

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

CERRADO

Correção do solo e adubação

Editores Técnicos

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Edson Lobato

Planaltina-DF
2003

“Não é o desenvolvimento tecnológico que corrompe o homem. Sua deterioração moral é prévia, e é ela que o inclina fatalmente a buscar nos bens materiais e no poderio econômico a única fonte de felicidade.”

Jorge Angel Livraga

Aos produtores rurais, com nosso respeito, dedicamos esta obra.

Os autores

Agradecimentos

Aos autores que contribuíram para a elaboração dos capítulos;

Às Empresas Estaduais de Pesquisa Agropecuária, Universidades e demais instituições que compõem o Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária, atuando no Cerrado e que participaram conosco do esforço de pesquisa para cobrir a extensão e a diversidade regionais;

A todos aqueles que contribuíram na análise crítica dos textos, revisão de textos, confecção de figuras e editoração;

À Embrapa Cerrados pelas condições de trabalho

Nosso muito obrigado

Os Editores Técnicos

Apresentação

A Região do Cerrado é o maior Bioma do País depois da Floresta Amazônica, com 204 milhões de hectares, com grande importância no cenário agrícola nacional e mundial, sendo, ao mesmo tempo, importante reserva da biodiversidade e fronteira produtora de alimentos. É possível, com tecnologia, incorporar ao sistema produtivo até 127 milhões de hectares, mantendo 38% do Cerrado como reserva natural.

Desde o início da ocupação agrícola do Cerrado, essa região vem apresentando desenvolvimento excepcional. Para exemplificar, em 2002/2003, o Cerrado brasileiro foi responsável por 54% da produção nacional de soja, com produtividade média de 3000 kg/ha, superior à média nacional que foi de 2782 kg/ha. Exemplos como esse podem ser estendidos a outras culturas, como a do algodão, do milho, do arroz e do feijão que correspondem a respectivamente, 76%, 28%, 18% e 22% da produção nacional. Na pecuária, o Cerrado já responde por 41% dos 176 milhões de bovinos do rebanho nacional, responsáveis por 55% da produção de carne do Brasil.

Sem dúvida, um dos principais fatores responsáveis por esse desempenho foi a geração de tecnologias que permitiram a incorporação de solos, altamente intemperizados, ácidos e pobres em nutrientes, ao processo produtivo agrícola. Entre essas tecnologias, as técnicas para a correção e a adubação dos solos do Cerrado constituem alguns dos grandes destaques da pesquisa agrícola nos trópicos.

Em 1985, a Embrapa Cerrados lançou o livro Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo, disponibilizando aos técnicos e produtores da região uma série de informações imprescindíveis para o manejo sustentado dos solos. Dezessete anos depois, em 2002, a Embrapa Cerrados lançou o livro *Cerrado: correção do solo e adubação*, contendo informações acumuladas ao longo de 27 anos de pesquisa para atender, novamente, à grande demanda do público. Este livro, esgotado em poucos meses, está sendo reeditado com pequenas mudanças no sumário que deverão facilitar sua leitura.

Esperamos, com isso, continuar contribuindo para as mudanças na agricultura tropical.

Roberto Teixeira Alves
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Prefácio

O gerenciamento de uma propriedade agrícola é atividade complexa. São dezenas de variáveis envolvidas, sendo algumas controláveis e outras não-controláveis pelo produtor. O descuido de apenas uma delas pode resultar no insucesso do empreendimento.

Na economia globalizada e com os protecionismos para as agriculturas, especialmente dos países mais ricos, impõe-se um desafio ainda maior aos nossos produtores. A margem para equívocos ou impropriedades deixa de existir.

Não há duas propriedades agrícolas iguais e, assim sendo, não existem receitas únicas. Cabe ao técnico, à luz dos conhecimentos disponíveis, produzir as recomendações para cada propriedade onde os aspectos de oferta ambiental, recursos humanos e financeiros, capacidade gerencial, entre outros, devem ser considerados.

Em ciência especialmente na área biológica, em geral, fala-se em probabilidades. Na maioria das vezes, trabalha-se com 95% de probabilidade de ocorrência de um evento. Há, pois, 5% de chance de que o evento não aconteça conforme o previsto. Quando se prevê determinado comportamento de uma espécie vegetal, reagindo a um estímulo como a adubação, está se falando, em média, de um conjunto de observações. Há dispersão de ocorrências em torno dessa média. O conhecimento e a experiência local podem e devem ser considerados, ajustando, se for o caso, a média às

situações locais. Na extrapolação de informações, é importante conhecer os fundamentos que lhes dão suporte para definir a possibilidade de seu uso irrestrito ou da necessidade de adaptações.

Publicação alguma substitui o agente da extensão rural ou o técnico preparado para a tarefa de prover orientação técnica.

