solução de ácido bórico a 1 g L<sup>-1</sup> e cloreto de cálcio a 2 g L<sup>-1</sup> em pulverizações quinzenais a partir do florescimento. Verificar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos agrícolas ou aplicar os fertilizantes separadamente.

## 18. MORANGO

Francisco Antonio Passos (¹)

Paulo Espíndola Trani (¹)

José Braga Semis (²)

Anderson Tatsuo Watanabe (³)

O morangueiro (*Fragaria x ananassa*) é uma planta herbácea, rasteira, pertencente à família Rosaceae. Apesar de ser perene, seu cultivo em campo no Brasil é renovado anualmente. A nutrição da planta afeta a produtividade e a qualidade do morango. A absorção de nutrientes até a primeira florada (46 dias após o transplante) corresponde a aproximadamente 10% do total, sendo que a partir do início da frutificação ela se torna crescente. Os frutos concentram a maior quantidade de nutrientes, exportando 50% do N, 58% do P, 64% do K e 37% do Mg em relação ao total absorvido pela planta. As quantidades recomendadas de nutrientes variam conforme os resultados das análises de solo e foliar, densidade populacional, clima da região, exigência nutricional da cultivar, período de colheita, níveis de matéria orgânica, textura do solo e adubação orgânica anterior.

A presente recomendação de adubação e calagem se aplica a cultivos em solo. Outras opções de produção de morango incluem a produção em canteiros suspensos, geralmente sob estufas. Os canteiros suspensos tem melhor ergonomia e facilitam as operações de manejo e colheita. Geralmente as plantas são cultivas em substratos ou sistema semi-hidropônico. Neste caso, a nutrição segue as normas de produção hidropônica.

**Espaçamento:** Utilizar canteiros de 50-60 m de comprimento, 1,0 m de largura e 0,3 m de altura, separados entre si por 0,45 m (6.900 m<sup>2</sup> de canteiros por hectare). Nos canteiros são utilizadas três linhas de plantio separadas por 0,3 m, sendo o espaçamento entre plantas na linha, de 0,35 m, correspondendo a cerca de 65 mil mudas por hectare. Atualmente, parte significativa dos cultivos de morangueiro é feita em canteiros cobertos com filme plástico, que reduz a incidência de plantas competidoras, menor consumo de água de irrigação e facilita a colheita de frutos limpos e de qualidade. Sistemas de fertirrigação são geralmente empregados em conjunto com a cobertura de filmes plásticos.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Jarinu (SP).

(³) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Atibaia (SP).

**Ciclo:** O ciclo normal da cultura é de 7 a 10 meses. As colheitas têm início aos 60-70 dias após o transplante das mudas, durando de 5 a 8 meses, dependendo da região de cultivo.

**Produtividade:** 30 a 35 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário, de preferência dolomítico, em toda a área de cultivo, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do corretivo de acidez deve ser realizada em toda a área de cultivo até no mínimo 20 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Cerca de 30 a 40 dias antes do plantio, aplicar em toda a área de cultivo, 15 a 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino ou de composto orgânico, ambos bioestabilizados, ou ainda, 2,5 a 5 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha curtido ou cama de frango, sendo as maiores quantidades indicadas para os solos arenosos. Sempre que possível, utilizar a adubação verde antes do cultivo do morango. Deve ser ressaltado que o uso excessivo de fertilizante orgânico pode levar a desenvolvimento vegetativo exuberante do morangueiro dificultando as colheitas e o controle fitossanitário.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar, de 7 a 15 dias antes do plantio, conforme os resultados da análise de solo, as doses de nutrientes, apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para plantio<sup>(1)</sup> de morango, em função da análise de solo. Doses expressas em hectare de canteiro

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>					K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				
	<11	11-25	26-60	61-120	>120	<0,8	0,8-1,5	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	$P_2O_5$ , kg ha <sup>-1</sup>					K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>				
40-60	800	600	450	300	150	280	210	140	70	40
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>				
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2		
B, kg ha <sup>-1</sup>	Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>						
1	0,5	0	2	1	0	3	1,5	0		

<sup>(1)</sup> Aplicar junto ao NPK de plantio, 20 a 30 kg ha<sup>-1</sup> de S e em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

Aplicar de 30% a 50% do K<sub>2</sub>O na forma de sulfato de potássio ou sulfato de potássio e magnésio para evitar o excesso de cloro.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação em cobertura para o morango no campo<sup>(1)</sup>

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
120-160	60-80	80-160

<sup>(1)</sup> Doses para 10.000 m<sup>2</sup> de canteiros, a partir do pegamento das mudas.

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, em lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções.

Distribuir 2/3 do potássio recomendado desde o início da formação dos frutos até o final das colheitas. Por outro lado, distribuir 2/3 do nitrogênio desde o início do crescimento até o início da formação dos frutos e 1/3 restante do nitrogênio até o final das colheitas. Em condições de cultivo a altas temperaturas (i.e., acima de 27 °C) evitar o uso de todo o N na forma amoniacal pois o excesso de amônio pode ser tóxico às raízes do morangueiro. Quando usar irrigação por aspersão, parcelar em 6 a 8 aplicações durante o ciclo da cultura, colocando-se os fertilizantes entre plantas, nos orifícios feitos no plástico preto de cobertura do solo. Quando se usa a irrigação por gotejamento, parcelar em aplicações com no máximo 15 dias de intervalo, dissolvendo fertilizantes altamente solúveis na água de irrigação. Fazer ajustes conforme os resultados da análise química foliar. Como o morangueiro é muito sensível à salinidade deve-se fazer o controle da condutividade elétrica na água, no solo e na solução aplicada na fertirrigação. O máximo tolerável de condutividade

elétrica do solo para cultivo de morango é de 1,75 mS cm<sup>-1</sup>, a 25 °C (solução água:solo na proporção 2:1). No cálculo do parcelamento da adubação de cobertura, deve-se levar em conta a marcha de absorção de nutrientes ao longo do ciclo.

## 19. NABO E RABANETE

Mônica Sartori de Camargo (¹)

Paulo Espíndola Trani (²)

Francisco Antonio Passos (²)

O nabo (*Brassica campestris* var. *rapa*) e o rabanete (*Raphanus sativus*) são hortaliças da família Brassicaceae. São indicadas para plantio em épocas de temperaturas amenas (nabo: 15 °C a 22 °C; rabanete: 8 °C a 20 °C). Temperaturas elevadas (acima de 30 °C) podem acarretar a formação de raízes de menor tamanho para o nabo e raízes de sabor mais picante para o rabanete, podendo ainda ocorrer florescimento precoce para ambas as hortaliças. O nabo e o rabanete apresentam bom desempenho em solos levemente ácidos, de textura média a argilosa, bem drenados, ricos em matéria orgânica, sendo também sensíveis à deficiência de boro. Estas hortaliças devem ser cultivadas em canteiros altos (30 cm), possibilitando assim o pleno desenvolvimento das raízes.

**Espaçamento:** Nabo: 0,25 m a 0,4 m x 0,1 m a 0,15 m. Rabanete: 0,15 m a 0,25 m x 0,08 m a 0,1 m.

**Ciclo:** Nabo: 60 a 90 dias após a semeadura. Rabanete: 25 a 35 dias após a semeadura. Esses períodos variam conforme a precocidade da cultivar e a temperatura durante o desenvolvimento da cultura.

**Produtividade:** Nabo: 20 a 40 t ha<sup>-1</sup> para cultivares de raízes arredondadas e 50 a 70 t ha<sup>-1</sup> para cultivares de raízes alongadas. Rabanete: 15 a 30 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 70% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário no solo deve ser uniforme até 30 cm de profundidade.

(¹) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Piracicaba (SP).

(²) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Adubação orgânica:** Cerca de 30 a 40 dias antes do plantio, incorporar ao solo 20 a 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino bem curtido ou composto orgânico, ou 25% dessas doses, de esterco de galinha bem curtido, sendo as maiores doses para solos arenosos. No cálculo da quantidade de fertilizante orgânico a ser utilizado, considerar a concentração em nitrogênio bem como o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar no solo de 10 a 15 dias antes da semeadura, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para nabo e rabanete, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	—————
20-30	360	240	180	100	180	120	60	30
B, mg dm <sup>-3</sup>				Cu, mg dm <sup>-3</sup>				Zn, mg dm <sup>-3</sup>
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
—————	—————	—————	—————	Cu, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Zn, kg ha <sup>-1</sup>	—————
2	1	0	1	0,5	0	3	1,5	0

As doses de P e K acima são para a cultura do nabo. Para o rabanete, aplicar 60% destas doses.

Aplicar 30 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de S com o NPK de plantio e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>) aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As tabelas 2 e 3 apresentam as recomendações de cobertura para o nabo e o rabanete, respectivamente. As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados, lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para nabo no campo (a céu aberto)

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
60-120	0-30	30-60

A adubação de cobertura no campo para nabo deve ser parcelada em três aplicações, aos 15, 30 e 50 dias após a germinação ou transplante das mudas.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação de cobertura para rabanete no campo (a céu aberto) ou sob cultivo protegido

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
40-80	0-20	20-30

A adubação de cobertura no campo para o rabanete deve ser parcelada em duas aplicações, aos 7 e 14 dias após a germinação ou o transplante das mudas. No caso de plantio sob cultivo protegido, a fertirrigação pode ser utilizada, parcelando os fertilizantes em maior número de aplicações.

## 20. PEPINO

Paulo Espíndola Trani (¹)  
Francisco Antonio Passos (¹)  
Humberto Sampaio de Araújo (²)

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Andradina (SP).

O pepino (*Cucumis sativus*) originário da Índia, pertence à família das cucurbitáceas. É uma hortaliça de clima tropical, que melhor se desenvolve e produz sob temperaturas na faixa de 20 °C a 30 °C. Os cálculos da adubação de plantio e de cobertura para esta hortaliça devem se basear na análise química do solo, nas diferentes exigências nutricionais dos diversos tipos e cultivares de pepino, na época de desenvolvimento da cultura (com temperaturas mais altas ou mais baixas), com maior ou menor número de colheitas, bem como considerar os sistemas de produção, no campo ou sob cultivo protegido. Cerca de 90% das raízes da planta distribuem-se na camada de 0-30 cm de profundidade do solo, sendo significativo o desenvolvimento lateral das raízes no solo. Estas informações são importantes para a decisão sobre as quantidades e as maneiras de aplicação dos corretivos e fertilizantes.

**Ciclo:** Na produção em campo são cultivados os pepinos dos tipos caipira e aodai (comum). O início das colheitas ocorre cerca de 50 dias após a semeadura, durando de 60 a 80 dias. No caso da produção de pepino japonês sob cultivo protegido, as colheitas iniciam ao redor de 35 dias após o transplante e ocorrem até 90 a 140 dias. O pepino para indústria (conserva) pode ser cultivado no campo ou em estufa agrícola, com o início das colheitas de 40 a 50 dias após a semeadura, ou 20 a 25 dias após o transplante, durando 30 dias ou mais. A duração do período de colheita do pepino depende também de tratos culturais como as desbrotações e podas das plantas. O período de produção de frutos de pepino pode ser influenciado pela adubação de cobertura, dependendo da quantidade de nutrientes fornecidos às plantas e da periodicidade de aplicação dos fertilizantes.

**Espaçamento:** a) Pepino tipo caipira e pepino aodai (comum), no campo, com cultivo tutorado: 1,0 m a 1,2 m x 0,4 m a 0,6 m (14.000 a 25.000 plantas por hectare); b) Pepino tipo caipira, no campo, com cultivo rasteiro: 1,5 m a 1,8 m x 1,0 m (5.500 a 6.700 plantas por hectare); c) Pepino tipo japonês, sob cultivo protegido: 1,1 m a 1,6 m x 0,45 m a 0,6 m (10.416 a 20.000 plantas por hectare); d) Pepino tipo indústria (conserva) (campo ou cultivo protegido): 1,0 m a 1,2 m x 0,3 m a 0,35 m (24.000 a 33.000 plantas por hectare).

**Produtividade:** Pepino tipo caipira e pepino aodai (comum) no campo, com cultivo tutorado: 50 a 70 t ha<sup>-1</sup>. Pepino tipo caipira, no campo, com cultivo rasteiro: 30 a 40 t ha<sup>-1</sup>. Pepino tipo japonês, sob cultivo

protégido: 100 a 200 t ha<sup>-1</sup>. Pepino tipo indústria (conserva) (campo ou cultivo protégido): 25 a 35 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Recomenda-se distribuir o corretivo em área total dos canteiros misturando-a bem com a terra até pelo menos 20 cm de profundidade, para possibilitar o pleno desenvolvimento das raízes.

**Adubação orgânica:** Aplicar aos 30 a 40 dias antes da semeadura ou do plantio das mudas, misturando-se bem com a terra dos sulcos, até pelo menos 20 cm de profundidade, 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 25% dessas doses de esterco de galinha, suínos, caprinos, ovinos, equinos, ou ainda 10% de torta de mamona pré-fermentada. Utilizar as maiores quantidades de fertilizante orgânico para os menores espaçamentos (plantios mais adensados).

**Adubação mineral de plantio no campo e sob cultivo protégido:** Entre 7 e 10 dias antes do plantio, aplicar os fertilizantes misturando-os nos sulcos, em quantidades de acordo com a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de palntio para pepino no campo e sob cultivo protégido, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	—————
30-40	280	160	100	40	120	80	40	20
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
—————	B, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Cu, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Zn, kg ha <sup>-1</sup>	—————
1,5	0,5	0	3	1,5	0,5	4	2	0,5

**Adubação mineral de cobertura:** As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados, lavouras

com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções. Os fertilizantes de cobertura, para sua maior eficiência, podem ser incorporados em sulcos rasos abertos ao lado e próximo às plantas.

**Adubação mineral de cobertura para o pepino cultivado no campo:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura para o pepino cultivado no campo são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para pepino no campo (céu aberto)

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
80-120	20-40	60-100

Parcelar as doses de nutrientes em quatro aplicações, a primeira aos 10 a 15 dias após a germinação ou o pegamento das mudas e as demais adubações a cada 10 a 15 dias. No caso do uso de fertirrigação para o pepino cultivado no campo, recomenda-se parcelar as adubações três vezes por semana.

**Adubação mineral de cobertura para pepino sob cultivo protegido:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura para pepino sob cultivo protegido são apresentadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação de cobertura para pepino sob cultivo protegido (estufa agrícola)

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
120-180	30-60	100-160

Acrescentar 60 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 30 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 30 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de S.

Os fertilizantes podem ser distribuídos por meio da fertirrigação diária ou no máximo, a cada dois dias.

## 21. PIMENTÃO E PIMENTA-HORTÍCOLA

Paulo Espíndola Trani (<sup>1</sup>)  
Roberto Lyra Villas Bôas (<sup>2</sup>)  
Arlete Marchi Tavares de Melo (<sup>1</sup>)  
Décio Leite (<sup>3</sup>)

O pimentão (*Capsicum annuum*) e a pimenta-hortícola (*Capsicum spp.*) pertencem à família das solanáceas. Algumas espécies desta família receberam intenso melhoramento genético para características que incluem alta produtividade. Por essa razão, as cultivares modernas, principalmente de pimentão, são muito exigentes em solos férteis e bem adubados. No caso da pimenta-hortícola, a maioria das cultivares ou tipos varietais disponíveis são resultantes de pouco ou nenhum melhoramento genético. Assim, em geral, são menos exigentes em quantidade de nutrientes e devem receber adubações mais modestas em relação ao pimentão. Para pimentão cultivado em ambiente protegido (estufa agrícola), o ciclo prolongado em relação ao campo e uso de fertirrigação por gotejamento influenciam o cálculo das quantidades e frequência de aplicação de nutrientes.

**Ciclo:** Pimentão: a) campo (céu aberto): colheita entre 80 e 90 dias após o transplante das mudas e dura de 4 a 5 meses; b) cultivo protegido (estufa agrícola): colheita entre 60 e 70 dias após o transplante das mudas durando de 6 a 12 meses. Pimenta-hortícola: devido à diversidade de tipos varietais e do manejo utilizado, o início da colheita varia entre 90 e 130 dias após o transplante, e o período de colheita varia de 3 a 7 meses.

**Espaçamento:** Pimentão (campo): 1,2 m a 1,6 m entrelinhas x 0,4 m a 0,6 m entre plantas. Pimentão (cultivo protegido): a) plantio em canteiro: canteiros com 1,0 m de largura, espaçados de 0,6 m, com 2 linhas de plantio em cada canteiro com espaçamento de 0,6 m entrelinhas e 0,4 m entre plantas. b) plantio em linha: 1,1 m a 1,6 m entrelinhas x 0,35 m a 0,5 m entre plantas. Pimenta-hortícola (campo): 1,0 m a 1,2 m entrelinhas x 0,6 m a 0,8 m entre plantas. Pimenta

---

(<sup>1</sup>) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(<sup>2</sup>) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

(<sup>3</sup>) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Rafard (SP).

hortícola (cultivo protegido): 1,0 m entrelinhas x 0,5 m a 0,7 m entre plantas.

**Produtividade:** Pimentão (campo): 40 a 60 t ha<sup>-1</sup>. Pimentão (cultivo protegido): 160 a 240 t ha<sup>-1</sup>. Pimenta-hortícola (campo e cultivo protegido): 4 a 30 t ha<sup>-1</sup>. Essa variação ocorre em função da variedade e do manejo cultural.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário deve ser feita até pelo menos 20 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** 30 a 40 dias antes do plantio recomenda-se incorporar ao solo 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 20% a 25% dessas quantidades na forma de esterco de frango de corte, esterco de galinha, suínos, ovinos ou caprinos, ou ainda, 10% na forma de torta de mamona pré-fermentada. Os estercos de origem animal devem ser bem compostados antes da incorporação ao solo, para que reduzir o risco de carrear patógenos e sementes de plantas daninhas. No cálculo da quantidade de fertilizante orgânico, considerar a concentração em nitrogênio bem como o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Entre 7 e 10 dias antes do plantio, aplicar em área total dos canteiros ou nos sulcos de plantio, conforme a análise de solo, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para pimentão e pimenta-hortícola no campo e sob cultivo protegido, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	—————
30-50	450	300	200	100	160	100	60	40
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
—————	B, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Cu, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Zn, kg ha <sup>-1</sup>	—————
2	1	0,5	2	1	0,5	4	2	1

Aplicar junto ao NPK de plantio, 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes in Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 2 a 3 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

Para pimenta aplicar de 30% a 50% das doses dos nutrientes de plantio recomendados para o pimentão.

**Adubação mineral de cobertura:** As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados, lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções. Para maior eficiência da adubação de cobertura, os fertilizantes podem ser incorporados em sulcos rasos abertos ao lado e próximo às plantas.

**Adubação de cobertura para o pimentão no campo (a céu aberto):** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para o pimentão no campo

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
90-160	30-60	90-160

A adubação de cobertura no campo deve ser parcelada em 6 a 10 vezes, com intervalos de 15 dias em média, conforme o desenvolvimento da cultura. A proporção de nutrientes na adubação de cobertura no início da fase de crescimento até o início da frutificação deve ser de 1,3 kg a 1,5 kg de N para 1 de K<sub>2</sub>O. Do início da frutificação até o final das colheitas a proporção entre estes nutrientes se inverte. Caso utilize da fertirrigação para aplicação dos fertilizantes, realizá-la diariamente ou a cada dois dias.

**Adubação de cobertura para o pimentão sob cultivo protegido (estufa agrícola):** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 3.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação de cobertura<sup>(1)</sup> para pimentão sob cultivo protegido

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
120-240	40-80	120-240

<sup>(1)</sup> Acrescentar 100 a 160 kg ha<sup>-1</sup> de Ca; 60 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 60 a 90 kg ha<sup>-1</sup> de S.

