

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

CERRADO

ADUBAÇÃO VERDE

Editores Técnicos

Arminda Moreira de Carvalho

Renato Fernando Amabile

Planaltina-DF
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rodovia Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970 – Planaltina-DF
Telefone (61) 3388-9898 – Fax (61) 3388-9879
www.cpac.embrapa.br
sac@cpac.embrapa.br

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica – PqEB s/n.º – Plano Piloto
CEP 70707-901 – Brasília-DF
Telefone (61) 3448-4236 – Fax (61) 3340-2753
www.sct.embrapa.br
sac: vendas@sct.embrapa.br

Supervisão editorial

Maria Helena Gonçalves Teixeira

Revisão de texto

Maria Helena Gonçalves Teixeira

Normalização bibliográfica

Hozana Alvares de Oliveira

Projeto Gráfico e editoração eletrônica

Wellington Cavalcanti

Capa

Wellington Cavalcanti

Fotos da capa

Welmiton Fábio Ribeiro

Tratamento de imagens e figuras

Wellington Cavalcanti

Impressão e acabamento

Embrapa Informação Tecnológica

1ª edição

1ª impressão (2006)

500 exemplares

2ª impressão (2006)

2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP
Embrapa Cerrados**

C417 Cerrado: adubação verde / editado por Arminda Moreira de Carvalho, Renato Fernando Amabile. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2006.
369 p. : il. color.

ISBN 85-7075-027-8

1. Adubação verde – cerrado. I. Carvalho, Arminda Moreira de. II. Amabile, Renato Fernando.

631.87 - CDD 21

© Embrapa 2006

O Cerrado representa um dos principais biomas brasileiros, não só devido à sua extensão, que é a segunda maior área, com 207 milhões de hectares, como também por sua enorme riqueza em espécies vegetais e por conter a nascente da maioria das grandes bacias hidrográficas brasileiras. Nos últimos trinta anos, vem ocorrendo exploração intensiva desse bioma seja por expansão agropecuária, seja por plantios florestais. A ocupação humana transformou sua área contínua originalmente com biota natural em uma paisagem cada vez mais fragmentada. No Cerrado do Distrito Federal, as perdas de cobertura vegetal natural estão em torno de 60%.

O uso da terra em atividades agrícolas em áreas de Cerrado tem se caracterizado pelos sistemas intensivos de produção, com aplicação de elevadas doses de fertilizantes e pesticidas, além de mecanização intensa e inadequada, buscando obter altas produtividades de monoculturas. O excessivo uso de implementos agrícolas de preparo do solo, como a grade, tem acelerado a degradação do solo com erosão, compactação, destruição de agregados e perdas de matéria orgânica, principal componente de fertilidade dos solos sob Cerrado. Esses sistemas agrícolas, mantidos com altos custos monetário e energético, proporcionam, em um período relativamente curto, certa estabilidade na produção vegetal. Entretanto, com o decorrer do processo produtivo, a degradação do solo não permite sua sustentabilidade, sendo que a

poluição por deposição de solo, fertilizantes e pesticidas nos mananciais hídricos afeta as populações rural e urbana.

O uso de plantas condicionadoras ou como adubos verdes, ou como cobertura, resulta em efeitos positivos às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, ao manejo sustentável dos agroecossistemas. O incremento de nitrogênio no solo seja por meio da fixação biológica, seja mediante incorporação de fitomassa, principalmente de leguminosas, proporciona economia de fertilizantes nitrogenados. Essa prática também contribui para o controle de insetos-praga, doenças, nematóides e plantas invasoras, reduzindo as aplicações dos vários pesticidas. Essa redução no uso de pesticidas e fertilizantes tem reflexos socioeconômico e ambiental altamente positivos, especialmente, por diminuir os riscos de poluição do solo e dos mananciais hídricos.