Fazer agricultura ou pecuária em solos pobres em nutrientes como os do Cerrado pressupõe bom controle de um dos fatores controláveis do processo – a correção da fertilidade do solo, em níveis desejáveis, para dar sustentabilidade ao negócio agrícola.

Essencialmente, a agricultura nos solos de Cerrado difere das áreas com solos mais férteis apenas na correção da pobreza natural de nutrientes e da sua acidez. Uma vez superada essa limitação, a situação é a mesma de qualquer agricultura bem feita em qualquer local onde se procura restituir ao solo os nutrientes extraídos e exportados como produto agrícola, pecuário ou florestal e perdidos de alguma forma.

Para a elaboração deste texto, contou-se com resultados de pesquisa próprios de cada autor, de outros autores, relatados em suas publicações, a vivência de cada um no dia-a-dia, de contatos com outros pesquisadores, professores, extensionistas rurais, agentes de assistência técnica, produtores rurais, produtores de insumos, estudantes, processadores e consumidores do produto agrícola.

A expectativa em relação à este livro é a de colaborar com a produção de recomendações de correção do solo e de adubação compatíveis com os fatores de produção disponibilizáveis na propriedade de modo a dar sustentabilidade ao processo produtivo. Sentir-nos-emos recompensados se pudermos contribuir para uma produção agrícola, pecuária e florestal que satisfaça o produtor e a sociedade, em harmonia com o ambiente do Cerrado, de forma permanente.

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Edson Lobato

Editores Técnicos

Prefácio da segunda edição

Esta segunda edição foi feita, dada a boa aceitação por parte de técnicos, professores, produtores e estudantes que militam ou se interessam pelo Cerrado, esgotando a primeira em poucos meses.

Ao mesmo tempo que registramos nossos agradecimentos pelos cumprimentos e elogios recebidos de muitos leitores, lembramos que as críticas que porventura existam também são bem-vindas.

Houve pequena mudança nesta edição com inclusão dos títulos dos anexos no sumário, o que deverá facilitar ao leitor sua consulta.

Djalma Martinhão Gomes de Sousa

Edson Lobato

Editores Técnicos

Sumário

Capítulo 1

Solos e suas relações com o uso e o manejo 29

João Roberto Correia; Adriana Reatto; Silvio Tulio Spera

Introdução	29
Origem	29
Horizontes superficiais	32
Horizontes subsuperficiais	33
Atributos para compreender o comportamento dos solos	33
Atributos morfológicos e físicos	33
Atributos químicos	38
Principais classes de solos	39
Latossolos (LR, LE, LV, LA e LU)	41
LATOSSOLO (LV, LVA, LA)	41
Características gerais	41
Aptidão agrícola	44
Fatores limitantes ao uso agrícola	44
Ambiente de ocorrência	46
Manejo dos latossolos	46
Areia Quartzosa (AQ)	47
NEOSSOLO QUARTZARÊNICO (NQ)	47
Características gerais	47
Aptidão agrícola	48
Fatores limitantes ao uso agrícola	48
Ambiente de ocorrência	49
Manejo das Areias Quartzosas	49
Terra Roxa Estruturada (TR)	50
NITOSSOLO VERMELHO (NV)	50
Características gerais	50
Fatores limitantes	50
Aptidão agrícola	51
Ambiente de ocorrência	51

Manejo das Terras Roxas Estruturadas	52
Podzólicos (PE e PV)	52
ARGISSOLOS (PV) e (PVA)	52
Características gerais	52
Fatores limitantes	53
Aptidão agrícola	54
Ambiente de ocorrência	54
Manejo dos Podzólicos	55
Glei Pouco Húmico (HGP)	55
GLEISSOLO HÁPLICO (GX)	55
Características gerais	55
Fatores limitantes	56
Aptidão agrícola	57
Ambiente de ocorrência	58
Manejo dos Solos Glei	58
Referências bibliográficas	58

Capítulo 2

Amostragem de solos, corretivos e fertilizantes..... 63

Claudio Sanzonowicz

Amostragem de solo	63
Coleta das amostras de solo	64
Plano da amostragem	64
Frequência e época da amostragem	65
Local e profundidade da amostragem	65
Equipamentos para amostragem	66
Amostragem em áreas adubadas em linha	68
Amostragem no sistema de plantio direto	69
Amostragem de corretivos e de fertilizantes	70
Ensacados	70
A granel	71
Procedimentos para a obtenção da amostra	74
Manuseio e armazenamento das amostras	75
Envio da amostra de solo ao laboratório	76
Unidades usadas nos resultados das análises	76
Solos	76
Corretivos	77
Fertilizantes	78
Referências bibliográficas	78