A adubação em cobertura via fertirrigação pode ser diária ou a cada dois dias.

**Adubação de cobertura para a pimenta-hortícola no campo:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 4.

**Tabela 4.** Recomendações de adubação de cobertura para pimenta-hortícola no campo

<b>Nutriente</b>		
<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
60-90	20-30	60-90

Parcelar as adubações de 6 a 8 vezes durante o ciclo da cultura. Caso utilize fertirrigação para aplicação dos fertilizantes, realizá-la diariamente ou a cada dois dias.

**Adubação foliar:** Pulverizar as plantas com solução de ácido bórico a 1 g L<sup>-1</sup>, sulfato de zinco a 3 g L<sup>-1</sup>, sulfato de cobre a 2 g L<sup>-1</sup>, cloreto de cálcio a 2 g L<sup>-1</sup> e sulfato de magnésio heptaidratado a 4 g L<sup>-1</sup>, iniciando as aplicações cerca de 20 dias após o pegamento das mudas e repetindo as pulverizações a cada duas semanas. Aplicar o cloreto de cálcio separadamente dos demais. Utilizar espalhante adesivo. Verificar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos agrícolas ou aplicar os fertilizantes foliares isoladamente.

## 22. QUIABO

Paulo Espíndola Trani (¹)  
Francisco Antonio Passos (¹)  
Maria Cecília Cardoso (²)  
Lucchesi Teodoro (³)  
Valdeir José dos Santos (³)

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) é uma planta anual, da família Malvaceae, de caule semilenhoso, ereto, podendo atingir mais de dois metros de altura e sistema radicular com profundidade efetiva de 40 cm. A extração de nutrientes é lenta até os 20 dias de idade da planta, acentuando-se a partir deste período. O fruto concentra a maioria dos nutrientes presentes na planta. As quantidades recomendadas de nutrientes variam conforme os resultados da análise de solo e das folhas, a densidade populacional e outros fatores que determinam o potencial de produtividade, incluindo a utilização ou não de irrigação.

**Espaçamento:** 1,0 m a 1,2 m entre linhas e 0,20 m a 0,30 m entre plantas, correspondendo às densidades de 27.000 a 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

**Ciclo:** O ciclo normal da cultura é de 4 a 5 meses, podendo chegar a 12 meses quando se faz a condução com poda. A colheita ocorre entre 45 dias (para as cultivares precoces) e 60 dias após a emergência das plantas, durando cerca de 3 meses no sistema de produção sem poda e de 6 a 10 meses no sistema de condução com poda.

**Produtividade:** 15 a 22 t ha<sup>-1</sup>. Ocorrem variações nas produções de frutos conforme as temperaturas do período de desenvolvimento da cultura, a fertilidade do solo do local de cultivo e o sistema de condução das plantas (com ou sem poda).

**Calagem:** O quiabeiro é sensível à acidez elevada. Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, incorporando pelo menos até 20 cm de profundidade, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Araçatuba (SP).

(³) Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Piacatu (SP).

**Adubação orgânica:** Aplicar em toda a área de cultivo, cerca de 30 dias antes do plantio, de 10 a 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino ou composto orgânico, ou ainda, de 2,5 a 5 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha ou húmus de minhocas, todos bem curtidos. Quando possível, incluir o plantio de adubo verde em rotação de cultura. O uso excessivo de fertilizante orgânico para o quiabeiro pode levar a desenvolvimento vegetativo exuberante, dificultando a frutificação, as colheitas e o controle fitossanitário.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar no sulco de plantio, conforme a análise de solo, cerca de 10 dias antes do plantio, as doses de nutrientes apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para quiabo, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	—————
20-40	280	160	100	40	120	80	60	20
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
—————	B, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Cu, kg ha <sup>-1</sup>	—————	—————	Zn, kg ha <sup>-1</sup>	—————
1	0,5	0	2	1	0	3	1,5	0

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para quiabo no campo

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
20-80	5-20	15-60

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. As doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados, lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções. As coberturas iniciam aos 20 dias após a emergência das plantas, podendo ser repetidas cada 30 dias, dependendo do desenvolvimento do quiabeiro no campo. Em lavouras que recebem poda, adubar nessa ocasião, com 40% das quantidades de nutrientes recomendadas na tabela 2, sendo desnecessárias outras coberturas. O quiabeiro é podado (corte em bisel), ao final do período normal de frutificação, para obtenção de um novo período de colheitas.

**Adubação foliar:** Efetuar duas pulverizações com solução de molibdato de amônio a  $0,2\text{ g L}^{-1}$  entre o início do desenvolvimento e a floração.

## 23. SALSA

Paulo Espíndola Trani <sup>(1)</sup>  
Andréia Cristina Silva Hirata <sup>(2)</sup>  
Ricardo Mikami <sup>(3)</sup>

A salsa (*Petroselinum crispum*) é uma hortaliça folhosa adaptada às condições climáticas de outono-inverno. É utilizada como condimento e possui propriedades medicinais. As cultivares diferem quanto ao porte das plantas, tamanho e tipo de folha. Tem multiplicação por sementes ou mudas, podendo ser cultivada tanto no campo como sob cultivo protegido, em diferentes períodos do ano. Diversos fatores, como sistema de plantio, histórico da área, número de cortes, época de cultivo e tipo de irrigação, devem ser considerados nas recomendações de adubação para esta hortaliça.

**Espaçamento:** 0,2 m a 0,25 m x 0,05 m a 0,1 m.

---

<sup>(1)</sup> Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

<sup>(2)</sup> APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Presidente Prudente (SP).

<sup>(3)</sup> Semefort, Campinas (SP).

**Ciclo:** Início da colheita entre 50 e 60 dias após semeadura, ou entre 30 e 40 dias após o transplante, efetuando-se nova colheita a cada 25 a 30 dias. Suporta dois a três cortes, dependendo da época de plantio, da cultivar, e do manejo utilizado.

**Produtividade:** 14 a 16 t ha<sup>-1</sup> (7.000 a 8.000 maços).

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário, de preferência dolomítico, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Distribuir o corretivo em área total do canteiro, misturando-o bem com a terra, até pelo menos 20 cm de profundidade.

**Adubação orgânica:** Aplicar aos 30 a 40 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas, 20 a 40 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico ou esterco bovino ou 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha ou cama de frango, ou ainda 1 a 2 t ha<sup>-1</sup> de torta de mamona. No cálculo da quantidade do fertilizante orgânico deve ser considerada a concentração de nitrogênio e o aspecto econômico.

**Adubação mineral de plantio:** Os fertilizantes, entre 7 e 10 dias antes da semeadura ou do transplante das mudas de salsa, devem ser incorporados uniformemente nos canteiros ou distribuídos no sulco de plantio. A adubação mineral de plantio deve ser realizada conforme a tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio<sup>(1)</sup> para salsa, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	—————
20-30	180	120	80	40	90	60	40	20
B, mg dm <sup>-3</sup>				Cu, mg dm <sup>-3</sup>				Zn, mg dm <sup>-3</sup>
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
————— B, kg ha <sup>-1</sup> —————	————— Cu, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	————— Zn, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	—————	—————	—————
1	0,5	0	1	0,5	0	3	1	0

<sup>(1)</sup> Aplicar com o NPK de plantio, 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para salsa no campo (a céu aberto) ou sob cultivo protegido

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
60-90	0-30	20-40

A adubação de cobertura deve ser parcelada em 4 a 6 vezes. Distribuir os fertilizantes em faixas ou sulcos próximos às plantas, incorporando-os ao solo. As primeiras duas aplicações são feitas na fase de formação. À medida que as colheitas são realizadas, fazer a adubação de cobertura logo após o corte e 15 a 20 dias depois. No caso do uso de fertirrigação parcelar as adubações três vezes por semana, com fertilizantes de alta solubilidade e baixo índice salino.

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados, lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções.

**Adubação foliar:** A cada duas semanas após a germinação ou o transplante, pulverizar as plantas com solução de sulfato de magnésio a 4 g L<sup>-1</sup>, ácido bórico a 1 g L<sup>-1</sup> e sulfato de zinco a 2 g L<sup>-1</sup>. Utilizar espalhante adesivo, visando a melhor aderência do produto à folha. Recomenda-se não pulverizar nas horas mais quentes do dia para evitar a queima das folhas. Verificar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos ou aplicar os fertilizantes foliares separadamente.

## 24. TOMATE DE MESA

Paulo Espíndola Trani (¹)

Edson Akira Kariya (²)

Sérgio Minoru Hanai (³)

Roberto Hiroto Anbo (⁴)

Oliveiro Basílio Bassetto Júnior (⁵)

Luís Felipe Villani Purquerio (¹)

André Luis Trani (⁶)

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é a hortaliça que mais recebeu atenção da pesquisa agronômica nas últimas décadas, resultando em significativos aumentos de produtividade, de 30 t ha<sup>-1</sup> a 40 t ha<sup>-1</sup> de tomate de mesa produzido no campo na metade do século XX, e de 80 t ha<sup>-1</sup> a 130 t ha<sup>-1</sup>, a partir do início do século XXI. Além do melhoramento genético, a calagem e a adubação realizadas de maneira racional, garantem altas produtividades e proporcionam a melhoria da qualidade dos frutos.

**Espaçamento:** Campo: a) condução com uma planta por cova: 1,0 m a 1,10 m entre linhas x 0,50 m a 0,60 m entre plantas; b) condução com duas plantas por cova: 1,0 m x 0,70 m; c) plantações com linhas duplas: de 0,60 m a 0,80 m entre plantas x 0,60 m a 0,80 m entre linhas e de 1,80 m a 2,20 m entre linhas duplas. Cultivo protegido (estufa agrícola): 1,1 m a 1,6 m x 0,35 m a 0,50 m. Os espaçamentos mais largos são recomendados para épocas em que o fotoperíodo diminui, ao mesmo tempo em que as plantas de tomate se desenvolvem (exemplo: 1º semestre no estado de São Paulo).

**Ciclo:** Campo: as colheitas se iniciam aos 60 a 70 dias após o transplante das mudas e duram 80 a 110 dias. Cultivo protegido: as colheitas se iniciam aos 55 a 65 dias após o transplante das mudas e duram 120 a 180 dias. O período de colheita depende de fatores como temperaturas durante o desenvolvimento e produção de frutos, dos sistemas de poda e desbrota da planta e dos preços do tomate no comércio, justificando ou não prolongar o período de colheita.

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Plant Defender Tecnologia Agrícola, Limeira (SP).

(³) Mhanai Treinamentos, Bragança Paulista (SP).

(⁴) Tomatec, Campinas (SP).

(⁵) Hidroceres, Santa Cruz do Rio Pardo (SP).

(⁶) Petrobrás, Campinas (SP).

**Produtividade:** Campo: 80 a 130 t ha<sup>-1</sup>. Cultivo protegido (com 2 plantas por m<sup>2</sup>): Tomate "tipo italiano": 200 a 260 t ha<sup>-1</sup>. Tomate "mini" ("cereja" ou "grape"): 100 a 160 t ha<sup>-1</sup>.

**Calagem:** Cerca de dois meses antes do plantio, aplicar calcário de preferência dolomítico, em área total do terreno, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário deve ser uniforme até pelo menos 20 cm de profundidade. Isso possibilita uma boa distribuição das raízes do tomateiro no perfil do solo.

**Adubação orgânica:** A adubação orgânica, além de proporcionar a melhoria nas propriedades físico-químicas do solo também atua no controle de nematoïdes, principalmente em áreas continuamente cultivadas com o tomateiro. Aos 30 a 40 dias antes do plantio, esparramar em área total do terreno e incorporar ao solo até pelo menos 20 cm de profundidade, 15 a 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido ou composto orgânico, ou 20% a 25% dessas quantidades como camas de frango de corte, galinha poedeira, suínos, ovinos, caprinos, ou ainda, 10% dessas quantidades de torta de mamona pré-fermentada.

**Adubação mineral de plantio:** As doses de nutrientes da tabela 1 podem ser aplicadas totalmente no sulco de plantio, misturadas em canteiros, ou ainda parceladas na operação de amontoa. Aplicar os adubos em sulcos com cerca de 10 cm de largura e 20 cm de profundidade, ou na área total dos canteiros, misturando-se bem os fertilizantes e o solo, aos 10 a 15 dias antes do transplante das mudas.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio<sup>(1)</sup> para tomate de mesa, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	—————	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	—————
40-60	700	450	300	120	220	150	100	60
B, mg dm <sup>-3</sup>				Cu, mg dm <sup>-3</sup>				Zn, mg dm <sup>-3</sup>
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
————— B, kg ha <sup>-1</sup> —————	————— Cu, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	————— Zn, kg ha <sup>-1</sup> —————	—————	—————	—————	—————
2,5	1,5	1	3	1,5	0,5	5	3	1

<sup>(1)</sup> Aplicar junto ao NPK de plantio, 20 a 40 kg ha<sup>-1</sup> de S e em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 2 a 3 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

Nos locais onde se realiza a amontoa ("chapeação"), dividir as doses da tabela 1, aplicando 70% no plantio como apresentado acima e 30% na amontoa. Esta prática consiste em amontoar terra junto aos tomateiros, aos 15 a 20 dias após o transplante das mudas.

**Adubação mineral de cobertura no campo (a céu aberto):** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura no campo (a céu aberto)

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
200-400	50-150	200-400

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados, lavouras com maior número de colheitas e com expectativa de altas produções.

A adubação de cobertura no campo deve ser parcelada em 8 a 12 vezes, com intervalos de 10 dias. A proporção de nutrientes na adubação de cobertura no início da fase de crescimento até o início da frutificação deve ser de 1,3 kg a 1,5 kg de N para 1 de K<sub>2</sub>O. Do início da frutificação até o final das colheitas a proporção entre estes nutrientes se inverte. O excesso de N promove desenvolvimento vegetativo exagerado e a ocorrência de podridão apical nos frutos, além de retardar o ciclo da cultura. Ajustar a dose de N se necessário. Recomenda-se aplicar, para tomateiros cultivados no campo um mínimo de 50% de N na forma nítrica, pois o excesso de N na forma amoniacal poderá causar toxidez ao tomateiro, inclusive predispondo-o a algumas doenças fúngicas.

**Adubação mineral de cobertura no campo (a céu aberto), com utilização de fertirrigação:** Neste caso, os fertilizantes são aplicados diariamente ou no mínimo três vezes por semana, atendendo a demanda das plantas desde o pegamento das mudas até o final da colheita. No início do crescimento, as doses de fertilizantes são menores e devem ser aumentadas de maneira gradativa até a fase de formação e colheita

dos frutos. É importante a análise periódica da qualidade da água de irrigação e do solo, devido à possibilidade de salinização e mudanças do pH. Os micronutrientes podem ser fornecidos tanto em pré-plantio, bem como nas fertirrigações durante o desenvolvimento e produção do tomateiro. A tabela 3 apresenta as recomendações de fertirrigação para tomate cultivado no campo (a céu aberto).

**Tabela 3.** Fertirrigação<sup>(1)</sup> em quantidades de nutrientes, para tomate de mesa cultivado no campo<sup>(2)</sup> (a céu aberto), nos diferentes períodos de desenvolvimento da cultura

<b>Período</b>	<b>Quantidade de nutrientes por período (semana) em gramas, para 1.000 plantas de tomate</b>												
	<b>(DAT)<sup>(3)</sup></b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Zn</b>
14-20	400	1.200	700	110	40	150	9	0,1	0,8	0,6	0,02	1	
21-27	600	1.200	1.300	230	80	300	9	0,1	0,8	0,6	0,02	1	
28-34	1.000	1.200	2.100	420	150	400	18	0,2	1,2	0,8	0,04	2	
35-41	1.200	1.200	2.400	480	170	420	18	0,2	1,2	0,8	0,04	2	
42-48	1.300	1.200	2.500	860	230	750	26	0,4	2,4	1,6	0,08	3	
49-55	1.400	1.200	2.500	970	250	810	26	0,4	2,4	1,6	0,08	3	
56-62	1.400	1.200	2.600	1.030	290	840	26	0,4	2,4	1,6	0,08	3	
63-69	1.500	1.100	2.800	1.050	320	870	35	0,4	2,4	1,6	0,08	3	
70-76	1.600	1.100	3.100	840	310	700	35	0,4	2,4	1,6	0,08	3	
77-83	1.500	1.100	2.900	720	290	600	26	0,4	2,4	1,6	0,08	3	
84-90	1.300	1.000	2.500	650	270	590	18	0,4	1,2	0,8	0,04	2	
91-97	1.100	800	2.300	620	240	560	18	0,2	1,2	0,8	0,04	2	
98-104	1.100	600	2.100	420	200	290	18	0,2	1,2	0,8	0,04	2	
105-111	800	300	1.800	300	180	260	9	0,1	0,8	0,6	0,02	1	
112-118	800	300	1.800	300	180	260	9	0,1	0,8	0,6	0,02	1	
<b>Total</b>	<b>17.000</b>	<b>14.700</b>	<b>33.400</b>	<b>9.000</b>	<b>3.200</b>	<b>7.800</b>	<b>300</b>	<b>4,0</b>	<b>23,6</b>	<b>16,0</b>	<b>0,76</b>	<b>32</b>	

<sup>(1)</sup> Fertilizar diariamente ou no mínimo, três vezes por semana, observando a compatibilidade entre os fertilizantes utilizados.

<sup>(2)</sup> Considerando uma população de 12.500 plantas de tomate em 1 hectare de área plantada, o total acima corresponde às seguintes quantidades de nutrientes fornecidas no período de 118 dias após o transplante das mudas, no campo: macronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ): N = 213; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 184; K<sub>2</sub>O = 418; Ca = 113; Mg = 40; S = 98; micronutrientes ( $\text{g ha}^{-1}$ ): B = 3750; Cu = 50; Fe = 295; Mn = 200; Mo = 10; Zn = 400.

<sup>(3)</sup> DAT = dias após o transplante das mudas no campo. O período 14 a 20 DAT corresponde à semana.

**Adubação mineral de cobertura para tomate sob cultivo protegido (estufa agrícola) com utilização de fertirrigação:** A tabela 4 apresenta as quantidades de nutrientes a serem aplicadas conforme os períodos de desenvolvimento (início de crescimento, pleno desenvolvimento e produção de frutos) do tomateiro sob cultivo protegido (estufa agrícola).

**Tabela 4.** Fertirrigação<sup>(1)</sup> em quantidades de nutrientes para tomate de mesa sob cultivo protegido<sup>(2)</sup> (estufa agrícola), nos diferentes períodos de desenvolvimento da cultura

<b>Período</b>	<b>Quantidade de nutrientes em gramas por período, para 1.000 plantas de tomate</b>					
	<b>DAT<sup>(3)</sup></b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
10-35	1.600	2.300	3.200	400	200	300
36-60	3.200	2.600	4.700	1.700	600	800
61-90	3.700	2.600	7.700	2.600	1.200	2.100
91-150	9.400	4.300	20.100	5.600	1.900	4.500
<b>Total</b>	<b>17.900</b>	<b>11.800</b>	<b>35.700</b>	<b>10.300</b>	<b>3.900</b>	<b>7.700</b>
<b>DAT<sup>(3)</sup></b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Mo</b>	<b>Zn</b>
10-35	6	1	8	6	0,5	2
36-60	9	2	12	9	1	4
61-90	30	4	20	15	1,5	6
91-150	35	8	40	30	3	12
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>15</b>	<b>80</b>	<b>60</b>	<b>6</b>	<b>24</b>
<b>Ni</b>						<b>6</b>

<sup>(1)</sup> Quantidades calculadas considerando-se fertirrigações realizadas três vezes por semana.