A Embrapa Cerrados iniciou atividades de pesquisas relacionadas à adubação verde a partir de 1975, buscando conhecer desde os aspectos básicos de adaptação de espécies vegetais aos ecossistemas do Cerrado até estudos mais aprofundados sobre os efeitos dos adubos verdes e das plantas de cobertura na qualidade física, química e biológica do solo. A produtividade dos agroecossistemas, sem causar impactos negativos ou degradar o meio ambiente, é um dos grandes desafios da pesquisa agropecuária. Assim, este livro apresenta a compilação de informações geradas nas últimas três décadas buscando esclarecer mais sobre essa prática que deverá contribuir, sobremaneira, para o uso mais sustentável desse bioma.

Roberto Teixeira Alves
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Um dos impactos da conversão de áreas originalmente sob vegetação nativa em sistemas de produção é a redução de diversidade biológica (plantas, animais e microrganismos). As plantas condicionadoras de solo (adubos verdes e plantas de cobertura) representam uma das opções de diversidade de espécies com reflexos na qualidade do solo, conseqüentemente, dos agroecossistemas estabelecidos em áreas de Cerrado.

O manejo do solo que permite a manutenção da sua capacidade produtiva ao longo do tempo, porém, sem causar impactos negativos ao ambiente e preservando a qualidade do recurso solo, é uma prática para a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola. A adição de material vegetal com razão C/N, C/P e composição química que favorecem o acúmulo de carbono, o aumento da matéria orgânica do solo e a ciclagem mais eficiente de nutrientes seja como adubo verde, seja como cobertura (plantio direto) poderá conferir maior sustentabilidade aos sistemas de produção praticados no Bioma Cerrado.

A incorporação das plantas condicionadoras ao solo promove a ciclagem mais rápida de nutrientes, favorecendo seu uso pela cultura em seqüência, principalmente, daqueles nutrientes com potencial de lixiviação como o nitrogênio ou dos que podem ser retidos com relativa facilidade, como o fósforo. No entanto, o uso eficiente dos nutrientes liberados no processo de

decomposição depende do sistema de cultivo (rotação, sucessão ou consórcio) adotado e da sincronia entre a cultura principal e as plantas condicionadoras de solo. No sistema plantio direto, os benefícios para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo podem manifestar-se num período mais longo, principalmente no Cerrado, devido à decomposição acelerada dos resíduos vegetais, dificultando o estabelecimento de uma eficiente cobertura de solo. O maior aporte de resíduos vegetais, conseqüentemente, de carbono para o solo, nesse sistema, também deverá ter reflexos no balanço negativo nas emissões de gases para a atmosfera, ou seja, a mitigação das emissões.

Os aspectos abordados neste livro compreendem desde o histórico de utilização dos adubos verdes, incluindo sua introdução no Cerrado, até o estudo da viabilidade econômica de seu uso em agroecossistema desse bioma.

Essa foi uma experiência de cooperação entre diversas áreas da agronomia, resultando numa publicação multidisciplinar, envolvendo várias especialidades (pedologia, manejo, fertilidade e conservação de solo, fitotecnia, sistemas de produção, microbiologia do solo – micorrizas, microbiologia do solo – nitrogênio, nematologia, entomologia e economia). Os resultados apresentados no livro são próprios da pesquisa de cada um dos autores, de autores relacionados em outras publicações e da experiência de cada um em suas respectivas áreas de atuação.

Este livro *Cerrado: adubação verde* é o resultado do empenho de várias colegas na busca de modelos sustentáveis para a produção agropecuária nessa região.

Arminda Moreira de Carvalho
Renato Fernando Amabile
Editores Técnicos

Capítulo 1

Histórico da adubação verde	23
Aspectos do uso, definição e importância da adubação verde	28
Espécies vegetais para uso como adubos verdes	30
Alternativas de uso de adubos verdes no sistema de produção	32
Vantagens da adubação verde	34
Referências Bibliográficas	37