Capítulo 3

Correção da acidez do solo 81

Djalma M. Gomes de Sousa; Edson Lobato

Introdução	81
Acidez superficial	82
Acidez subsuperficial	89
Considerações finais	95
Referências bibliográficas	96

Capítulo 4

Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes 97

Milton A.T. Vargas; Lêda de Carvalho Mendes; Arminda M. de Carvalho;

Marília Lobo-Burle; Mariangela Hungria

Introdução	97
Fixação biológica do nitrogênio (FBN)	98
Resposta das leguminosas à inoculação	99
Inoculação da soja	100
Inoculação do feijão, da ervilha e da lentilha	106
O inoculante	108
Cuidados na aquisição do inoculante	110
Inoculação das sementes	111
Inoculação sem o uso de defensivos	111
Inoculação com o tratamento das sementes	112
Inoculação com a máquina de tratamento das sementes	113
Compatibilidade entre o inoculante, defensivos agrícolas e micronutrientes	114
Inoculação em plantio direto	116
Como avaliar a nodulação	116
Adubos verdes como fonte de nitrogênio	117
Épocas de semeadura de adubos verdes	118
No período chuvoso	118
Em consórcio com a cultura	119
No início do período chuvoso e antes da cultura	120
Em pós-colheita	120
Cuidados no uso da adubação verde	122
Conclusões	123
Referências bibliográficas	124

Capítulo 5

Adubação com nitrogênio 129

Djalma M. Gomes de Sousa; Edson Lobato

Introdução	129
Resposta das culturas à adubação	129
Transformações e perdas do nitrogênio no solo	131
Mineralização e imobilização	131
Nitrificação e desnitrificação	132
Lixiviação	133
Volatilização	135
Eficiência de recuperação	135
Estimativa do requerimento de nitrogênio	137
Fontes	140
Modo de aplicação	141
Recomendação de adubação	142
Referências bibliográficas	144

Capítulo 6

Adubação com fósforo 147

Djalma M. Gomes de Sousa; Edson Lobato; Thomaz A. Rein

Introdução	147
Disponibilidade de fósforo no solo	147
Resposta das culturas à adubação	148
Adubação fosfatada e calagem	149
Aplicação de fertilizantes fosfatados	150
Interpretação da análise do solo	152
Com base no teor de argila e P extraído pelo método Mehlich 1	153
Com base no P extraído por resina trocadora de ions	154
Com base no P remanescente e no P extraído pelo método Mehlich 1	155
Recomendação de adubação	157
Adubação corretiva para culturas anuais	157
Adubação de manutenção	160
Fontes de fósforo	161
Produtos com alta solubilidade em água e em CNA	161
Produtos insolúveis em água e em AC	162
Produtos com média solubilidade em água e em CNA	162

Produtos insolúveis em água e com alta solubilidade em CNA ou AC	163
Produtos insolúveis em água e com média solubilidade em AC	163
Efeito residual	165
Influência da matéria orgânica	166
Referências bibliográficas	167

Capítulo 7

Adubação potássica 169

Lourival Vilela; Djalma M. Gomes de Sousa; José Eurípedes da Silva

Introdução	169
Potássio no solo e sua disponibilidade para as plantas	169
Resposta à adubação e seu efeito residual	172
Lixiviação de potássio	176
Manejo da adubação	178
Recomendação de adubação	180
Referências bibliográficas	182

Capítulo 8

Micronutrientes 185

Enéas Zaborowsky Galvão

Introdução	185
Zinco	185
Cobre	187
Boro	188
Manganês	189
Ferro	189
Molibdênio	190
Análise de solo	190
Análise foliar	192
Sintomas de deficiências	193
Toxidez	196
Fontes de micronutrientes	196
Modos de aplicação	200
Recomendação de adubação	201
Abacate	201
Abacaxi	202

Acerola	202
Algodão	202
Amendoim	203
Arroz	204
Aveia	205
Banana	205
Café.....	206
Cana-de-açúcar	206
Cevada	207
Citros	207
Ervilha	208
Eucalipto	209
Feijão	209
Gariroba	211
Girassol	211
Goiaba	212
Grão-de-bico	212
Graviola	213
Leguminosas adubos verdes: (crotalária, ervilhaca, feijão-de-porco, feijão-guandu, lab-lab, tremoço)	213
Mamão	214
Mamona	214
Mandioca	215
Manga	216
Maracujá	216
Milheto	216
Milho	217
Pastagem consorciada	218
Pastagem apenas de gramíneas	218
Pinus	219
Pupunha	219
Seringueira	220
Soja	220
Sorgo granífero	221
Trigo	222
Triticale.....	223
Referências bibliográficas	223