<sup>(2)</sup> Considerando 20.000 plantas de tomate em um hectare de cultivo protegido (2 plantas por m<sup>2</sup>) o total acima corresponde às seguintes quantidades de nutrientes, fornecidas no período de 150 dias: macronutrientes (kg ha<sup>-1</sup>): N = 358; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 236; K<sub>2</sub>O = 714; Ca = 206; Mg = 78; S = 154; micronutrientes (g ha<sup>-1</sup>): B = 1600; Cu = 300; Fe = 1600; Mn = 1200; Mo = 120; Zn = 480; Ni = 120.

<sup>(3)</sup> DAT = dias após transplante das mudas na estufa agrícola.

**Adubação foliar:** No campo pulverizar as plantas com solução de ácido bórico a 1 g L<sup>-1</sup>, sulfato de zinco a 3 g L<sup>-1</sup>, sulfato de cobre a 2 g L<sup>-1</sup>, cloreto de cálcio a 2 g L<sup>-1</sup>, sulfato de magnésio heptaidratado

a 2 g L<sup>-1</sup>, iniciando as aplicações cerca de 20 dias após o pegamento das mudas, repetindo a cada 20 a 30 dias. Aplicar o cloreto de cálcio separadamente dos demais produtos. Utilizar espalhante adesivo. Verificar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos agrícolas ou aplicar os fertilizantes foliares isoladamente.

## 25. TOMATE PARA INDÚSTRIA

Vanderlei Barbosa (<sup>1</sup>)  
Paulo Espíndola Trani (<sup>2</sup>)  
Francisco Antonio Passos (<sup>2</sup>)  
Marcelo Vieira (<sup>3</sup>)

O tomate para processamento industrial (*Solanum lycopersicum*), que representa cerca de 35% da produção total brasileira dos últimos cinco anos, tem como característica o cultivo rasteiro, sendo conduzido com maiores facilidades operacionais, com altos níveis de mecanização e também menor demanda nutricional em relação ao tomate tutorado, o que resulta em menores custos de produção. O cultivo na forma rasteira, no estado de São Paulo passou por profundas transformações nas últimas décadas. Entre 1970 e meados de 1980, o estado respondia pela maior parte da produção nacional, a cultura era "nômade", com baixo nível tecnológico e mecanização incipiente. Atualmente a produção se concentra principalmente nas regiões norte e noroeste do estado e é praticamente toda conduzida sob irrigação de pivô central, com alto nível tecnológico, utilizando híbridos de alto potencial produtivo, operações mecanizadas, inclusive a colheita. Isto se traduz em altas produtividades (média de 80 t ha<sup>-1</sup>), não sendo raros índices acima de 100 t ha<sup>-1</sup>, equiparando, portanto, à região central brasileira (Goiás e Minas Gerais), onde se concentra atualmente cerca de 85% da produção nacional destinada ao processamento industrial.

**Espaçamento e densidade populacional:** a) Para lavouras com fileiras duplas, o espaçamento varia de 0,5 m a 0,6 m entre fileiras e de 1,2 m a 1,4 m entre as fileiras duplas, com densidade populacional na faixa de 25.000 a 30.000 plantas por hectare, conforme a fertilidade do solo

---

(<sup>1</sup>) Advance Consultoria Agrícola.

(<sup>2</sup>) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(<sup>3</sup>) Blue Seeds.

(0,33 m a 0,47 m entre plantas, nas linhas); b) Para lavouras com fileiras simples, o espaçamento entre as mesmas varia de 1,2 m a 1,5 m, com densidade populacional na faixa de 25.000 a 30.000 plantas por hectare, conforme a fertilidade do solo (0,22 m a 0,33 m entre plantas, nas linhas).

Solos mais férteis suportam densidades populacionais menores e os solos menos férteis requerem maiores densidades para alcançar altas produtividades. No caso do tomate rasteiro visando o mercado de frutos para mesa (mercado fresco) sugere-se redução de até 30% na densidade populacional para a obtenção de frutos de maior tamanho.

**Ciclo:** Em média 120 dias entre o transplante das mudas e o ponto de colheita mecanizada (90% a 95% de frutos maduros). Este ciclo pode ser ligeiramente mais curto no caso de utilização de híbridos mais precoces e lavouras transplantadas no chamado “plantio do cedo” (fevereiro até meados de março). Pode também ser mais longo (até 130 dias) para lavouras transplantadas de abril a junho, pois estas cumprem a maior parte do ciclo durante o inverno.

**Produtividade:** 80 a 110 t ha<sup>-1</sup> para lavouras de ciclo precoce (110 a 120 dias) e 80 a 120 t ha<sup>-1</sup> para lavouras de ciclo tardio (120 a 130 dias).

**Calagem:** Aplicar o corretivo de acidez, dois a três meses antes do plantio, de preferência calcário dolomítico, para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio ao mínimo de 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A incorporação do calcário deve ser uniforme até pelo menos 20 cm de profundidade. Isso possibilita boa distribuição das raízes do tomateiro no perfil do solo, importante para a obtenção de altas produtividades.

**Adubação orgânica:** Em solos sob pivô central normalmente não se recomenda adubação orgânica, exceto em solos excessivamente arenosos. Adubações orgânicas em solos férteis podem provocar excesso de vigor vegetativo, maturação desuniforme, prolongamento do ciclo, fatores desfavoráveis à mecanização da colheita. Devido às extensas áreas cultivadas, nem sempre há disponibilidade de adubos orgânicos para uso em tomateiro de indústria. Uma opção é o uso de esterco de galinha, que pode ser empregado em dosagem relativamente baixa, de 2 a 4 t ha<sup>-1</sup>.

**Adubação mineral de plantio:** De 7 a 10 dias antes do transplante das mudas, e de acordo com análise de solo, aplicar nos sulcos as doses dos nutrientes citados na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para o tomate de indústria, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
	<26	26-60	61-120	>120	<1,6	1,6-3,0	3,1-6,0	>6,0
N, kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>				K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>			
30-50	450	300	200	80	180	120	80	40
B, mg dm <sup>-3</sup>			Cu, mg dm <sup>-3</sup>			Zn, mg dm <sup>-3</sup>		
<0,20	0,20-0,60	>0,60	<0,3	0,3-0,8	>0,8	<0,6	0,6-1,2	>1,2
B, kg ha <sup>-1</sup>			Cu, kg ha <sup>-1</sup>			Zn, kg ha <sup>-1</sup>		
2,5	1,5	1	3	1,5	0,5	5	3	1

Aplicar junto ao NPK de plantio, 30 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de S e, em solos deficientes em Mn (<1,2 mg dm<sup>-3</sup>), aplicar 2 a 3 kg ha<sup>-1</sup> de Mn.

Um cuidado importante na adubação de plantio é evitar o contato direto do fertilizante com as mudas, pois o efeito salino de fórmulas concentradas em N e K pode prejudicar ou mesmo causar a morte das plantas. Nesse sentido as adubações recomendadas na tabela 1 podem ser parceladas em duas etapas: 60% a 70% no plantio e o restante juntamente com a primeira adubação de cobertura, incorporando o fertilizante entre 10 cm e 15 cm de profundidade, ao lado e distante a 15 cm a 20 cm da fileira de plantas.

No caso do cultivo do tomate rasteiro para mercado fresco, recomendam-se aplicações de plantio de P e K 10% e 30% mais elevadas que os níveis da tabela 1, visando maior tamanho e qualidade dos frutos.

**Adubação mineral de cobertura:** As quantidades recomendadas de nutrientes em cobertura são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para o tomate de indústria

Nutriente		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>	Dose, kg ha <sup>-1</sup>
50-90	0-30	50-100

As doses menores de nutrientes são recomendadas para áreas que receberam adubação orgânica, solos férteis, com plantas bem desenvolvidas e altas concentrações de nutrientes nas folhas. Doses maiores de nutrientes devem ser empregadas para cultivares de maior exigência nutricional, cultivos adensados e lavouras com alta expectativa de produção.

As aplicações dos fertilizantes em cobertura são realizadas em duas, ou no máximo três etapas, aproximadamente aos 30, 45 e 60 dias após o transplante das mudas, repetindo as doses indicadas na tabela 2. Aplicações muito tardias de fertilizantes nitrogenados devem ser evitadas, pois provocam excesso de vigor, prolongando o ciclo e prejudicando a uniformidade da maturação, que é crucial para a colheita mecanizada. Alternativamente, formulações contendo N e K podem ser aplicadas via pivô central (fertirrigação).

**Adubação foliar:** As adubações foliares devem ser realizadas visando corrigir eventuais deficiências nutricionais durante o ciclo. O tomateiro é exigente em cálcio para garantir a qualidade comercial dos frutos.

**Adubação foliar:** No campo pulverizar as plantas com solução de ácido bórico a  $1 \text{ g L}^{-1}$ , sulfato de zinco a  $3 \text{ g L}^{-1}$ , sulfato de cobre a  $2 \text{ g L}^{-1}$ , cloreto de cálcio a  $2 \text{ g L}^{-1}$ , sulfato de magnésio heptaidratado a  $2 \text{ g L}^{-1}$ , iniciando as aplicações cerca de 20 dias após o pegamento das mudas, repetindo a cada 20 a 30 dias. Aplicar o cloreto de cálcio separadamente dos demais produtos. Utilizar espalhante adesivo. Verificar a compatibilidade dos fertilizantes foliares com defensivos agrícolas ou aplicar os fertilizantes foliares isoladamente.

Medidas para prevenir ou corrigir a ocorrência de podridão apical incluem:

- Correção da acidez do solo, visando elevar os níveis de Ca;
- Plantio de cultivares tolerantes, pois esta anomalia tem forte componente genético. Os materiais de fruto mais alongados, tipo "italiano", geralmente são mais sensíveis que os de frutos mais arredondados;
- Suprimento hídrico adequado, conforme a exigência do tomateiro.

## 3.12. FORRAGEIRAS

---

José Antonio Quaggio (¹)

Paulo Bardauil Alcântara (²)

Heitor Cantarella (¹)

Valdinei Tadeu Paulino (²)

Marcelo Ronaldo Villa (³)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**A**s recomendações de adubação e calagem levam em consideração o tipo de exploração e as características de diferentes grupos de forrageiras em função da rusticidade, adaptação aos solos tropicais e exigências nutricionais e de fertilidade do solo. No caso de gramíneas para pastos são definidos três grupos, sendo o grupo I de espécies mais exigentes em fertilidade do solo e alta resposta à adubação, e o grupo III, de espécies mais rústicas e mais tolerantes a solos ácidos. A diferenciação entre grupos é importante para a escolha da espécie para cada situação edafoclimática. No entanto, as recomendações de calagem e adubação para as gramíneas dos grupos II e III são semelhantes, pois os comportamentos das mesmas são próximos.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

(²) Instituto de Zootecnia (IZ).

(³) Matsuda Sementes.

**Tabela 1.** Lista de forrageiras conforme grupo de resposta a manejo e adubação

<b>Tipo de exploração</b>	<b>Forrageira</b>
<b>1. Gramíneas Grupo I</b>	<i>Megathirsus maximus</i> <sup>(1)</sup> (Tobiatã, Tanzânia, Mombaça, Tamani, Quênia, Zuri e Paredão); <i>Cynodon</i> (Coast-cross e Tiftons); <i>Pennisetum purpureum</i> - Elefante (Guaçu, Napier, Taiwan A 144, Paraíso, Carajás, Capileto e Capiaçu); <i>Urochloa brizantha</i> <sup>(2)</sup> (Marandu e MG5 Vitoria)
<b>2. Gramíneas Grupo II</b>	<i>Urochloa brizantha</i> (MG4, Mulato II, Braúna, Piatã, Mavuno, Ypíporã e outras); <i>M. maximus</i> (Aruana, Áries II, Makueni, Massai, entre outras); <i>Cenchrus ciliaris</i> (Aridus); <i>Cenchrus setigerus</i>
<b>3. Gramíneas Grupo III</b>	<i>Urochloa decumbens</i> (Basilisk); <i>U. humidicola</i> (Tupi, Comum Conda e Llanero); <i>Andropogon gayanus</i> (Planáltina, Tupã, Aratama e Caruanã); <i>Setaria sphacelata</i> (Kazungula, Tijuca, Amanari e Euphoria)
<b>4. Capineiras</b>	<i>Pennisetum purpureum</i> (Grupo Elefantes); <i>Pennisetum purpureum</i> x <i>P. glaucum</i> (híbridas)
<b>5. Forrageiras para fenação</b>	<i>Cynodon dactylon</i> (Coast-cross e Tiftons, Gigues); <i>Chloris gayana</i> (Rhodes); <i>Pennisetum clandestinum</i> (Kikuio); <i>M. maximus</i> (Áries II, Aruana e outras); <i>Medicago sativa</i> (Alfafas e outras)
<b>6. Pasto consorciado</b>	Gramíneas + leguminosas (soja perene, estilosantes, guandu, java e outras)

<sup>(1)</sup> Nomenclatura atual do antigo *Panicum maximum*.

<sup>(2)</sup> A maioria do gênero *Brachiaria* foi recentemente renomeado *Urochloa*.

## 2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA, AMOSTRAGEM DE FOLHAS E LIMITES DE INTERPRETAÇÃO

A extração aproximada de nitrogênio, fósforo e potássio, pela parte aérea colhida ou pastejada de forrageiras importantes no estado de São Paulo, apresenta-se na tabela a seguir, cujos dados podem ser utilizados para calcular a remoção de nutrientes pelo pastejo ou corte de forrageiras como capineiras ou para fenação.

As quantidades de nutrientes extraídas podem variar, dependendo da idade e estádio de desenvolvimento da planta, tipo de solo, adubação, entre outros (Tabela 2).

A composição foliar, para efeito de avaliação do estado nutricional das forrageiras, é apresentada para algumas espécies importantes no estado de São Paulo (Tabela 3). Para as gramíneas, a parte da planta

escolhida é aquela que simula a que o animal pasteja (brotação nova e folhas verdes), amostrada durante a fase de crescimento ativo (novembro a fevereiro).

A amostragem de plantas de espécies leguminosas deve ser feita também de novembro a fevereiro. Para a soja perene, a parte amostrada é a ponta dos ramos desde o ápice até a 3<sup>a</sup> ou 4<sup>a</sup> folha desenvolvida; para as estilosantes, o penteiro da planta (cerca de 15 cm); para a leucena, ramos novos com diâmetro até 5 mm; para a alfafa, o terço superior da planta no início do florescimento.

**Tabela 2.** Quantidade de nutrientes (N, P e K) extraídos na matéria seca da parte aérea de forrageiras

Forrageira	N	P	K
kg t <sup>-1</sup>			
<b>Gramíneas do Grupo I</b>			
Colonião	14	1,9	17
Elefante	14	2,0	20
Coast-cross	16	2,5	20
<b>Gramíneas do Grupo II</b>			
<i>U. brizantha</i>	13	1,0	18
<b>Gramíneas do Grupo III</b>			
Andropogon	13	1,1	20
<i>U. decumbens</i>	12	0,9	13
<b>Leguminosas para pasto consorciado</b>			
Soja perene	26	2	21
Estilosantes	21	1,5	18
<b>Fenação</b>			
Alfafa	35	2,9	28

**Tabela 3.** Faixas de teores de nutrientes adequados para algumas forrageiras, calculadas em função da matéria seca

Forrageira	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>					
<b>Gramíneas do Grupo I</b>											
Grupo <i>Megatheris</i>	15-25	1,0-3,0	15-30	3-8	1,5-5,0	1,0-3,0	10-30	4-14	50-200	40-200	20-50
Elefante	15-25	1,0-3,0	15-30	3-8	1,5-4,0	1,0-3,0	10-25	4-17	50-200	40-200	20-50
Coast-cross	15-25	1,5-3,0	15-30	3-8	2,0-4,0	1,0-3,0	10-25	4-14	50-200	40-200	30-50
Tifton	20-26	1,5-3,0	15-30	3-8	1,5-4,0	1,5-3,0	5-30	4-20	50-200	20-300	15-70
<b>Gramíneas do Grupo II</b>											
<i>U. brizantha</i>	13-20	0,8-3,0	12-30	3-6	1,5-4,0	0,8-2,5	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
<b>Gramíneas do Grupo III</b>											
Andropogon	12-25	1,1-3,0	12-25	2-6	1,5-4,0	0,8-2,5	10-20	4-12	50-250	40-250	20-50
<i>U. decumbens</i>	12-20	0,8-3,0	12-25	2-6	1,5-4,0	0,8-2,5	10-25	4-12	50-250	40-250	20-50
<b>Leguminosas forrageiras</b>											
Soja perene	20-40	1,5-3,0	12-30	5-20	2,0-5,0	1,5-3,0	30-50	5-12	40-250	40-150	20-50
Leucena	20-48	1,5-3,0	13-30	5-20	2,0-4,0	1,5-3,0	25-50	5-12	40-250	40-150	20-50
Estilosantes	20-40	1,5-3,0	10-30	5-20	1,5-4,0	1,5-3,0	25-50	6-12	40-250	40-200	20-50
Guandu	20-40	1,5-3,0	12-30	5-20	2,0-5,0	1,5-3,0	20-50	6-12	40-200	40-200	20-50
<b>Exploração intensiva</b>											
Alfafa	34-56	2,5-5,0	20-35	10-25	3-8	2,0-4,0	30-60	8-20	40-250	40-100	30-50

### 3. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM

#### Calagem:

**Gramíneas do Grupo I:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases para os valores de 70% e garantir o mínimo de 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de magnésio trocável;

**Gramíneas dos Grupos II e III:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases para os valores de 50% e garantir o mínimo de 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de magnésio trocável;

**Capineiras:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases para os valores de 80% e garantir o mínimo de 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de magnésio trocável;

**Pasto consorciado de gramíneas e leguminosas:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases para os valores de 70% e garantir o mínimo de 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de magnésio trocável;

**Forrageiras para fenação:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases para os valores de 80% e garantir o mínimo de 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de magnésio trocável;

**Modos de aplicação de calcário:** Na formação da pastagem, aplicar o calcário uniformemente sobre a superfície do terreno e incorporá-lo ao solo o mais profundamente possível. Em solos com teor baixo de Mg, empregar calcário dolomítico. Em locais onde esse tipo de calcário não é facilmente disponível, utilizar pelo menos 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico se o teor de Mg no solo for inferior a 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para as gramíneas dos Grupos II e III, ou 2 t ha<sup>-1</sup> se o teor de Mg no solo for inferior a 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> para as gramíneas do Grupo I, leguminosas, capineiras e forrageiras para fenação.

Em forrageiras já estabelecidas com boa cobertura do solo, cujo objetivo da calagem é a manutenção de boas características do solo, aplicar o calcário, com base na análise de solo, na superfície do terreno após o rebaixamento do pasto ou corte da planta, de preferência no início da estação chuvosa. Promover a incorporação do calcário quando for observado endurecimento de camadas superficiais do solo, no início das chuvas com umidade do solo suficiente para garantir novas brotações da forrageira. Além da grade, um equipamento ideal para esta operação é um escarificador com rolete destorrador, o qual compromete menos a forrageira.

Para a maioria das forrageiras, recomenda-se doses maiores de calcário na fase de formação devido ao efeito residual da calagem, pois a cultura deve permanecer no campo por vários anos. Para pastagens já estabelecidas, a saturação por bases alvo, listadas acima, para o grupo forrageiro pode ser reduzida em 10% a 20% levando em conta a tolerância da maioria das espécies a algum grau de acidez no solo e pela dificuldade de se incorporar o calcário.

Pastos degradados, com a superfície do solo exposta e endurecida, devem ser reformados ao invés de receber tratamento de manutenção. Para tanto, utilizar as recomendações de adubação e calagem para a formação.

**Gessagem:** A aplicação do gesso não substitui a calagem, mas melhora o ambiente radicular em subsuperfície para a forrageira. Aplicar gesso com base na análise de solo da camada de 20-40 cm, quando a saturação por bases for inferior a 25% ou a saturação de alumínio acima de 50% na CTC efetiva. O gesso deve ser distribuído uniformemente sobre o terreno e a incorporação pode ser leve com grade niveladora. As quantidades podem ser calculadas de acordo com a textura do solo, usando a seguinte fórmula:

$$\text{Argila (em g kg}^{-1}\text{)} \times 6 = \text{kg ha}^{-1} \text{ de gesso a aplicar}$$

**O gesso como fonte de enxofre:** O gesso pode ser empregado como fonte de enxofre, sendo necessárias doses de 1.000 a 1.500 kg ha<sup>-1</sup>, as quais devem ser suficientes para garantir o suprimento desse nutriente pelo período de 2 a 3 anos.

**Adubação de formação:** Aplicar os nutrientes de acordo com os grupos de forrageiras e as características químicas do solo, indicados na tabela 4.

As doses de adubo, especialmente de P, estão dimensionadas levando em consideração o retorno econômico médio da atividade. No entanto, as pastagens podem responder, com aumento de produção, a doses de P cerca de 30% maiores que as recomendadas.

Para a formação de pastos com gramíneas, distribuir os adubos com P e K separados das sementes, com semeadeira-adubadeira apropriada para pastagem. Quando usar fosfato solúvel em água, dar preferência à forma granulada. Se houver necessidade de aplicar apenas fósforo, esse adubo pode ser juntado à semente, desde que a mistura seja feita, no máximo, na véspera do plantio (não misturar adubo potássico à semente).

Opcionalmente, pode-se empregar, como fonte de fósforo, termofosfatos ou fosfatos naturais reativos (ex. hiperfosfato). Quando utilizar fosfato natural não reativo, de menor solubilidade, não substituir com essa fonte, mais de 60% da dose total de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> recomendada. Esse adubo deve ser aplicado e incorporado ao solo antes da calagem.

Para as forrageiras para fenação, que podem necessitar doses altas de K na formação, não aplicar mais de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no sulco de plantio. Se a dose exceder esse valor, aplicar o restante do K a lanço antes do plantio ou em cobertura, cerca de 30 a 40 dias após a emergência das plantas.

**Tabela 4.** Recomendações de adubação de formação para forrageiras

N no plantio	N aos 30-40 dias	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				S kg ha <sup>-1</sup>		
		<7	7-15	16-40	>40	<0,8	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0			
— N, kg ha <sup>-1</sup> —		P <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>				K <sub>2</sub> O, kg ha <sup>-1</sup>				S, kg ha <sup>-1</sup>		
<b>Gramíneas para pasto exclusivo, Grupo I</b>												
0	40 <sup>(1)</sup>	100	70	40	0	60	40	0	0	20		
<b>Gramíneas para pasto exclusivo, Grupo II e III</b>												
0	40 <sup>(1)</sup>	80	60	40	0	50	30	0	0	20		
<b>Capineiras</b>												
0	50	120	100	60	30	80	60	30	30	20		
<b>Forrageiras para fenação</b>												
0	50 <sup>(1)(2)</sup>	120	100	60	30	100	80	60	40	30		
<b>Pasto consorciado</b>												
0	0	100	80	60	30	60	40	30	0	30		

<sup>(1)</sup> Aplicar nitrogênio em cobertura cerca de 30 dias após a germinação, somente quando as plantas apresentarem sintomas de deficiência deste nutriente, caracterizados por crescimento lento, coloração verde pálida ou amarelecimento generalizado.

<sup>(2)</sup> No caso de leguminosas, tal como alfafa, dispensar a adubação nitrogenada.

Em pasto de gramíneas consorciadas com leguminosas, devem-se adotar práticas visando favorecer o estabelecimento desta última. Não misturar adubo com as sementes de leguminosas. Rebaixar o pasto assim que o capim começar a sombrear a leguminosa.

Para os diferentes grupos de forrageiras, aplicar as doses de zinco de acordo com a análise de solo, conforme tabela 5.

**Tabela 5.** Recomendações de adubação com Zn para forrageiras

Forrageira	Zn no solo, mg dm <sup>-3</sup>		
	<0,6	0,6-1,2	>1,2
Zn, kg ha <sup>-1</sup>			
Gramíneas Grupo I	3	2	0
Gramíneas Grupo II e III	2	1	0
Capineiras	5	3	0
Forrageiras para fenação	5	3	0
Pasto consorciado	3	2	0

Os micronutrientes podem ser aplicados com os demais adubos de formação.

Para pasto consorciado ou alfafa para fenação, além do Zn da tabela acima; acrescentar 1 kg ha<sup>-1</sup> de B na aplicação ao solo e 50 g ha<sup>-1</sup> de Mo no tratamento de sementes de leguminosas.

Para pastos de gramíneas, aplicar a adubação PK e 60% do N de preferência no início da estação das águas, após o rebaixamento do pasto. A aplicação de adubo, especialmente de N, pressupõe um nível adequado de manejo e utilização do pasto. Recomenda-se aplicar parte do N no final da estação chuvosa (fevereiro-março) a fim de estender o período de produção do pasto.

Em caso de devolução de todo o esterco à capineira, as doses de nutrientes recomendadas podem ser reduzidas à metade.

Em capineiras e forrageiras para fenação, reaplicar, anualmente, metade da dose de micronutrientes recomendada para a fase de formação, junto à adubação de manutenção feita no início da estação chuvosa.

Para a alfafa, se a fixação biológica de N não se mostrar eficiente, aplicar 40 kg de N t<sup>-1</sup> de matéria seca após cada corte, juntamente com o K. Os sintomas de baixa fixação de N são o amarelecimento das folhas, o crescimento reduzido e a ausência de nódulos efetivos nas raízes.

**Tabela 6.** Adubação de manutenção: em forrageiras estabelecidas, aplicar os nutrientes conforme a tabela abaixo, para sistemas em pastejo direto ou corte, respectivamente

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				S
	<7	7-15	16-40	>40	<0,8	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0	
N, kg ha <sup>-1</sup>	$P_2O_5$ , kg ha <sup>-1</sup>				$K_2O$ , kg ha <sup>-1</sup>				S, kg ha <sup>-1</sup>
<b>Gramíneas do Grupo I</b>									
120	50	40	20	0	50	40	30	0	20
<b>Gramíneas do Grupo II e III<sup>(1)</sup></b>									
80	40	30	20	0	40	30	20	0	20
<b>Capineiras<sup>(2)</sup></b>									
150	50	40	20	0	180	120	80	40	30
<b>Forrageiras para fenação<sup>(2)</sup></b>									
200 <sup>(3)</sup>	50	40	20	0	140	120	80	40	30
<b>Pasto consorciado</b>									
80 <sup>(4)</sup>	40	30	20	0	50	40	30	0	30

<sup>(1)</sup> Em função da maior rusticidade e riscos de ataques de cigarrinhas, que aumentam em espécies suscetíveis com alto desenvolvimento vegetativo, as doses de nutrientes NPK poderão ser reduzidas em 30% para *U. decumbens* e *U. humidicola*.

<sup>(2)</sup> Doses de adubo após cada corte, baseado em estimativa de produção de 10 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca por corte para capineiras e 5 a 7 t ha<sup>-1</sup> para as forrageiras para fenação.

<sup>(3)</sup> Dispensar a adubação nitrogenada na cultura da alfafa.

<sup>(4)</sup> Dispensar a adubação nitrogenada em pasto consorciado com alta produtividade de forrageira, indicando que as leguminosas estão suprindo adequadamente o N para o sistema. Para capineiras, considerar MS (matéria seca) = matéria fresca x 0,20; para feno, MS = feno x 0,85.

## 3.13. PLANTAÇÕES FLORESTAIS E SERINGUEIRA

---

José Leonardo de Moraes Gonçalves (¹)

José Carlos Arthur Junior (²)

José Henrique Tertulino Rocha (³)

Alexandre de Vicente Ferraz (⁴)

Iraê Amaral Guerrini (⁵)

### 1. INTRODUÇÃO

**E**m decorrência da predominância de solos de baixa fertilidade em áreas florestas e da considerável exportação de nutrientes com produtos florestais, o cultivo mínimo e a fertilização são essenciais para garantir a sustentabilidade da produtividade a longo prazo. Sobretudo nos solos com baixa fertilidade, as remoções sucessivas de nutrientes com as colheitas aumentam consecutivamente o potencial de resposta à fertilização.

---

(¹) Departamento de Ciências Florestais, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP).

(²) Departamento de Silvicultura, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

(³) GEPLANT Tecnologia Florestal.

(⁴) Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF).

(⁵) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

As espécies florestais têm sistema radicular bastante desenvolvido e vigoroso, explorando maior volume de solo em profundidade que a maioria das culturas agrícolas, sobretudo, as de ciclo curto. Esta característica permite que as árvores transfiram grande quantidade de nutrientes absorvidos das camadas inferiores do solo para as superiores, por meio do processo de ciclagem de nutrientes. Este é um dos mecanismos que lhes possibilita adaptar-se bem em solos considerados pouco férteis para culturas agrícolas. A exploração de camadas profundas do solo também funciona como um mecanismo de adaptação das árvores aos períodos de deficiência hídrica. Se o solo tiver boa permeabilidade, o eucalipto pode explorar camadas abaixo de 2 m de profundidade. Assim, as perdas por lixiviação são pequenas e a capacidade de reciclar os nutrientes é grande, com importantes implicações para o balanço de nutrientes do ecossistema. A sincronização entre a liberação dos nutrientes da serapilheira e absorção pelo sistema radicular é um processo vital para a manutenção do ciclo dos nutrientes em florestas tropicais, principalmente aquelas situadas em solos de baixa fertilidade.

Sob cobertura florestal a demanda de nutrientes pelas árvores é, em grande parte, garantida pelas ciclagens biogeoquímica e bioquímica, bem como pelo profuso sistema radicular, frequentemente micorrizado. Todos os nutrientes estão associados aos processos de ciclagem e grande parte deles se encontra em formas orgânicas.

## 2. FASES NUTRICIONAIS DO POVOAMENTO FLORESTAL

Didaticamente, as fases nutricionais do povoamento florestal podem ser divididas em: antes, durante e depois do fechamento das copas. A compreensão dessas fases e do ciclo dos nutrientes é fundamental para o adequado planejamento e manejo nutricional.

Antes do fechamento das copas, nos primeiros meses de adaptação no campo, normalmente um a três meses pós-plantio, as taxas de acúmulo de nutrientes são pequenas. Nesse período, para assegurar o suprimento de água e nutrientes, as mudas alocam grande quantidade de fotoassimilados e nutrientes existentes em sua copa para a síntese de raízes. Por causa disso, perdem parte do viço, podendo mostrar sintomas

de deficiência de nutrientes. Com o crescimento radicular, o suprimento de água e nutrientes fica assegurado, fase em que os fotoassimilados são direcionados preferencialmente para a expansão da área foliar, de modo a aumentar a captação de luz e a fixação de carbono.

Após o fechamento, as copas estão totalmente desenvolvidas e a ciclagem de nutrientes está estabelecida, diminuindo a resposta à fertilização, pois a disponibilidade de luz e água passa a ser mais limitante que aquela de nutrientes. As taxas de acúmulo de nutrientes diminuem e estes são reciclados e realocados internamente na planta. Há pequenas variações nas quantidades de nutrientes acumuladas, comportamento este normalmente associado às flutuações sazonais das condições ambientais, que atuam sobre a estabilidade dos órgãos mais ativos e dinâmicos das árvores, como folhas e raízes finas.

### 3. AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DE FERTILIZAÇÃO

#### 3.1. ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

A análise de solo é a forma mais prática de avaliar a fertilidade do solo e atualmente, há boa disponibilidade de curvas de calibração para espécies com diferentes exigências nutricionais, o que facilita a interpretação dos resultados das análises.

Coletar em glebas homogêneas de no máximo 50 hectares pelo menos 20 amostras simples para cada amostra composta representativa da camada de 0-20 cm. Ocionalmente, deve-se amostrar camadas inferiores (20-40 cm e 40-60 cm). Em áreas com relevo acidentado é recomendável separar as glebas conforme a posição na encosta: superior, média e baixada.

Os limites de interpretação dos teores de elementos no solo para eucalipto (Tabela 1) diferem daqueles das culturas anuais. Plantas florestais em geral têm menores exigências, ciclos mais longos e exploram maiores volumes de solo.

**Tabela 1.** A interpretação dos resultados da análise de solo, para amostras coletadas na camada de 0-20 cm, para plantações de eucalipto pode ser feita com base na tabela abaixo

Atributo do solo	Tehr <sup>(1)</sup>			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
Matéria orgânica <sup>(2)</sup> (g dm <sup>-3</sup> )		0-15	15-30	>31
P resina <sup>(3)</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	<3	3-4	5-7	>7
K <sup>+</sup> trocável <sup>(3)</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	<0,5	0,5-0,9	1,0-1,5	>1,5
Ca trocável <sup>(3)</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		<4	4-7	>7
Mg trocável <sup>(3)</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		<2	2-4	>4
B <sup>(4)</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )		<0,21	0,21-0,60	>0,60
Zn <sup>(5)</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )		<0,6	0,6-1,2	
Cu <sup>(5)</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )		<0,3	0,3-0,8	
Mn <sup>(5)</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )		<1,3	1,3-5,0	
Fe <sup>(5)</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )		<5	5-12	

<sup>(1)</sup> Para os teores muito baixo, baixo e médio, o potencial de resposta à fertilização é alto, moderado e baixo, respectivamente. Se o teor é alto, não há resposta à fertilização.

<sup>(2)</sup> Dicromato de potássio e ácido sulfúrico.

<sup>(3)</sup> Resina trocadora de íons.

<sup>(4)</sup> Água quente.

<sup>(5)</sup> DTPA.

### 3.2. ANÁLISE FOLIAR

A melhor época de amostragem é aquela em que as plantas estão em pleno crescimento, sem limitações térmicas ou hídricas. Normalmente, isso ocorre depois da metade da primavera e durante o verão, em períodos nos quais não há estiagem. Quando as temperaturas estão abaixo do ideal para a espécie e/ou há déficit hídrico, as concentrações foliares são alteradas.

Amostrar folhas recém-maduras, com limbo foliar típico, situadas entre a terceira e a quinta inserção a partir da ponta do galho. Antes do fechamento das copas, se não há sombreamento entre copas de árvores adjacentes, amostrar uma folha de cada ponto cardeal do terço

médio ou superior da copa. Depois do fechamento das copas, por causa do autossombreamento, amostrar o terço superior da copa, pois está plenamente exposto à luz solar. Recomenda-se amostrar pelo menos 20 árvores em cada gleba homogênea, quanto ao histórico de uso, ao tipo de solo, à topografia e às condições climáticas. Cada gleba não deve ter mais de 50 hectares.

As plantas devem ser amostradas pelo menos um mês depois do término das fertilizações de cobertura, ainda em tempo de fazer alguma suplementação se for necessário. Assim, avaliar se a fertilização foi efetiva para atingir os níveis críticos dos nutrientes. Para o eucalipto, fazer a análise foliar entre seis e doze meses pós-plantio, estádio em que as plantas estão em plena expansão foliar. As faixas de teores foliares de nutrientes adequadas para algumas espécies são apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Faixa adequada de macro e micronutrientes em folhas de *Eucalyptus grandis*, do híbrido *E. urophylla x grandis*, e acículas do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, do *P. taeda* e do *P. elliottii* (plantas adultas)

Nutriente	Espécie				
	<i>E. grandis</i>	<i>E. urophylla x grandis</i>	<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	<i>P. taeda</i>	<i>P. elliottii</i>
g kg <sup>-1</sup>					
<b>N</b>	22,0-25,0	20,0-24,0	13,0-15,0	12,0-18,0	10,0-16,0
<b>P</b>	0,9-1,5	0,9-1,4	0,7-0,9	0,9-1,2	0,8-1,1
<b>K</b>	5,5-8,0	7,0-9,5	4,5-7,0	4,0-7,0	4,0-7,0
<b>Ca</b>	5,0-8,0	5,5-8,0	1,3-1,6	1,0-1,4	0,8-1,2
<b>Mg</b>	2,5-4,0	2,5-4,0	0,6-0,8	0,6-0,8	0,4-0,6
<b>S</b>	0,6-0,7	0,6-0,7	0,7-1,1	0,8-1,2	0,6-1,0
mg kg <sup>-1</sup>					
<b>B</b>	25-50	25-50	15-25	15-25	10-15
<b>Cu</b>	3,5-5,5	3,0-5,0	2,0-4,0	1,5-4,0	2,0-4,0
<b>Fe</b>	75-250	75-200	50-200	30-100	40-120
<b>Mn</b>	100-250	100-250	100-500	100-500	200-500
<b>Zn</b>	15-25	15-25	20-30	20-30	25-35

## 4. EUCALIPTO E PINUS

Os fatores que mais restringem a produtividade das plantações de eucalipto são, em ordem de importância: a deficiência hídrica, a deficiência nutricional e a profundidade efetiva do solo. As plantações clonais monoespecíficas e com híbridos interespecíficos de *Eucalyptus* têm sido fundamentais para a adaptação das plantas em áreas com estresses hídricos e nutricionais. Os ganhos de produtividade de madeira atribuídos à fertilização mineral são bem variáveis, mas, geralmente altos e representam em média 30% a 50%.

As árvores de *Pinus* têm ritmo de crescimento mais lento do que o *Eucalyptus* nos três ou quatro primeiros anos de estabelecimento. Elas também possuem alta capacidade de associação com as ectomicorrizas, o que as tornam eficientes na exploração de microsítios do solo, inacessíveis às raízes finas. Estas micorrizas alteram a rizosfera por meio da exsudação de exoenzimas, como as fosfatas ácidas, e ácidos carbônicos, disponibilizando macro e micronutrientes por mineralização e complexação. Por isso, os *Pinus* apresentam menor demanda nutricional que o *Eucalyptus*. Assim, as plantações de *Pinus* requerem níveis críticos nutricionais, relativamente, baixos, adaptando-se bem em solos com baixa fertilidade natural.

Comumente as árvores de *Pinus* não respondem à fertilização. Quando isto ocorre, os ganhos de produtividade são inferiores a 15%. As fertilizações podem acelerar o crescimento inicial das árvores, facilitando o controle das plantas daninhas.

### 4.1. CALAGEM

As espécies florestais e os híbridos de *Eucalyptus* e *Pinus* são adaptadas a solos ácidos e, portanto, toleram altos teores de Al e Mn. Assim, a calagem tem como função suprir as plantas em Ca e Mg. A quantidade de calcário a ser aplicada em plantações de eucalipto pode ser calculada pela fórmula:

$$NC = \frac{[20 - (Ca + Mg)]}{10}$$

Em que:

$$\text{NC} = \text{Necessidade de calcário dolomítico (t ha}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Ca} + \text{Mg} = \text{Teores trocáveis no solo (mmol}_c\text{ dm}^{-3}\text{)}$$

Isto corresponde à adição de cerca de 400 a 500 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, equivalente à quantidade exportada com a madeira e a casca em uma rotação de cultivo (6 a 7 anos). Usar calcário dolomítico. O calcário pode ser aplicado a lanço em área total antes do plantio ou em faixas de 1,0 m a 1,5 m de largura, sobre a linha de plantio. Alternativamente, o calcário pode ser aplicado antes da colheitas, nas entrelinhas de cultivo, logo após a roçagem do sub-bosque, realizada para facilitar a operação de colheita. O calcário não precisa ser incorporado e nem ter alto poder de neutralização total (PRNT), pois sua finalidade é fornecer Ca e Mg. Destaca-se que a prática da calagem não é usual em plantações de *Pinus*.