Capítulo 9

Adubação com enxofre..... 227

Thomaz Adolpho Rein; Djalma M. Gomes de Sousa

Introdução	227
Respostas à adubação com enxofre	227

Efeito residual da adubação	229
Fontes de enxofre	231
Diagnose da necessidade de adubação	232
Análise do solo	233
Análise foliar	235
Observação de sintomas visuais de deficiência	236
Histórico das glebas	236
Testes na propriedade agrícola	237
Recomendações de adubação	237
Culturas anuais	238
Culturas perenes	240
Forrageiras	241
Referências bibliográficas	242

Capítulo 10

Análise foliar 245

Sebastião A. de Oliveira

Introdução	245
Amostragem	246
Interpretação	252
Referências bibliográficas	255

Capítulo 11

Fertilidade do solo e máxima eficiência produtiva 257

Edson Lobato; Djalma M. Gomes de Sousa

Introdução	257
Fatores de produção agrícola	258
A eficiência no processo produtivo	261
Fertilidade do solo e economia da produção	262
Agricultura de sequeiro	263
Agricultura irrigada	274
Otimização do uso do capital	278
Consideração final	281
Referências bibliográficas	281

Capítulo 12

Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes 283

Djalma M. Gomes de Sousa; Edson Lobato

Introdução	283
Algodão	284
Amendoim	286
Arroz	287
Aveia	289
Cana-de-açúcar	290
Cevada	292
Ervilha	294
Feijão	295
Girassol	297
Grão-de-bico	299
Leguminosas adubos verdes	300
Mamona	302
Mandioca	303
Milheto	305
Milho	306
Soja	308
Sorgo	310
Trigo	312
Triticale	313

Capítulo 13

Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes 317

Leide Rovênia Miranda de Andrade

Introdução	317
Adubação de substrato	318
Preparo da área e manejo da adubação	319
Correção da fertilidade do solo	322
Calagem	322
Gessagem	323
Adubação fosfatada	324

Adubação potássica	325
Enxofre	326
Micronutrientes	327
Adubação de plantio	328
Abertura e adubação das covas	328
Adubação química	328
Adubação orgânica	330
Adubação nitrogenada	330
Amostragem do solo em áreas com culturas perenes	331
Abacate	332
Abacaxi	333
Acerola	335
Banana	337
Café	339
Citros (laranja, limão-tahiti, limão-verdadeiro)	342
Espécies nativas do Cerrado	344
Eucalipto	346
Goiaba	348
Graviola	350
Guariroba	352
Mamão	353
Manga	355
Maracujá	357
Pupunha	358
Seringueira	360
Referências bibliográficas	362

Capítulo 14

Calagem e adubação para pastagens 367

Lourival Vilela; Wilson Vieira Soares;

Djalma M. Gomes de Sousa; Manuel Cláudio M. Macedo

Introdução	367
Calagem e adubação para o estabelecimento	368
Exigência de fertilidade do solo das principais gramíneas e leguminosas forrageiras	369
Calagem	370
Gessagem	371
Adubação	371

<i>Fósforo</i>	374
<i>Potássio</i>	375
<i>Nitrogênio</i>	375
<i>Enxofre</i>	375
<i>Micronutrientes</i>	377
Calagem e adubação para manutenção	377
Considerações finais	381
Referências bibliográficas	382

Anexos

Anexo 1. Classes de solos	385
Anexo 2. Classes de textura	386
Anexo 3. Unidades de medidas	387
Anexo 4. Conversão de unidades	389
Anexo 5. Cálculos com os resultados das análises químicas de solo	391
Anexo 6. Interpretação dos resultados da análise química do solo para culturas anuais	392
Anexo 7. Elementos químicos de interesse para a agricultura	398
Anexo 8. Quantidade de nutrientes imobilizada na planta inteira e contida em grãos ou frutos por tonelada de produto colhido, para algumas culturas	399
Anexo 9. Consumo de micronutrientes para a colheita de uma tonelada de algumas culturas	400
Anexo 10. Sintomas comuns de toxidez de alguns elementos nutritivos nas plantas	401
Anexo 11. Sintomas comuns de deficiência de nutrientes nas plantas	402
Anexo 12. Corretivos de acidez do solo e as novas unidades	404
Anexo 13. Principais fertilizantes nitrogenados	406
Anexo 14. Principais fertilizantes fosfatados	407
Anexo 15. Principais fertilizantes potássicos	409
Anexo 16. Principais fertilizantes contendo macronutrientes secundários (enxofre, magnésio e cálcio)	410
Anexo 17. Principais fertilizantes contendo micronutrientes	411
Anexo 18. Especificações dos fertilizantes orgânicos simples	413
Anexo 19. Especificações dos fertilizantes organomineral e composto	414
Anexo 20. Quantidade do adubo a aplicar no sulco de plantio, expressa em gramas por 10 metros lineares, em função do espaçamento	415
Anexo 21. Compatibilidade entre fertilizantes minerais simples, adubos orgânicos e corretivos	416