#### 4.2. APLICAÇÃO DE GESSO E SUPRIMENTO DE ENXOFRE

Os objetivos da aplicação de gesso para plantações de eucalipto são: i) fornecimento de Ca e S às árvores; e ii) carreamento de bases para camadas subsuperficiais do solo. A diminuição da toxidez causada pelo Al para o eucalipto é pouco relevante pois este apresenta bom desenvolvimento radicular mesmo em condições de alta saturação de Al em subsuperfície.

A demanda para o uso do gesso é mais comum em solos do cerrado os quais apresentam, de modo geral, baixa disponibilidade de Ca. O carreamento desse nutriente para camadas subsuperficiais (abaixo de 30 cm), pode estimular o desenvolvimento radicular. Consequentemente, espera-se que as plantações de eucalipto fiquem mais eficientes em absorver água e nutrientes, aumentando a produtividade, especialmente em regiões com elevado déficit hídrico.

Recomenda-se a aplicação de gesso em quantidades baseada no teor de argila do solo. Aplicar 0,4, 0,6 ou 0,8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente para solos com teores de argila, em g kg<sup>-1</sup>: <150, 150 a 300 e >300.

A aplicação do gesso pode ser feita em faixa ou em área total, não havendo necessidade de incorporação devido à alta mobilidade deste

produto no solo. O gesso pode ser aplicado misturado ao calcário, o que diminui o número de operações, consequentemente, os custos de aplicação.

#### 4.3. RECOMENDAÇÕES DE FERTILIZAÇÃO NITROGENADA, FOSFATADA E POTÁSSICA

Em condições tropicais e subtropicais, as plantações de eucalipto e pinus raramente respondem à fertilização nitrogenada durante as primeiras rotações de cultivo após a implantação dos povoamentos. Devido às altas exportações desse nutriente via colheita e da exaustão das reservas do nitrogênio mineralizável, o potencial de resposta à fertilização nitrogenada aumenta, após sucessivas rotações de cultivo, sobretudo em solos com baixo teor de matéria orgânica.

Por outro lado, em solos de baixa fertilidade, as respostas às fertilizações fosfatada e potássica são observadas em solos originários de rochas sedimentares. As maiores respostas ao potássio ocorrem em solos de textura arenosa e média, com deficiência hídrica sazonal.

Nas tabelas 3, 4 e 5 encontram-se as recomendações de fertilizantes NPK para plantações de eucalipto e pinus.

**Tabela 3.** Recomendações de N para uma rotação de cultivo de *Eucalyptus* ou *Pinus*, de acordo com o teor de matéria orgânica do solo (camada de 0-20 cm)

Gênero	Matéria orgânica do solo, g dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-30	>30
	kg ha <sup>-1</sup> de N		
<i>Eucalyptus</i>	60	40	20
<i>Pinus</i>	30	20	0

**Tabela 4.** Recomendações de fósforo para uma rotação de cultivo de *Eucalyptus* ou *Pinus*, de acordo com o teor de argila e deste nutriente na camada de 0-20 cm do solo

Teor de argila	Gênero	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			
		<3	3-4	5-7	>7
g kg <sup>-1</sup>		Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>			
150	<i>Eucalyptus</i>	40	40	20	0
	<i>Pinus</i>	30	20	0	0
150-350	<i>Eucalyptus</i>	50	40	30	0
	<i>Pinus</i>	30	30	0	0
>350	<i>Eucalyptus</i>	70	50	30	0
	<i>Pinus</i>	40	30	0	0

**Tabela 5.** Recomendações de potássio para uma rotação de cultivo de *Eucalyptus* e *Pinus*, de acordo com o teor de argila e deste nutriente na camada de 0-20 cm do solo

Teor de argila	Gênero	K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
		0-0,5	0,6-0,9	1,0-1,5	>1,5
g kg <sup>-1</sup>		Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg ha <sup>-1</sup>			
150	<i>Eucalyptus</i>	140	120	100	20
	<i>Pinus</i>	70	60	0	0
150-350	<i>Eucalyptus</i>	160	140	120	20
	<i>Pinus</i>	80	70	0	0
>350	<i>Eucalyptus</i>	180	160	140	20
	<i>Pinus</i>	90	80	0	0

As recomendações de fertilização fosfatada e potássica, em função das classes texturais dos solos, estão fundamentadas em duas razões principais: a) normalmente, os solos mais argilosos são mais produtivos e apresentam maior demanda nutricional de fósforo e potássio. Os maiores índices de produtividade conseguidos nos solos mais argilosos são atribuídos à maior capacidade de retenção de água e nutrientes desses solos; b) como nos solos usados para fins de florestamento a composição mineralógica das argilas é predominantemente de natureza sesquioxídica, o teor de argila está diretamente relacionado com o potencial de fixação de fósforo. Portanto, quanto maiores os teores de argila do solo, maiores as doses de fósforo e potássio a serem aplicadas.

#### 4.4. FERTILIZAÇÃO DE PLANTIO OU DE BASE

As doses de fósforo da tabela 4 devem ser integralmente aplicadas no plantio, pois este nutriente é pouco móvel no solo. Aplicar o fertilizante fosfatado em filete contínuo ou intermitente, no sulco de subsolagem, entre 10 e 20 cm de profundidade, ou em coveta lateral à muda (cerca de 10 cm de distância e 10 cm de profundidade). Em solos argilosos, com maior capacidade de adsorção de fósforo, aplicar o fertilizante em coveta lateral. Nos solos arenosos e de textura média, aplicar em filete contínuo ou intermitente, o que propicia melhor resultado que a aplicação em coveta lateral. Em cultivo mínimo ou plantio direto, a aplicação localizada do fertilizante na camada superficial (horizonte A) resulta em menor fixação de fósforo e aumenta a eficiência de uso do nutriente.

Na fertilização de plantio, visando acelerar o crescimento das mudas e, portanto, sua capacidade competitiva com as plantas daninhas, recomenda-se aplicar localadamente, em filete contínuo no sulco de subsolagem ou em coveta lateral, entre  $10 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e de  $\text{K}_2\text{O}$ .

#### 4.5. FERTILIZAÇÃO DE COBERTURA

As doses de nitrogênio e potássio devem ser parceladas em uma ou duas fertilizações de cobertura (Tabelas 3 e 5). Recomenda-se aplicar um terço das doses de nitrogênio e potássio na primeira fertilização de cobertura e, o restante, na segunda fertilização. Doses de até  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N ou  $\text{K}_2\text{O}$  devem ser aplicadas integralmente em uma única fertilização de cobertura, pois os riscos de lixiviação são muito baixos.

A primeira aplicação de fertilizantes em cobertura é feita em filetes contínuos ou em meia-lua, aplicados a lanço, na projeção da copa. A copa deve ter cerca de 50 cm de diâmetro médio. Nas demais fertilizações de cobertura, por conta do adiantado estádio de crescimento do sistema radicular e da parte aérea, a aplicação dos fertilizantes pode ser feita a lanço em área total ou em faixas de 30 cm ou mais nas entrelinhas. Realizar a segunda fertilização de cobertura quando as copas atingirem cerca de 100 cm a 120 cm de diâmetro médio.

#### 4.6. ÉPOCA DE APLICAÇÃO

Para definir as épocas de aplicação dos fertilizantes, considerar as fases de crescimento da floresta: antes, durante e após o fechamento das copas. Isso tem relação com a demanda nutricional das árvores, as quais têm sistema radicular ainda em formação e com pouca capacidade de ciclagem de nutrientes.

As fertilizações de cobertura não devem coincidir com os períodos de chuvas intensas, tampouco quando os níveis de umidade do solo estiverem muito baixos. Para os plantios de outono nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, quando os índices pluviométricos são baixos, as fertilizações devem ser feitas antes do inverno, aproveitando a umidade do solo gerada pelas últimas chuvas. Assim, as plantas têm condições de absorver os nutrientes antes de começar o período mais seco e frio do ano. Vale ressaltar que com maior concentração de potássio e boro nas folhas, as plantas ficam menos sensíveis à seca e à geada.

#### 4.7. FERTILIZAÇÃO COM MICRONUTRIENTES

Entre os micronutrientes, o B é o que causa a maior limitação de produtividade nas plantações de eucalipto. Os fatores que predispõem à deficiência de B são: i) solos altamente intemperizados, profundos e permeáveis, principalmente aqueles originados de rochas sedimentares, com textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica; e ii) longos períodos de deficiência hídrica.

A suscetibilidade à deficiência de B varia entre as espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia*. Dentre as mais sensíveis, estão algumas das mais produtivas mesmo sob estresse hídrico, por exemplo, *Corymbia citriodora* e *E. camaldulensis*.

Na região dos Cerrados, em solos com baixo teor de B ( $\leq 0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e com baixa a moderada deficiência hídrica (menor que 100 mm), recomenda-se a aplicação de 2 a 3 g de B por planta de eucalipto. Se a deficiência hídrica for alta (maior que 100 mm), recomenda-se aplicar 4 a 5 g de B por planta.

São raras as respostas a Fe, Mn, Cu e Zn, contudo, estas tendem a ficar mais comuns após várias rotações de cultivo, particularmente nas

áreas nunca fertilizadas com micronutrientes ou naquelas sob condições edafoclimáticas desfavoráveis. Sobretudo o Zn e Cu podem ser aplicados na fertilização de manutenção, prevenindo ou repondo as remoções ocorridas durante a colheita de produtos florestais.

#### 4.7.1. FORMA E ÉPOCA DE APLICAÇÃO DOS MICRONUTRIENTES

Recomenda-se fazer a aplicação de boro conjuntamente com a primeira fertilização de cobertura de nitrogênio e potássio. Entre as melhores fontes de boro citam-se a ulexita parcialmente acidificada e o bórax.

Aplicar os micronutrientes metálicos em dose única em filete contínuo ou em coveta lateral, conjuntamente com a fertilização de plantio. Estes nutrientes são aplicados nas formas de óxidos ou FTE (Fritted Traced Elements). Quando utilizar o FTE a dose a ser aplicada não deve exceder  $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de cobre.

### 5. FERTILIZAÇÃO DA BROTAÇÃO DO EUCALIPTO

As brotações de eucalipto precisam ser fertilizadas de modo a manter ou elevar a produtividade da primeira rotação de cultivo. Consistentemente, as brotações de eucalipto têm dado respostas consideráveis apenas à fertilização potássica. Isso ocorre devido às amplas remoções de potássio do sistema com a colheita de madeira, à baixa disponibilidade no solo e à alta sensibilidade do eucalipto a deficiência deste nutriente.

O uso de tabelas de interpretação da fertilidade do solo e de recomendações de fertilizantes não tem funcionado bem para brotações de eucalipto, em decorrência do efeito das reservas orgânicas e minerais contidas na cepa e dos estoques de nutrientes contidos nos resíduos florestais (serapilheira e sobras da colheita das árvores). Para a maioria dos nutrientes, as quantidades acumuladas na parte aérea e exportadas são diretamente relacionadas às quantidades produzidas de madeira. Por isso, a reposição nutricional com base nas quantidades exportadas de nutrientes na madeira é um bom critério para recomendações de fertilizantes.

O potássio, nutriente mais limitante e responsivo nas plantações em que se conduz a brotação, deve ser aplicado em doses que variam

entre 110 e 190 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para produtividades esperadas de madeira com casca entre 30 e 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 6). Para esta mesma variação de incremento médio anual (IMA) de madeira, se a casca for mantida no campo, as doses devem variar entre 70 e 110 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

### 5.1. CALAGEM

Se o teor de Ca trocável for  $\leq 7 \text{ mmol}_{\text{c}} \text{ dm}^{-3}$  na camada de 0-20 cm do solo e for colhida madeira com casca, recomenda-se aplicar, baseado na Tabela 6, entre 200 e 350 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, ou seja, aproximadamente, 1.000 a 1.700 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, de acordo com o IMA. Se a casca for mantida no campo, as doses de calcário dolomítico devem ser bem menores, entre 400 e 700 kg ha<sup>-1</sup>.

### 5.2. RECOMENDAÇÕES DE FERTILIZAÇÃO

Ainda que sejam baixas as expectativas de resposta às aplicações de N e P, deve-se aplicar entre 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Também é recomendável aplicar o B, com dose variando entre 3 g e 5 g por planta, dependendo da deficiência hídrica local e do teor de matéria orgânica de solo. A dose menor deve ser aplicada nos sítios que têm baixa deficiência hídrica (até 3 meses, menor que 100 mm) e solos com baixo a médio teor de matéria orgânica e, a dose maior, nos sítios com alta deficiência hídrica (5 a 7 meses, maior que 100 mm), independentemente do teor de matéria orgânica no solo. Dessa forma, ainda que não haja resposta a algum desses nutrientes, ao menos se está fazendo reposição parcial de quantidades perdidas com a colheita, a erosão, a lixiviação e a volatilização. São quantidades relativamente pequenas de fertilizantes, que não oneram muito o custo de produção. De qualquer forma, cabe uma análise técnica criteriosa de como proceder.

Como a maioria dos solos usados nas plantações de eucalipto são oxídicos e ácidos, as disponibilidades de Fe, Mn, Cu e Zn no solo são médias a altas, tornando rara a probabilidade de resposta a estes micronutrientes. Sobretudo para o Zn e Cu, contidos no solo em menor quantidade, é interessante aplicá-los em mistura com os demais

fertilizantes, prevenindo ou repondo as remoções ocorridas durante a colheita de produtos florestais, além de outras perdas edáficas.

Devido à preexistência de sistema radicular e ao rápido crescimento dos brotos, a demanda nutricional é antecipada, devendo a fertilização ser realizada em idades mais jovens do que na primeira rotação de cultivo. A fertilização é feita em cobertura, depois da desbrota, que pode ser precoce, entre 3 e 6 meses pós-colheita ou, tardia, entre 12 e 15 meses pós-colheita.

Os fertilizantes podem ser aplicados em dose integral ou parcelada em duas vezes. A distribuição dos fertilizantes pode ser feita a lanço sobre a superfície do solo, sem incorporação. À medida que os nutrientes são solubilizados, serão prontamente absorvidos pelo intenso raizame contido na camada superficial. Os riscos de lixiviação de nutrientes são baixos, em decorrência do profuso sistema radicular da brotação.

**Tabela 6.** Quantidade média de nutrientes exportada pelo eucalipto, com ou sem casca, em função do incremento médio anual

Nutriente	Incremento Médio Anual - IMA, m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>		
	30	40	50
kg ha <sup>-1</sup> do nutriente			
<b>Madeira com casca</b>			
N	200	260	330
P	40	55	70
K	120	160	200
Ca	200	270	340
Mg	25	30	40
S	40	50	60
<b>Madeira sem casca</b>			
N	170	230	280
P	30	40	55
K	70	90	110
Ca	80	110	140
Mg	12	16	20
S	35	45	55

## 6. REFLORESTAMENTO MISTO COM ESPÉCIES TÍPICAS DA MATA ATLÂNTICA

O potencial de crescimento é variável entre as espécies. As espécies dos estádios iniciais da sucessão, pioneiras e secundárias iniciais, apresentam taxas de crescimento superior às secundárias tardias e clímax. Quanto maiores as taxas de crescimento maiores as demandas, as capacidades de absorção e de acumulação de nutrientes em tecidos vegetais. Por isso, as espécies pioneiras e secundárias iniciais são mais responsivas à fertilização.

### 6.1. CALAGEM

O objetivo principal da calagem não deve ser elevar os níveis de pH e bases do solo, visando neutralizar ou reduzir os efeitos tóxicos do Al e/ou Mn, mas aumentar as disponibilidades de Ca e Mg. Portanto, recomenda-se para o cálculo da calagem elevar a saturação por bases no solo para 50%, que é bem mais baixo em relação às culturas anuais. A aplicação deverá ser feita a lanço, em faixas de 1,0 m a 1,5 m de largura, sobre as linhas de preferência, antes do plantio ou nos primeiros seis meses pós-plantio. Usar sempre o calcário dolomítico para garantir também o suprimento de magnésio.

### 6.2. FERTILIZAÇÃO NITROGENADA, FOSFATADA E POTÁSSICA

Devido à grande diversidade e de exigências nutricionais das espécies nativas, é difícil fazer recomendações de fertilização específicas para cada espécie. Por essa razão, as recomendações se baseiam nas exigências nutricionais das espécies de crescimento rápido (pioneiras e secundárias iniciais), o que pode resultar em superdosagens para as espécies de crescimento lento, com menor eficiência de aproveitamento dos fertilizantes. Por outro lado, com este procedimento, nenhum grupo de espécies recebe quantidades limitantes de nutrientes.

As aplicações de N e o K devem ser parceladas, parte no plantio e parte aplicada em cobertura. A época de aplicação do fertilizante de cobertura deve coincidir com os períodos de grande demanda nutricional das plantas (períodos de maior crescimento da copa), de forma a elevar a

eficiência de aproveitamento do fertilizante. As doses recomendadas de nutrientes são apresentadas na tabela 7.

**Tabela 7.** Recomendações de fertilização para o estabelecimento de reflorestamentos mistos com espécies da Mata Atlântica, tendo por base os resultados das análises de solo na camada de 0-20 cm

Fertilização	MO, g dm <sup>-3</sup>			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-30	>30	<6	6-12	>12	<0,8	0,8-1,5	>1,5
	— N, g planta <sup>-1</sup> —	— P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , g planta <sup>-1</sup> —	— K <sub>2</sub> O, g planta <sup>-1</sup> —						
<b>Pioneiras e secundárias iniciais (Espécies de crescimento rápido)</b>									
<b>Plantio</b>	10	10	10	50	30	0	10	10	10
<b>Cobertura</b>	40	20	0	0	0	0	80	60	0
<b>Secundárias tardias e clímax (Espécies de crescimento lento)</b>									
<b>Plantio</b>	10	10	10	25	15	0	10	10	10
<b>Cobertura</b>	20	0	0	0	0	0	25	0	0

### 6.3. MICRONUTRIENTES

Aplicar 1 kg ha<sup>-1</sup> de B em solos com teores de B ≤0,20 mg dm<sup>-3</sup> (camada de 0-20 cm) e 0,5 kg ha<sup>-1</sup> de Cu em solos com teores ≤0,2 mg dm<sup>-3</sup> (camada de 0-20 cm). A aplicação de B deve ser feita na fertilização de cobertura e, a de Cu, na fertilização de plantio. Se as fontes destes nutrientes forem formas silicatadas (FTE), fazer a aplicação na fertilização de plantio.

### 6.4. FORMA E ÉPOCA DE APLICAÇÃO DOS FERTILIZANTES

Aplicar os fertilizantes de plantio em duas covetas laterais (5 cm a 10 cm de profundidade), a 10 cm das mudas, em lados opostos. Alternativamente, o fertilizante poderá ser aplicado em filete contínuo no sulco de plantio. Neste caso, a eficiência de aproveitamento do fertilizante é menor, pois grande parte da quantidade aplicada ficará muito distante das raízes da muda. Não misturar o fertilizante junto à terra da cova de plantio, porque, dependendo das quantidades de N e K, poderá ocorrer a morte ou retardamento do crescimento das mudas devido ao efeito salino das fontes destes nutrientes.

Aplicar os fertilizantes de cobertura na projeção das copas, em meia-lua ou, de preferência, espalhado ao redor de toda copa. Para as espécies de crescimento rápido, geralmente, 60 a 90 dias pós-plantio, se as condições climáticas estiverem favorecendo um ritmo normal de crescimento. Nesta idade, o sistema radicular já deve ter ocupado grande volume de solo e a área foliar deve ser ampla. Normalmente, a projeção da copa terá entre 50 cm a 100 cm de diâmetro. Nestas circunstâncias, a demanda de nutrientes é alta, pois a planta está em franca expansão da área foliar e do sistema radicular. Na maioria dos casos, não é técnica e economicamente viável voltar ao povoamento para fazer a fertilização de cobertura das espécies de crescimento lento quando elas tiverem alcançado o tamanho ideal, o que pode levar mais de seis meses. Por isso, fazer as fertilizações de cobertura conjuntamente com as das espécies de crescimento rápido. Fazer a aplicação do fertilizante após a capina ou sob condições de baixa infestação de plantas daninhas.

## 7. SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis*)

José Antonio Quaggio (¹)  
Rodrigo Marcelli Boaretto (¹)  
Ondino Cleante Bataglia (¹)

A seringueira, originária da Amazônia, onde se desenvolvia em solos ácidos e pobres, foi melhorada geneticamente, sendo hoje cultivada na forma de clones com alta produtividade. Muitos experimentos evidenciam respostas no crescimento e produtividade em função da melhoria do solo e do suprimento de nutrientes.

Basicamente o suprimento de nutrientes visa o crescimento das plantas, antecipação do início da sangria, produtividade e qualidade do látex. Todavia, a remoção de nutrientes pela extração do látex é muito pequena, de modo que a formação do dossel é sempre a maior demanda.

Os cuidados na adubação devem privilegiar o estabelecimento do sistema radicular em profundidade e lateral nas entrelinhas responsável pela reciclagem de nutrientes das folhas caídas. Por isso, mesmo onde

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

a fertirrigação é a principal forma de fornecimento dos nutrientes, recomenda-se que parte dos nutrientes seja aplicada a lanço na projeção da copa visando à formação desse sistema radicular.

**Espaçamento:** Os espaçamentos mais comuns variam de 7,0 m a 8,0 m entrelinhas e de 2,5 m a 4,0 m entre plantas, num total de 350 a 600 plantas por hectare, dispostas preferencialmente em quincôncio.

**Amostragem e análise química de folha:** Amostrar as folhas no verão nos meses de janeiro a março. Em plantas com até 4 anos coletar folha sem pecíolo, do último lançamento maduro de ramo exposto ao sol, em 15-20 plantas por talhão. Em plantas com 5 anos ou mais, coletar a segunda folha sem pecíolo do último lançamento maduro, de 15 a 20 plantas de ramo sombreado no interior da copa. Os teores adequados de macro e micronutrientes de seringueira são apresentados na tabela 1.

**Tabela 1.** Teores adequados de macro e micronutrientes nas folhas de seringueira

N	P	K	Ca	Mg	S
— g kg <sup>-1</sup> —					
10-30	2-3	10-14	10-20	3-5	2-3
— mg kg <sup>-1</sup> —					
B	Cu	Fe	Mn	Zn	
30-70	8-12	50-300	50-400	25-50	

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 50% e o teor de magnésio a um mínimo em 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do seringal, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 25%. Em seringal já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 50 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, de acordo com o espaçamento. Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, contendo zinco. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes, pode ser utilizado.

**Adubação de formação:** Aplicar as doses de nutrientes indicadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para o seringal em formação, em função da idade das plantas e da análise de solo

Idade	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<6	6-8	>8	<1,6	1,6-3,0	>3,0
anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
0-1	30	30	20	10	40	30	30
1-2	40	40	30	20	60	50	40
2-3	60	40	30	20	70	60	40
Idade	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<6	6-8	>8	<1,6	1,6-3,0	>3,0
3-4	80	50	40	30	80	60	40
4-5	80	60	40	30	90	70	40
5-6	80	50	40	30	90	70	40

**Adubação de produção:** Aplicar os nutrientes indicados na tabela 3.

**Tabela 3.** Recomendações de adubação para o seringal em produção, em função da idade das plantas e da análise de solo

<b>Idade</b>	<b>N</b>	<b>P resina, mg dm<sup>-3</sup></b>			<b>K<sup>+</sup> trocável, mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></b>		
		<6	6-8	>8	<1,6	1,6-3,0	>3,0
anos	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	—	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—	—
7	80	50	40	30	90	70	40
8	60	40	30	20	70	60	40
9	50	40	30	20	60	50	40
10	50	40	30	20	60	50	40
>10	40	40	30	20	60	40	30

Em solos com teores de P maiores do que 20 mg dm<sup>-3</sup> ou de K maiores do que 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> não aplicar esses nutrientes.

Os fertilizantes devem ser parcelados em duas ou três vezes durante a estação das chuvas e aplicados a lanço em faixas de largura crescente na projeção das copas.

**Adubação com micronutrientes:** As deficiências de micronutrientes mais frequentes em seringais são de Zn, Cu e B. Estas deficiências podem ser corrigidas realizando três ou quatro adubações foliares por ano, utilizando uma solução contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (0,5 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,0 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (2,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico).

Em seringais com idade superior a dois anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, duas ou três vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de herbicida.

## 3.14. ORNAMENTAIS, FLORES E PALMITO PUPUNHA

---

Carlos Eduardo Ferreira de Castro (¹)

Angela Maria Cangiani Furlani (¹)

Antonio Fernando Caetano Tombolato (*in memoriam*) (¹)

Tais Tostes Graziano (¹)

Luiz Antonio Ferraz Matthes (¹)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS E DIAGNOSE FOLIAR

**A**s recomendações de adubação para plantas ornamentais e flores seguem a estrutura da versão anterior do B-100, com pequenas atualizações conceituais adotadas na presente edição. As informações básicas, tais como teores de nutrientes em folhas, que caracterizam o estado nutricional desta categoria de plantas, pouco mudaram. As pesquisas em adubação de plantas ornamentais evoluem, mas, em ritmo mais lento do que para frutíferas, cereais e outros grupos de plantas. Assim, muitas das tabelas aqui apresentadas mantêm os dados sólidos da versão anterior. Por esta razão, as autorias foram mantidas.

As plantas ornamentais e flores constituem um grupo amplo de espécies e variedades, cultivadas em condições de campo, canteiros, ambiente protegido e vasos. Muitas são plantas de alto valor econômico, exigentes em água e nutrientes, para as quais o investimento em nutrição não constitui parte relevante dos custos de produção, ao contrário de culturas alimentícias e matérias primas industriais. Deste modo, as recomendações visam otimizar a produção e qualidade do produto comercializado.

Os dados da tabela 1 indicam as faixas de teores de macro e micronutrientes foliares de diversas espécies de plantas ornamentais,

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

usados como indicadores de plantas com desenvolvimento normal ou nutrição adequada. De modo geral, as faixas são relativamente amplas e devem ser interpretadas juntamente com outras observações sobre as condições de crescimento das plantas.

**Tabela 1.** Faixas de teores de nutrientes considerados adequados para algumas plantas ornamentais, com base em folhas maduras totalmente expandidas

Planta	Teores de nutrientes nas folhas totalmente expandidas					
	N	P	K	Ca	Mg	S
g kg <sup>-1</sup>						
Antúrio	16-30	2,0-7,0	10-35	12-10	5-10	1,6-7,5
Azaléa	15-25	2,0-5,0	5-15	5-15	2,5-10	2,0-5,0
Begônia	40-60	3,0-7,5	25-60	10-25	3,0-7,0	3,0-7,0
Crisântemo	40-60	2,5-10	40-60	10-20	2,5-10	2,5-7,0
Gladíolo	30-55	2,5-10	25-40	5-45	1,5-3,0	-
Gloxínia	30-50	2,5-7,0	25-50	10-30	3,5-7,0	2,5-7,0
Gypsophila	43-60	3-7	35-45	26-40	4-10	2,5-7,0
Hibiscus	25-45	2,5-10	15-30	10-30	2,5-8,0	2,0-5,0
Palmeira (areia)	25-35	1,5-8,0	14-40	10-25	2,5-8,0	2,1-7,5
Rosa	30-50	2,5-5,0	15-30	10-20	2,5-5,0	2,5-7,0
Schefflera	25-35	2,0-5,0	23-40	10-15	2,5-7,5	2,0-8,0
Violeta Africana	30-60	3,0-7,0	30-65	10-20	3,5-7,5	3,0-7,0
mg kg <sup>-1</sup>						
Antúrio	25-75	6-30	50-300	50-200	25-100-	
Azaléa	25-75	6-25	50-250	40-200	20-200	
Begônia	20-75	6-30	50-200	50-200	25-200	
Crisântemo	25-75	6-30	50-250	50-250	20-250	
Gladíolo	25-100	8-20	50-200	50-200	20-200	
Gloxínia	25-50	8-25	50-200	50-300	20-50	
Gypsophila	25-100	9-25	50-200	50-200	25-200	
Hibiscus	25-100	6-50	50-200	40-200	20-200	
Palmeira (areia)	15-60	6-50	50-250	50-250	25-200	
Rosa	30-60	7-25	60-200	30-200	18-100	
Schefflera	20-60	10-60	50-300	40-300	20-200	
Violeta Africana	25-75	8-35	50-200	40-200	25-200	

## 2. USO DE SUBSTRATOS COMERCIAIS

A maior parte das plantas ornamentais é exigente em qualidade física do solo ou do substrato onde são cultivadas. Geralmente, as recomendações para o preparo de canteiros para plantas ornamentais incluem a aplicação de adubos orgânicos e compostos, que, além de fornecer nutrientes, conferem propriedades físicas adequadas ao solo, tais como alta aeração e permeabilidade para a água de chuva ou irrigação.

Para plantas cultivadas em vasos, as recomendações incluem o preparo do substrato a partir da mistura de solo com materiais orgânicos tais como estercos animais, compostos, húmus de minhoca, casca de arroz carbonizada, etc. O preparo desses substratos inclui recomendações para a adição de calcário e fertilizantes.

Uma opção é o uso de substratos já prontos para vasos. Há no mercado grande oferta de substratos, que são crescentemente utilizados no cultivo de plantas ornamentais. Os substratos comerciais têm composição bastante variada e são preparados a partir materiais orgânicos diversos (esterco, compostos, húmus de minhoca, turfa, casca de pinus, serragem, etc.) misturados ou não com solo ou areia. Muitos substratos comerciais contêm calcário e nutrientes e são prontos para uso. Neste caso, as recomendações de correção de acidez e adubação feitas neste capítulo para o preparo de substrato não se aplicam, pois podem resultar em materiais com excesso de nutrientes e/ou valores de pH muito altos, prejudicando o desenvolvimento das plantas.

Caso não queira preparar seu próprio substrato, o produtor de plantas ornamentais deve consultar o fabricante do substrato comercial ou as especificações da embalagem, para se certificar de que o material é adequado para o cultivo da espécie de planta desejada.

## 3. AMARÍLIS (*Amaryllis*)

*Amaryllis* é um gênero de plantas bulbosas que produzem flores muito apreciadas. Desenvolve-se bem em solos férteis e bem drenados. Pode ser cultivada em canteiros ou vasos para comercialização.

**Espaçamento:** 0,3 m entre linhas por 0,1 m entre bulbos, em canteiros de 1,0 m a 1,2 m de largura por 0,3 m de altura (350.000 bulbos por hectare).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases do volume de solo do canteiro a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em 8,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. O cálculo da calagem pode ser expresso em kg por 2,0 m<sup>3</sup> de solo do canteiro. Na formação ou reforma do canteiro, distribuir o corretivo uniformemente sobre o canteiro e incorporá-lo com todo volume de solo do canteiro.

**Adubação orgânica:** Aplicar 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha curtido. Misturar bem com o solo.

**Adubação mineral de plantio:** Para canteiros de 30 cm de altura, aplicar de acordo com a análise de solo as doses de nutrientes da tabela 1. Misturar os fertilizantes com o esterco e calcário com todo volume de solo dos canteiros.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O		
40	240	160	80	240	160	80

**Adubação com micronutrientes:** Aplicar as doses de micronutrientes da tabela 2 misturando-os com todo volume de solo dos canteiros. Reaplicar 50% da dose de B após 6 meses. Este nutriente pode ser aplicado dissolvido em água de irrigação.

**Tabela 2.** Recomendações de doses de micronutrientes para a amarilis, em função da análise de solo

Micronutrientes no solo					
B, mg dm <sup>-3</sup>		Mn, mg dm <sup>-3</sup>		Zn, mg dm <sup>-3</sup>	
0,6	>0,6	<1,2	>1,2	<1,2	>1,2
kg ha <sup>-1</sup> de B		kg ha <sup>-1</sup> de Mn		kg ha <sup>-1</sup> de Zn	
1,5	1,0	5,0	3,0	4,0	2,0

**Adubação de cobertura:** Durante 8 meses, a cada 20 dias, aplicar 35 kg ha<sup>-1</sup> de N, num total de até 420 kg ha<sup>-1</sup> de N. Entre 4º ao 8º mês, aplicar a cada 20 dias juntamente com o nitrogênio, 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O num total de até 480 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Em cultivos sucessivos, antes da reforma do canteiro, fazer análise de solo para evitar acidificação excessiva e acúmulo de sais pela adubação elevada.

#### 4. ANTÚRIO (*Anthurium*)

Há centenas de espécies do gênero *Anthurium*, melhoradas geneticamente para produzir flores de diversas cores e formatos. Plantas de antúrio são cultivadas em canteiros e vasos. Trata-se de planta exigente em fertilidade e requer solos bem drenados e ricos em matéria orgânica.

**Espaçamento:** 0,4 m x 0,4 m, em canteiros de 1,0 m a 1,5 m de largura e distribuídos em três linhas. Manter distância mínima entre canteiros de 0,4 m (40.000 a 43.000 mudas por hectare).

**Calagem:** O antúrio não tolera valores de pH elevados. Por essa razão, aplicar calcário para elevar a saturação por bases do volume de solo do canteiro para apenas 40% e o teor de magnésio a um mínimo em 4,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. O cálculo da calagem pode ser expresso em kg por 2,0 m<sup>3</sup> de solo do canteiro. Na formação ou reforma do canteiro, distribuir o corretivo uniformemente sobre o canteiro e incorporá-lo com todo volume de solo.

**Adubação orgânica:** Aplicar 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha curtido.

**Adubação mineral de plantio:** Para canteiros de 40 cm de altura, aplicar de acordo com a análise de solo, as doses de nutrientes da tabela 1. Misturar os fertilizantes com o esterco e calcário e todo volume de solo dos canteiros.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para canteiros de antúrios, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	_____ kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> _____	_____	_____	_____ kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O _____	_____	_____
200	150	100	50	150	100	50

Parcelar a adubação mineral em seis aplicações por ano. Repetir anualmente, a adubação orgânica e a adubação mineral.

## 5. CRISÂNTEMO (*Chrysanthemum*)

Há centenas de espécies do gênero *Chrysanthemum* cultivadas como planta ornamental. São plantas herbáceas, que requerem solos férteis e bem drenados. São geralmente cultivadas em canteiros em áreas com alta luminosidade, mas sem incidência direta de sol.

**Espaçamento:** 12,5 cm x 12,5 cm entre plantas no verão e 12,5 cm x 15 cm no inverno, em canteiros de 1,2 m de largura x 0,2 m de altura (70 plantas/m<sup>2</sup> de canteiro ou 700.000 plantas por hectare).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases do volume de solo do canteiro a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em 8,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. O cálculo da calagem pode ser expresso em kg por 2,0 m<sup>3</sup> de solo do canteiro. Na formação ou reforma do canteiro, distribuir o corretivo uniformemente sobre o canteiro e incorporá-lo com todo volume de solo do canteiro.

**Adubação orgânica:** Aplicar 40 litros por m<sup>2</sup> de canteiro de palha de arroz carbonizada ou produto similar, misturando-se muito bem com o solo.

**Adubação mineral de plantio:** Para canteiros de 40 cm de altura, aplicar de acordo com a análise de solo as doses de nutrientes da tabela 1. Misturar os fertilizantes, o esterco e calcário com todo volume de solo dos canteiros.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para canteiros de crisântemos, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	_____ kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> _____	_____	_____	_____ kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O _____	_____	_____
30	300	200	100	150	100	50

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar 320 kg ha<sup>-1</sup> de N e 150 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O da seguinte forma: 30 dias após o plantio, 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; 60 dias após o plantio, mais 60 kg ha<sup>-1</sup> de N; a partir dos 40 dias após o plantio, usar fertirrigação a cada dez dias (4 vezes), aplicando 5 litros m<sup>-2</sup> de canteiro de uma solução contendo, por litro, 1,0 g de N, 0,5 g de K<sub>2</sub>O, 10 mg de Mn, 2 mg de B e 1 mg de Zn. Em plantios sucessivos, fazer anualmente análise de solo dos canteiros.

## 6. GLADÍOLO (*Gladiolus*)

Há mais de uma centena de espécies de gladiólos ou palma, plantas com bulbos do gênero *Gladiolus*, utilizada para a produção de flores para corte ou simplesmente para ornamentar parques e jardins.

**Espaçamento:** 8 cm a 10 cm na linha, por 40 cm a 60 cm entrelinhas (300.000 bulbos por hectare).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 60% e o teor de magnésio a um mínimo em 9 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do jardim, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar nos sulcos de plantio, antes do transplante dos bulbos, os nutrientes indicados na tabela 1, de acordo com a análise de solo. Misturar bem os fertilizantes com o solo para evitar riscos de efeito salino devido às altas doses de K.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para gladiolo, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	_____ kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> _____	_____	_____	_____ kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O _____	_____	_____
30	200	150	80	150	100	60
<b>Micronutrientes no solo</b>						
_____ B, mg dm <sup>-3</sup> _____	_____ Mn, mg dm <sup>-3</sup> _____	_____ Zn, mg dm <sup>-3</sup> _____	_____	_____	_____	_____
0,6	>0,6	<1,2	>1,2	<1,2	>1,2	_____
_____ kg ha <sup>-1</sup> de B _____	_____ kg ha <sup>-1</sup> de Mn _____	_____ kg ha <sup>-1</sup> de Zn _____	_____	_____	_____	_____
2,0	1,0	3,0	1,0	4,0	2,0	_____

**Adubação mineral de cobertura:** Distribuir uniformemente na superfície do solo, três aplicações de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, nos seguintes estádios: i) plantas com duas a três folhas; ii) emergência da inflorescência e duas semanas após o florescimento.

## 7. GLOXÍNIA (*Gloxinia*)

As gloxínias são plantas geralmente cultivadas em vasos, com flores de grande beleza. Para o bom desenvolvimento da planta o cultivo deve ser feito em solo de alta fertilidade, rico em e boa drenagem. O ambiente nas estufas deve ter alta luminosidade, mas as gloxínias não toleram a incidência direta de sol. O gênero *Gloxinia* conta com mais de 70 espécies, com flores com ampla variedade de cores e formatos.

**Envassamento:** Vasos de 15 a 16 cm de diâmetro, para as variedades maiores, e vasos de 10 cm a 12 cm de diâmetro, para as menores, para mudas com 60 dias de idade, em 3º transplante.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases do volume de solo a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em 8,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Misturar o corretivo uniformemente com todo volume de solo usado para o enchimento dos vasos.

**Substrato para o 2º e 3º transplantes:** Preparar o substrato misturando-se 1 m<sup>3</sup> de húmus, esterco bem curtido ou composto, 1 m<sup>3</sup>

de vermiculita e 1 m<sup>3</sup> de areia. Substratos comerciais também podem ser utilizados para os vasos.

**Adubação mineral:** Aplicar os adubos de acordo com análise de solo do substrato e a seguinte tabela:

**Tabela 1.** Recomendações de adubação do substrato para o cultivo de gloxinias

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O		
50	500	250	150	500	250	150

Renovar o substrato a cada transplante. Trinta dias depois, irrigar as plantas com uma solução contendo, por litro, 100 mg de N, 100 mg de K<sub>2</sub>O, 2,0 mg de B e 1,0 mg de Zn. No reaproveitamento de substrato, fazer nova análise química.

## 8. GYPSOPHILA (*Gypsophila*)

A gypsophila, ou mosquitinho, é uma delicada flor de corte, de plantas do gênero *Gypsophila*, cultivada em canteiros, utilizada para a composição de arranjos florais ou ramalhetes.

**Espaçamento:** 5 cm entre plantas, em canteiros e 40 cm x 50 cm entre plantas, no campo.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do jardim, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%.

**Adubação orgânica:** Aplicar, 30 dias antes do plantio, juntamente com o calcário, 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral curtido, se disponível.

**Adubação mineral de plantio:** Misturar bem com o solo do canteiro, os fertilizantes contendo os nutrientes indicados na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para a gypsophila, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O		
30	180	120	60	60	40	20

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar 120 kg ha<sup>-1</sup> de N e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, parcelados em três vezes, aos 30, 60 e 90 dias após o plantio.

Fazer análises de solo anuais para reavaliar a necessidade de calagem e adubação.

## 9. PLANTAS ORNAMENTAIS ARBÓREAS

**Espaçamento:** Variável conforme a espécie a ser cultivada.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do jardim, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível.

**Adubação de formação:** Aplicar, por cova, em mistura com terra da superfície, 200 g de uma fórmula de plantio 08-28-16, ou similar contendo micronutrientes como Zn, Mn e B na sua composição. Aplicar três vezes 20 g de N em cobertura, 30 dias após o plantio e, depois, de dois em dois meses.

**Adubação de manutenção:** Aplicar anualmente as doses de nutrientes indicados na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio para plantas ornamentais arbóreas, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
100	100	80	60	100	80	60

Essa adubação poderá ser realizada anualmente ou cada dois anos, conforme o desenvolvimento do bosque ornamental.

**Adubação com micronutrientes:** Em bosques na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico).

## 10. PLANTAS ORNAMENTAIS ARBUSTIVAS E HERBÁCEAS

**Espaçamento:** Variável conforme a espécie a ser cultivada.

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 60% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do jardim, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível.

Quando a espécie for a azaléa reduzir o cálculo da calagem para 40% para evitar valores de pH elevados que prejudicam as plantas.

**Adubação de formação:** Aplicar, por cova, em mistura com terra da superfície, 200 g de uma fórmula de plantio 08-28-16, ou similar contendo micronutrientes como Zn, Mn e B. Aplicar N parcelado em três vezes: 20 g de N por planta em cobertura 30 dias após o plantio e, depois, de dois em dois meses.

**Adubação de manutenção:** Aplicar anualmente fertilizantes contendo os nutrientes indicados na tabela 1. Ajustar as doses para a área dos canteiros.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de manutenção de plantas ornamentais arbustivas, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O		
120	100	80	60	100	80	60

Parcelar a adubação em três ou quatro vezes, aplicando os fertilizantes do início até o fim da estação das chuvas. Em solos com teor de P superior a 80 mg dm<sup>-3</sup> ou de K superior a 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, não é necessário aplicar esses nutrientes.

**Adubação com micronutrientes:** Em bosques na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico).

## 11. ROSA (*Rosa* spp.)

O gênero Rosa conta com mais de 100 espécies e milhares de cultivares e híbridos. São plantas arbustivas que produzem flores de uma grande variedade de cores e formatos. As flores das roseiras estão entre as mais apreciadas no mundo e têm alto valor comercial.

**Espaçamento:** No campo, linhas duplas de 1,0 m x 0,5 x 0,5 m, para mudas enxertadas, e linhas simples de 1,0 m x 0,12 m para pés francos; em estufa, 1,3 m x 0,3 m x 0,2 m (25 a 43 mil mudas ha<sup>-1</sup>).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do roseiral, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%.

**Adubação orgânica:** No plantio, empregar 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral bem curtido, ou 3 t ha<sup>-1</sup> de esterco de galinha, ou 1 t ha<sup>-1</sup> de torta de mamona.

**Adubação mineral de formação:** Incorporar nos sulcos de plantio, as quantidades de nutrientes indicadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de formação para o roseiral, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	_____ kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> _____	_____ kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O _____				
20	300	200	100	120	80	60

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, parcelando as aplicações em quatro vezes desde o início até o fim da estação das chuvas.

**Adubação de manutenção:** Aplicar os nutrientes indicados na tabela 2, divididos em quatro ou cinco doses mensais, sendo a primeira após a poda.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de manutenção para o roseiral, em função da análise de solo

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	_____ kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> _____	_____ kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O _____				
300	180	120	60	300	200	100

**Adubação com micronutrientes:** Em roseirais na fase de formação e em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), zinco (3,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,5 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico).

## 12. VIOLETA-AFRICANA (*Saintpaulia*)

As violetas africanas são plantas cultivadas em vasos, com flores delicadas e de grande beleza, pertencentes ao gênero *Saintpaulia*. Há dezenas de espécies com flores com grande variedade de cores. São plantas para cultivo interior ou em estufas.

**Envasamento:** Vasos de 12 cm de diâmetro, para mudas de 2º transplante com 4 a 6 meses de idade.

**Calagem:** Aplicar calcário ao solo para o preparo dos vasos para elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio a um mínimo em  $8,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Misturar o corretivo uniformemente com todo volume de solo usado para o enchimento dos vasos.

**Substrato para o 2º e 3º transplantes:** Mistura de 1 m<sup>3</sup> de húmus, 1 m<sup>3</sup> de vermiculita e 1 m<sup>3</sup> de areia.

**Adubação mineral:** Misturar os nutrientes indicados na tabela 1 com o solo ou substrato para o envasamento para produção de violetas africanas.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para o substrato de vasos para o cultivo de violeta africana

N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —	—
50	500	250	150	500	250	150

Renovar o substrato a cada transplante. Trinta dias depois, irrigar as plantas com uma solução contendo, por litro, 100 mg de N, 100 mg de K<sub>2</sub>O, 2,0 mg de B e 1,0 mg de Zn. No reaproveitamento de substrato, fazer nova análise química. Ao irrigar as plantas, evitar aplicar a solução sobre as folhas.

## 13. PALMITO PUPUNHA (*Bactris gasipaes*)

Valéria Aparecida Modolo (¹)

Heitor Cantarella (¹)

Paulo Espíndola Trani (¹)

### 13.1. INFORMAÇÕES GERAIS

A pupunheira é uma palmeira perene, cespitosa, que nos últimos anos tem se firmado como principal produtora de palmito cultivado. Para produção de palmito, seu cultivo, feito de forma adensada, tem ocupado as mais diversas regiões agroclimáticas. São ideais as regiões com índice pluviométrico acima de 1.600 mm ano<sup>-1</sup>, distribuição de chuvas regular ao longo do ano e temperatura média anual de 22 °C. Nessa situação, que no estado de São Paulo ocorre no Vale do Ribeira e litoral norte, o cultivo ocorre sem exigência de irrigação. Em regiões com distribuição irregular de chuvas há necessidade de irrigação para produção de palmito de qualidade.

**Amostragem para diagnose foliar:** Retirar um folíolo de cada lado da planta na parte mediana da folha +2 (segunda folha mais nova com limbo totalmente expandido). Amostrar 20 plantas, com alturas superiores a 1,60 m, durante a fase de maior desenvolvimento vegetativo (novembro a março).

As faixas de teores foliares consideradas adequadas são apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Faixas de teores de macronutrientes e micronutrientes adequados em folhas de pupunheira

N	P	K	Ca	Mg	S
— g kg <sup>-1</sup> —					
25-35	2,0-3,0	9-15	2,5-4,0	2,0-4,5	2,0-3,0
— mg kg <sup>-1</sup> —					
B	Cu	Fe	Mn	Zn	
12-30	5-10	50-200	40-150	15-40	

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Tabela 2.** Exportação de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre com as partes colhidas de plantas de pupunheira (palmitos e pontas<sup>(1)</sup>)

<b>Nutrientes na parte colhida</b>			
<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>S</b>
kg t <sup>-1</sup>			
12	3	18	2

<sup>(1)</sup> Parte da planta removidas do campo para a extração do palmito; o restante é reciclado no local. A parte aérea da palmeira cortada que permanece no campo contém 73 kg, 10 kg, 48 kg e 10 kg de N, P, K e S, respectivamente, para cada tonelada de palmito produzido.

### 13.2. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA A PUPUNHA

**Ciclo da cultura:** Entre 18 a 36 meses após plantio, dependendo principalmente das condições climáticas da região.

**Produtividade:** 1,0 a 3,0 t ha<sup>-1</sup> de matéria fresca total de palmito (basal + creme + apical). Devido à variabilidade da planta, a colheita é escalonada com base no diâmetro da planta a 0,50 m de altura. O diâmetro indicado para a colheita é entre 10 cm e 14 cm. Após o primeiro corte, a periodicidade da colheita na mesma planta também é variável, dependendo do material genético, clima, solo e técnicas de exploração e cultivo, sendo, em média, de 8 meses.

**Adubação para a formação de mudas:** O substrato para a formação deve ser formulado misturando-se solo e material orgânico, na proporção mínima de 3:1 podendo chegar a 1:1 em volume. Como material orgânico preferir esterco bovino bem curtido ou húmus. Analisar o solo antes da mistura com o material orgânico. Se necessário fazer calagem para elevar a porcentagem de saturação por bases (V) a 70%.

Para a adubação do substrato adicionar 500 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 g de K<sub>2</sub>O por metro cúbico de substrato. Cerca de 4 meses após o plantio aplicar 90 g de K<sub>2</sub>O por metro cúbico de substrato já envasado, parcelado em três vezes, dissolvendo o adubo na água de irrigação. Geralmente o adubo orgânico fornece o N suficiente para a formação das mudas e a aplicação desse nutriente, nesta fase, produz efeitos negativos.

**Espaçamento:** 2,0 m x 1,0 m ou em linha dupla 2,5 m x 1,0 m x 1,0 m (5.000 a 6.600 plantas por hectare).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 60% e o teor de magnésio a um mínimo em 8 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação do pomar, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Reanalisar o solo a cada dois anos e, se necessário, reaplicar o calcário para elevar a saturação por base a 60%.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 25 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento, varia de 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, pode-se utilizar um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes. Se disponível, aplicar também por metro linear de sulco 4 L a 6 L de esterco de curral ou composto, ou 2 L de esterco de galinha, bem curtidos e misturados com o fertilizante fosfatado e calcário.

**Adubação de formação:** Utilizar as doses de N e de K indicadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para pupunheira em formação

N <sup>(1)</sup>	K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	<1,6	1,6-3,0	>3,0
kg ha <sup>-1</sup> de N	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O		
60	60	30	0

<sup>(1)</sup> Caso tenha sido realizada adubação orgânica, a adubação nitrogenada de formação pode ser suspensa.

Os fertilizantes devem ser aplicados ao redor das mudas, parcelados em três aplicações, sendo a primeira 30 dias após o transplante e as seguintes a cada dois meses.

**Adubação de produção:** Utilizar as doses indicadas na tabela 2. Iniciar a adubação de produção 6 meses após o transplante das mudas.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de produção da pupunheira, em função da análise do solo e da produção esperada

Produtividade esperada <b>t ha<sup>-1</sup></b>	Classes de resposta a N			P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	1	2	<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0	
— kg ha <sup>-1</sup> de N —	— kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —	— kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O —							
<2,0	160	110	40	20	0	100	40	20	
2,0-3,0	230	200	60	30	0	180	60	30	
>3,0	300	*	80	50	0	260	100	50	

\* Produtividade pouco provável de ser obtida em locais sem abundância de água. Em solos com teor de P acima de 80 mg dm<sup>-3</sup> ou de K acima de 6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, não aplicar esses nutrientes.

As classes de resposta a adubação nitrogenada são dependentes da precipitação da região: (1) regiões com precipitação igual ou acima de 1.600 mm, com chuvas bem distribuídas durante os meses do ano; (2) regiões com precipitação menor que 1.600 mm e irrigação complementar.

Aplicar os adubos em faixas, em ambos os lados das linhas, a cerca de 30 cm a 50 cm da planta, parcelado em 3 a 5 aplicações anuais durante a fase de maior desenvolvimento vegetativo.

A partir do quarto ano, se a reciclagem das folhas, estipes e bainhas deixadas no campo por ocasião da colheita for adequadamente realizada, reduzir as doses de N e de K em 30%.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg ha<sup>-1</sup> de S por ano especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando fontes de fertilizantes que contém S ou gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Se o teor de B no solo for inferior a 0,20 mg dm<sup>-3</sup>, aplicar anualmente 2,0 kg ha<sup>-1</sup> de B e 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de B para solos com teores de B acima de 0,20. Em solos com baixo teor de Zn (<0,6 mg dm<sup>-3</sup>) aplicar, anualmente durante a fase de produção, de 3,0 a 5,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

## 3.15. GRAMADOS

---

Leandro José Grava de Godoy (¹)

Roberto Lyra Villas Bôas (²)

Clarice Backes (³)

Caroline de Moura D'Andréa Mateus (²)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**A**s recomendações de adubação e calagem para gramas são fornecidas para três situações específicas:

a) Produção de gramas em tapete, placas ou rolos - sistema de produção agrícola, no qual a grama é produzida, num ciclo de 8 a 12 meses, em que se busca a formação do tapete em menor tempo, e que estes sejam resistentes ao manuseio. Em um hectare, o rendimento médio é de 8 a 8,5 mil metros quadrados.

b) Gramados ornamentais - utilizados em residências, áreas públicas, industriais e comerciais, aeroportos, rodovias, taludes, etc. Os principais objetivos destes são melhorar a estética da construção e reduzir a erosão e a poeira. São gramados de baixa manutenção.

c) Gramados esportivos - utilizados em campos de futebol, golfe, tênis, pistas de corrida a cavalo, campos de polo, etc. Nos campos esportivos a adubação visa, acima de manter um bom visual, permitir condições de jogo (*playability*), rápida recuperação do gramado após jogo e durabilidade deste.

---

(¹) Universidade Estadual Paulista (UNESP), Registro (SP).

(²) Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu (SP).

(³) Universidade Estadual de Goiás (UEG).

Foram consideradas as principais espécies de gramas, mais utilizadas no estado de São Paulo: Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud); São Carlos (*Axonopus* spp.); Bermuda comum (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), Bermuda híbrida (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. x *C. transvaalensis* Burt-Davis); Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze) e Batatais (*Paspalum notatum* Flüggé).

## 2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA, AMOSTRAGEM DE FOLHAS E DIAGNOSE FOLIAR

A exportação de nutrientes para a grama Esmeralda, para a condição de produção de tapete e para a grama Bermuda, para a condição de gramado esportivo (*green* de golfe) é apresentada na tabela 1.

### 2.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

**Tabela 1.** Fitomassa seca acumulada e quantidades de nutrientes exportados pela grama Esmeralda, Bermuda comum e Bermuda híbrida

Espécie de Grama	Fito-massa Seca	Macronutrientes						Micronutrientes									
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn					
	t ha <sup>-1</sup>							kg ha <sup>-1</sup>									
Esmeralda <sup>(1)</sup>	17,1	164	21	107	39	14	33	-	2,0	0,5	0,2	0,7					
Bermuda comum <sup>(2)</sup>	14,3	299	33	212	40	17	52	-	-	-	-	-					
Bermuda híbrida <sup>(3)</sup>	5,3	209	18	41	19	6	17	2,3	0,2	0,06	0,07	0,3					

<sup>(1)</sup> Colhida na forma de tapete (parte aérea, estolões, rizomas e raízes), num ciclo médio de produção de 11 meses.

<sup>(2)</sup> Colhida na forma de tapete, num período de seis meses.

<sup>(3)</sup> Aparas cortadas de um *green* de campo de golfe, num período de um ano (média de 187 cortes ao ano).

## 2.2. AMOSTRAGEM DE FOLHAS

Em gramados ornamentais ou áreas de produção de tapetes de grama, coletar manualmente, somente a lâmina foliar da grama, evitando retirar estolões, caule, inflorescências, etc. No caso de gramados esportivos, que utilizam em sua grande maioria, grama Bermuda, em função de apresentarem folhas muito pequenas e baixa altura de corte, a coleta pode ser das aparas recolhidas na caixa coletora do cortador de grama. Neste caso, as aparas devem ser enviadas imediatamente ao laboratório, colocadas em béquer com água deionizada para separar das partículas de solo.

## 2.3. DIAGNOSE FOLIAR

A diagnose foliar, para avaliar o estado nutricional de algumas gramas, pode ser realizada com base nos limites de interpretação indicados na tabela 2.

**Tabela 2.** Faixas de teores de nutrientes adequados na lâmina foliar de algumas gramas

Gramas	N	P	K	Ca	Mg	S	
g kg <sup>-1</sup>							
Santo Agostinho	19-30	2,2-5,0	25-40	3-5	1,5-3,5	3,4-4,0	
Esmeralda	20-24	1,9-2,2	11-13	4-6	1,3-1,5	3,2-3,7	
Bermuda híbrida	40-45	2,5-3,5	15-20	5-6	1,3-4,0	2,0-5,0	
Fe	Mn	Cu	Zn	B			
mg kg <sup>-1</sup>							
Santo Agostinho	50-300	40-250	10-20	20-100	5-10		
Esmeralda	180-320	25-34	2-4	36-55	6-11		
Bermuda híbrida	30-400	25-300	5-20	20-80	6-30		

### 3. RECOMENDAÇÕES DE CALAGEM E ADUBAÇÃO

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases para os valores conforme a espécie de grama, de acordo com a tabela 3.

**Tabela 3.** Saturação por bases do solo recomendadas para formação e manutenção de gramados

Espécie da grama	Saturação por bases do solo	
	Formação	Manutenção
	V, %	
Batatais	50	40
São Carlos	50	40
Santo Agostinho	60	50
Esmeralda	60	50
Bermuda híbrida	70	60

A incorporação do calcário só é possível ser realizada no plantio do gramado, buscando incorporar pelo menos até 20 ou 30 cm de profundidade. Nos gramados esportivos o corretivo é misturado à areia que servirá de base para o gramado. Em gramados já implantados ou áreas de produção de tapetes de grama já instaladas, a aplicação do corretivo é feita na superfície. Nas áreas de produção de tapetes de grama, a aplicação deverá ser feita logo após a colheita dos tapetes, para melhorar o contato do corretivo com o solo, e em seguida ser realizada escarificação superficial com implemento específico (estrelinha, escarificador, aerador, etc.). Para gramados esportivos implantados, o calcário pode ser aplicado após a operação de aeração, preenchendo os orifícios abertos pela operação com mistura de corretivo + areia. Nos gramados ornamentais, onde o processo de aeração, normalmente não é realizado, o calcário deverá ser aplicado na superfície, sobre o gramado. É importante lembrar que em gramados ornamentais onde há, além da grama, outras espécies, a correção deverá ser feita apenas para o gramado. Plantas como as azaleias e rododendros se desenvolvem e florescem melhor em condições ácidas do solo. Em gramados implantados recém-roçados não aplicar doses maiores que  $250 \text{ g m}^{-2}$  ( $2.500 \text{ kg ha}^{-1}$ ) de calcário, irrigando a área após a calagem. A complementação da dose

de calcário calculada conforme a tabela 3 deve ser feita em intervalos de 3 a 6 meses. Valores elevados de pH do solo (maior que 6,0) podem não proporcionar o crescimento rápido da grama, mas podem reduzir a formação de colchão (*thatch*) e a incidência de Rhizoctoniose.

**Adubação de formação (plantio):** Aplicar as quantidades de nutrientes, de acordo com a espécie de grama e as características do solo, conforme a tabela 4.

**Tabela 4.** Recomendações de adubação de plantio para estabelecimento do gramado

Método de plantio	N g m <sup>-2</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Semente, <i>sprig</i> ou <i>plug</i>	2,5	20	12,5	7,5	8	4	2
Tapete, rolo ou placa	-	12,5	7,5	4	6	2	1

No plantio de gramados por sementes, *sprigs* ou *plugs* as doses de N devem ser de 2,5 g de N m<sup>-2</sup> (25 kg ha<sup>-1</sup>), aplicando de 2,5 a 5 g de N m<sup>-2</sup> após duas semanas do plantio ou semeadura e, posteriormente, a cada duas ou quatro semanas, até formar o gramado. Quando o plantio é realizado por tapetes, não utilizar nitrogênio no plantio, aplicando de 1,25 a 2,5 g de N m<sup>-2</sup>, quatro semanas após o plantio e depois a cada quatro ou seis semanas, até o pegamento do tapete.

Para solos com baixo teor de P é recomendado misturar, na camada de 5-10 cm de profundidade do solo, a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 10 g m<sup>-2</sup> (100 kg ha<sup>-1</sup>) adicionando posteriormente, na superfície, mais 10 g m<sup>-2</sup> (50 a 100 kg ha<sup>-1</sup>) após o plantio do tapete, *plug* ou *sprig* ou após a semeadura.

Quando é realizada a semeadura (*overseeding*) de grama de clima frio (*ryegrass*), em gramado esportivo de clima quente, deve ser aplicada P de 2,5 a 5,0 g m<sup>-2</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (25 a 50 kg ha<sup>-1</sup>), principalmente, quando é utilizada alta densidade de sementes.

**Adubação de manutenção:** Em gramados já estabelecidos, aplicar os nutrientes conforme as tabelas 5, 6 e 7, para sistemas de produção de gramas em tapete, rolo ou placa, para gramados ornamentais e gramados esportivos, respectivamente.

Para a adubação de manutenção de gramas em tapete, rolos ou placas, em função dos resultados da análise de solo e da espécie de grama, aplicar as quantidades de nutrientes, para um ciclo de produção (10 a 12 meses) indicadas na tabela 5.

**Tabela 5.** Recomendações de adubação de manutenção para produção de gramas em tapete, rolos ou placas

Espécie de grama	N kg ha <sup>-1</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Esmralda	300	150	75	40	300	200	100
Bermuda Híbrida	350	150	75	40	300	200	100
Santo Agostinho	350	150	75	40	300	200	100
São Carlos	200	150	75	40	150	100	50

Logo após a colheita do tapete, aplicar 10% a 15% da dose total de N, 50% da dose total de P e 20% da dose total de K. Parcelar o restante de N e K em quatro aplicações, espaçadas de 45 a 60 dias. O restante de P pode ser aplicado em mais uma única parcela (50%) ou parcelado juntamente com N e K. Não realizar adubação em épocas de baixa temperatura.

Aplicar os adubos espalhados em área total, e em seguida, passar por duas vezes o aerador de solo (estrelinha) ou escarificador + aerador.

Quando se desejar maior velocidade de formação, ou quando o tapete de grama colhido for muito espesso (menor quantidade remanescente de rizomas), a dose de N pode ser aumentada de 10% a 20%.

Doses excessivas de N podem estimular o crescimento da parte aérea (folhas) das gramas, em detrimento do crescimento de estolões, rizomas e raízes, tornando os tapetes menos resistentes ao manuseio, o que pode acarretar redução de rendimento da área de colheita. A adubação nitrogenada deve ser evitada nas duas a três semanas antes da colheita do tapete.

Para a adubação de manutenção de gramados ornamentais, aplicar anualmente, em função dos resultados da análise de solo e da espécie de grama, as quantidades de nutrientes, indicadas na tabela 6.

**Tabela 6.** Recomendações de adubação de manutenção para gramados ornamentais

Espécie de grama	N g m <sup>-2</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Esmeralda	12	6	4	2	8	4	2
Santo Agostinho	20	6	4	2	8	4	2
São Carlos	8	6	4	2	8	4	2

Parcelar a adubação em três vezes, aplicando os fertilizantes no início, meado e fim da estação de chuvas. Irrigar após a adubação, para retirar os fertilizantes sobre as folhas. A quantidade de aparas retiradas no corte de grama exporta cerca de 25% a 60% do N aplicado. Quando as aparas são devolvidas à área, as doses de N utilizadas podem ser reduzidas.

Para a adubação de manutenção de gramados esportivos aplicar anualmente, em função dos resultados da análise de solo, da espécie de grama e do tipo de gramado, as quantidades de nutrientes, indicadas na tabela 7.

**Tabela 7.** Recomendações de adubação de manutenção para gramados esportivos

Espécie de grama/ tipo de gramado	N N, g m <sup>-2</sup>	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		0-16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
Bermuda (em campo de futebol)	25	7,5	4	2	13	4	2
Bermuda (em green de campo de golfe)	50	15	7,5	4	25	10	5
Bermuda (em tee de campo de golfe)	35	7,5	4	2	18	7,5	4
Bermuda (em fairway de campo de golfe)	23	7,5	4	2	7,5	2	0

Nos tees e fairways de campos de golfe a adubação nitrogenada anual poderá ser parcelada em 4 a 6 aplicações. Em campos de futebol, parcelar o N em 6 a 8 aplicações. Em greens, com base de areia, a adubação nitrogenada deve ser parcelada no mínimo em 10 aplicações.

por ano. As doses de N não devem ser superiores a 5 g m<sup>-2</sup> N. Irrigar logo após a adubação nitrogenada.

A dose e o momento da aplicação de N podem também impactar a susceptibilidade dos gramados às doenças. Taxas elevadas de N tornam a planta mais suscetível a *Pythium* spp. Gramados que receberam baixas doses de N, resultam em lento crescimento, senescênciade folhas, tornando as plantas mais suscetíveis a *dollar spot*, causada por *Sclerotinia*; ferrugem, causada por *Puccinia* spp., entre outras doenças. Em função disso, a nutrição adequada é um dos principais métodos para o controle de doenças. O nitrogênio também poderá influir na ocorrência de doenças, à medida que promove o aumento de microrganismos não patogênicos, que podem promover a supressão do nível de atividade de organismos patogênicos.

Em *greens* de campos de golfe, com base de areia, quando a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> for maior que 5 g m<sup>-2</sup>, a adubação fosfatada deve ser parcelada e, se possível, realizada após a operação de aeração.

Evitar altas doses de P em locais com incidência da planta daninha grama-azul (*Poa annua*). Maiores respostas à adubação fosfatada ocorrem após o sistema radicular sofrer prejuízo (inverno, nematoides, etc.).

As maiores doses de potássio devem ser utilizadas em solos arenosos, gramados irrigados, quando as aparas são recolhidas e quanto maior a intensidade de uso do gramado. Para doses altas de K dar preferência para o sulfato de potássio. Em *greens*, com base de areia a adubação potássica, deve ser parcelada no mínimo em 10 aplicações por ano. Aplicação de K no outono pode aumentar a tolerância da grama Bermuda ao frio e pode reduzir o desenvolvimento de algumas doenças.

Aplicações mensais de doses de Fe de 0,6 a 1,2 kg ha<sup>-1</sup>, na forma de sulfato ferroso, via foliar, podem ser utilizadas em *green* de golfe cujo substrato é constituído, principalmente, de areia, para melhorar a coloração verde. A inclusão de 5 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, na aplicação de Fe potencializa a resposta e a duração da coloração verde mais intensa.

No inverno, em campo esportivo com grama Bermuda, onde for realizada a semeadura (*overseeding*) de grama de clima frio (*Ryegrass* ou *Poa trivialis*), deve-se interromper a adubação nitrogenada e aumentada a dose de K, 30 a 45 dias antes do *overseeding*. Três semanas após a semeadura aplicar 1,5 a 2,5 g m<sup>-2</sup> N, a cada duas a três semanas.

## 3.16. PLANTAS ESTIMULANTES

Rodrigo Marcelli Boareto (¹)

José Antonio Quaggio (¹)

Heitor Cantarella (¹)

Dirceu Mattos Jr. (¹)

### 1. INFORMAÇÕES GERAIS

**A**s culturas de cacau e fumo são importantes em algumas regiões do Brasil, mas de pequena importância no estado de São Paulo. Já o chá tem importância regional no Vale do Ribeira, sendo uma cultura que necessita de altas quantidades de nitrogênio e potássio.

### 2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E DIAGNOSE FOLIAR

A composição de cada uma das culturas, em nitrogênio, fósforo e potássio contidos em uma tonelada da parte colhida, é apresentada na tabela 1.

Esses dados podem ser usados para calcular a remoção dos nutrientes pelas colheitas. Já a análise foliar tem a finalidade de avaliar o estado nutricional das culturas, servindo para introduzir ajustes no plano de adubação. A amostragem é padronizada e deve ser feita como descrita na tabela 2.

---

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Tabela 1.** Conteúdo de nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em partes colhidas de plantas estimulantes

Cultura	Parte da planta considerada	Nutrientes na parte colhida			
		N	P	K	S
g kg <sup>-1</sup> ou kg t <sup>-1</sup>					
Cacau	Frutos para 1 t de amêndoas	32	6	48	1,5
Chá	Chá (matéria seca)	40	5	20	2,0
Fumo	Fumo (matéria seca)	35	6	45	10

**Tabela 2.** Amostragem de folhas de plantas estimulantes

Cultura	Descrição das amostragens
Cacau	Amostrar 25 plantas, 8 semanas após o florescimento principal; coletar 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> folhas verdes, a partir do ápice do ramo, da altura média da planta, 4 folhas por árvore
Chá	Amostrar 25 plantas, de maio a junho, retirando as 2 <sup>a</sup> folhas, a partir dos ramos não lignificados
Fumo	Amostrar 30 plantas, folha superior totalmente desenvolvida, no florescimento

A interpretação dos resultados, ou diagnose foliar, é feita tendo em conta os limites de interpretação apresentados na tabela 3.

**Tabela 3.** Limites de interpretação de teores de macro e micronutrientes na matéria seca de folhas de plantas estimulantes

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
Cacau	20-25	1,8-2,5	13-23	8-12	3,0-7,0	1,6-2,0
Chá	40-50	2,0-3,0	20-25	3,5-5,0	1,5-3,0	1,0-3,0
Fumo	30-50	2,5-5,0	25-50	20-40	3,0-7,0	2,5-7,0
B		Cu	Fe	Mn	Zn	
mg kg <sup>-1</sup>						
Cacau	25-60	8-15	60-200	50-250	30-80	
Chá	30-50	-	50-1000	-	30-50	
Fumo	20-40	9-30	40-200	20-200	20-50	

### 3. CACAU (*Theobroma cacao*)

Rodrigo Marcelli Boareto (¹)  
José Antonio Quaggio (¹)

**Espaçamento:** Solos de média fertilidade: 3,5 m x 2,5 m; solos de alta fertilidade: 3,5 m x 3,0 m (1.143 ou 952 plantas por hectare).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 60% e o teor de magnésio a um mínimo em  $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Na formação da plantação, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível. Se a saturação por bases na camada de 20-40 cm do solo for inferior a 25%, aumentar a dose calculada para a camada arável em 50%. Além da calagem em área total, aplicar 0,3 kg de calcário dolomítico por metro linear de sulco. Em pomar já formado, distribuir o corretivo aplicando 70% da dose recomendada na faixa que recebe a adubação e 30% no centro das ruas.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 60 g de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por metro de sulco, que, de acordo com o espaçamento, varia de 120 a 150 kg  $\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Para facilitar a incorporação de calcário no sulco e simultaneamente aplicar P em profundidade, um subsolador triplo, dotado de dispositivo capaz de aplicar P junto das suas hastes pode ser utilizado.

**Adubação de formação:** Aplicar os nutrientes indicados na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para o cacaueiro em formação, em função da idade das plantas e da análise de solo

<b>Idade</b>	<b>N</b>	<b>P resina, mg dm<sup>-3</sup></b>			<b>K<sup>+</sup> trocável, mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup></b>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
anos	kg $\text{ha}^{-1}$ de N	—	kg $\text{ha}^{-1}$ de $\text{P}_2\text{O}_5$ —	—	—	kg $\text{ha}^{-1}$ de $\text{K}_2\text{O}$ —	—
0-1	40	60	40	20	60	40	20
1-2	80	90	60	30	90	60	30
2-3	120	120	80	40	120	80	40

(¹) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

**Adubação de produção:** Aplicar as quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O indicadas na tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação para cacaueiro em produção, em função da análise de solo e da produtividade esperada de frutos

Produtivi- dade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
<2,5	120	80	60	40	140	120	80
2,5 - 3,0	140	100	80	60	180	140	100
>3,0	160	120	100	80	200	160	120

Para solos com teores muito altos de K (>6,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e de P (>80 mg dm<sup>-3</sup>) não aplicar K e P para evitar desequilíbrios entre nutrientes.

Aplicar os adubos em cobertura, em três parcelas, no início, meado e fim da época das chuvas, ao redor das plantas e em toda área sob a projeção das copas.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg ha<sup>-1</sup> de S por ano especialmente em solos com S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> abaixo de 15 mg dm<sup>-3</sup> na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou o uso de gesso.

**Adubação com micronutrientes:** Em plantações na fase de formação ou em produção, fazer 3 ou 4 adubações foliares por ano, contendo ureia (2,5 g L<sup>-1</sup>), cobre (0,5 g L<sup>-1</sup> de sulfato + 1,5 g L<sup>-1</sup> de hidróxido), manganês (1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de manganês) zinco (2,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco) e boro (1,0 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico). Em pomares com mais de 2 anos, suprimir o boro foliar e aplicar via solo, na forma de ácido bórico, juntamente com as aplicações de herbicidas, 2 ou 3 vezes ao ano. Nas aplicações, dissolver a dose de 6 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico na calda de herbicida.

#### 4. CHÁ (*Camellia sinensis*)

Mauro Sakai (*in memoriam*) (1)

José Antonio Quaggio (1)

Rodrigo Marcelli Boaretto (1)

**Espaçamento:** 1,5 m a 1,8 m x 0,5 m a 0,8 m (7.000 a 11.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 50% e o teor de magnésio a um mínimo em 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação da plantação, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar 10 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por metro de sulco, que de acordo com o espaçamento varia de 50 a 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Dar preferência por fontes de fosfatos solúveis em água, e se possível contendo zinco. Esta é a única oportunidade para aplicar P em profundidade. Se disponível, aplicar também por metro linear de sulco 2 L a 4 L de esterco de curral ou composto, ou 1 L de esterco de galinha, bem curtidos e misturados com o fertilizante fosfatado e calcário.

**Adubacão mineral de primeiro ano:** Aplicar, de acordo com a produtividade prevista, a metade das doses da tabela de recomendações de produção. Parcelar os adubos em 3 aplicações, iniciando 30 a 40 dias após a brotação das mudas.

**Adubação de produção:** Aplicar as doses anuais de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O indicadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação para a produção de chá, em função da análise de solo e da produtividade esperada de folhas verdes

Produtividade esperada <sup>(1)</sup>	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>			K <sup>+</sup> trocável, mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N	—	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	—
<15	100	80	40	20	100	70	40
15-20	120	100	60	40	120	90	60
>20	180	120	80	60	140	100	80

<sup>(1)</sup> Produtividade expressa em t ha<sup>-1</sup> de folhas verdes (75% a 80% de umidade).

(1) Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Para solos com teores muito altos de K ( $>6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e de P ( $>80 \text{ mg dm}^{-3}$ ) não aplicar K e P para evitar desequilíbrios entre nutrientes.

Aplicar os adubos em cobertura, em três parcelas, no início, meado e fim da época das chuvas, ao redor das plantas e em toda área sob a projeção das copas.

Acrescentar, anualmente, 30 kg ha<sup>-1</sup> de S.

## 5. FUMO (*Nicotiana tabacum*)

Bernardo van Raij <sup>(1)</sup>  
Heitor Cantarella <sup>(1)</sup>

**Espaçamento:** 1,2 m x 0,5 m (16.700 plantas ha<sup>-1</sup>).

**Calagem:** Aplicar calcário para elevar a saturação por bases da camada arável a 70% e o teor de magnésio a um mínimo em 5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Na formação da plantação, distribuir o corretivo uniformemente sobre o solo e incorporá-lo o mais profundamente possível.

**Adubação orgânica:** 20 a 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco de curral ou composto.

**Adubação mineral de plantio:** Aplicar no sulco de transplantio de mudas, de acordo com a análise de solo, as doses de nutrientes indicados na tabela 1.

**Tabela 1.** Recomendações de adubação de plantio de fumo, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	P resina, mg dm <sup>-3</sup>		
		<16	16-40	>40
t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup> de N		kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
<2,5	20	90	50	30
2,5 - 4,0	30	100	70	40
>4,0	40	120	90	50

<sup>(1)</sup> Instituto Agronômico (IAC), Campinas (SP).

Produtividade de folhas (matéria seca). Folhas frescas contém 80% a 85% de umidade.

Em solos com teores muito altos de K ( $>6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e de P ( $>80 \text{ mg dm}^{-3}$ ) não aplicar K e P para evitar desequilíbrios entre nutrientes.

Aplicar o N e o P no transplantio das mudas (Tabela 1), juntamente com 50 kg  $\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Altas doses de K no plantio podem reduzir a população de plantas devido ao efeito salino.

**Adubação com enxofre:** Fornecer 30 kg  $\text{ha}^{-1}$  de S por ano especialmente em solos com  $\text{S-SO}_4^{2-}$  abaixo de 15 mg  $\text{dm}^{-3}$  na camada de 20-40 cm, empregando-se fontes de fertilizantes que contém S ou o uso de gesso.

**Adubação mineral de cobertura:** Aplicar as doses indicadas na tabela 2 em faixas ao lado das plantas, parceladas em três vezes durante o ciclo de produção do fumo, geralmente 60 a 90 dias. O KCl pode ser usado no primeiro parcelamento, mas deve ser evitado nas duas últimas aplicações pois o cloro tem efeito negativo na qualidade do fumo. Não é necessário aplicar K em solos com teores muito altos de K ( $>6,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Suspender a adubação nitrogenada se o fumo estiver com desenvolvimento vegetativo muito vigoroso, caracterizado por folhas com coloração verde intenso. Excesso de N também é prejudicial à qualidade da matéria-prima.

**Tabela 2.** Recomendações de adubação de cobertura para fumo, em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N	K <sup>+</sup> trocável, $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
		<1,6	1,6-3,0	>3,0
t $\text{ha}^{-1}$	kg $\text{ha}^{-1}$ de N	kg $\text{ha}^{-1}$ de $\text{K}_2\text{O}$		
<3	100	70	20	-
3 - 5	120	90	40	20
>5	140	120	60	40



O Instituto Agronômico agradece à Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG) pelo apoio à realização desta obra de divulgação de informações para o manejo da fertilidade de solos tropicais, demonstrando seu compromisso com a sustentabilidade da agricultura brasileira.

## O IDEALIZADOR DO B-100

O Dr. Bernardo van Raij dirigiu e inspirou, com seu exemplo, o grupo de pesquisadores em fertilidade do solo e nutrição de plantas do Instituto Agronômico por várias décadas.



Foi o Dr. van Raij quem idealizou a primeira edição das Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo, com o nome de Boletim 209, de 1977, portanto há quase cinco décadas, com a premissa de que os resultados de pesquisa devem chegar os usuários e impactar positivamente a produtividade agrícola.

Esta versão do B-100 é uma homenagem ao espírito inovador deste grande cientista, que trouxe significativa contribuição para a agricultura paulista e brasileira.

**Instituto Agronômico**  
Av. Barão de Itapura, 1.481  
13020-902 Campinas (SP) - Brasil  
Fone: (19) 2137-0600  
[www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)



**GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Secretaria de Agricultura e Abastecimento