Capítulo 2

Solos do Bioma Cerrado: propriedades químicas e físico-hídricas sob uso e manejo de adubos verdes	41
Os solos do Bioma Cerrado: distribuição, uso e manejo	41
Aptidão agrícola das terras do Bioma Cerrado	57
A água nos solos do Bioma Cerrado	58
Compactação de solos no Cerrado	61
Capacidade de troca catiônica dos solos no Bioma Cerrado	62
Outros fatores limitantes ao uso dos solos no Bioma Cerrado	63
Outras contribuições dos adubos verdes no manejo de solos do Cerrado	64
Referências Bibliográficas	65

Capítulo 3

Caracterização das espécies de adubo verde	71
Introdução	71
Aveia-preta	72

Crotalária juncea	75
Crotalária ocreleuca	80
Crotalária paulina	83
Crotalária spectabilis	86
Feijão-bravo-do-ceará	89
Feijão-de-porco	93
Guandu	98
Indigófera	104
Indigófera tintória	104
Indigófera hirsuta	107
Labe-labe	110
Milheto	112
Mucuna-preta	116
Mucuna-cinza	122
Mucuna conchinchinensis	124
Mucuna-anã	125
Nabo-forrageiro	126
Tremoços	130
Referências Bibliográficas	134

Capítulo 4

Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo	143
Introdução	143
Condições edafoclimáticas de Cerrado e produção de fitomassa de adubos verdes	145
Época de semeadura das espécies de adubo verde	152
Espaçamento e população de plantas	155
Cobertura do solo e decomposição de resíduos vegetais	160
Considerações Finais	163
Referências Bibliográficas	163

Capítulo 5

Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde ...	171
Introdução	171
Definição da fixação biológica do nitrogênio (FBN) e funcionamento do sistema simbiótico	173
Importância da FBN em plantas condicionadoras de solo	177
Resposta à inoculação e capacidade de FBN em plantas condicionadoras	

de solo	177
Nitrogênio acumulado em leguminosas condicionadoras de solo e sua contribuição para a cultura subsequente	180
Fatores limitantes à FBN no Cerrado	185
Acidez do solo e disponibilidade de nutrientes	186
Deficiência hídrica	188
Fatores bióticos	190
FBN em sistemas de cultivos que utilizam adubação verde	191
Fixação de nitrogênio em gramíneas utilizadas como cobertura de solo	197
Considerações Finais	198
Referências Bibliográficas	199

Capítulo 6

Micorriza arbuscular e uso de adubos verdes em solos do Bioma Cerrado	211
Introdução	211
Tipos de micorriza e ocorrência	212
Colonização radicular, multiplicação e produção de inoculante	213
Dinâmica de fungos micorrízicos arbusculares	215
Eficiência de plantas condicionadoras de solo na formação da micorriza arbuscular e seu efeito no crescimento dessas plantas	217
Manejo dos fungos MA nos sistemas agrícolas com uso de adubos verdes ..	224
Considerações Finais	229
Referências Bibliográficas	230

Capítulo 7

Adubação verde no controle de fitonematóides	237
Introdução	237
Espécies vegetais para controle de fitonematóides	239
Principais espécies de adubo verde usadas no controle de fitonematóides ...	242
Modo de ação de adubos verdes no controle de fitonematóides	243
Espécies de crotalária	243
Espécies de mucuna	244
Espécies de cravo-de-defunto	245
Espécies de aspargo	246
Espécies de crucíferas	246
Resultados do controle de fitonematóides com espécies vegetais obtidos no Bioma Cerrado	247
Efeito de adubos verdes na dinâmica de população de <i>M. javanica</i> e <i>P. brachyurus</i>	249

Efeito de adubos verdes no controle de fitonematóides na cultura da soja	255
Efeito de adubos verdes no controle de fitonematóides na monocultura do feijoeiro	256
Análise econômica do uso de adubos verdes em relação a outros métodos de controle de fitonematóides	257
Uso de adubos verdes em sistemas de produção do Cerrado	260
Considerações Finais	264
Referências Bibliográficas	264

Capítulo 8

Insetos de importância econômica associados às espécies vegetais usadas como adubos verdes	273
Introdução	273
Caracterização dos insetos e suas relações com as plantas condicionadoras de solo	274
Insetos do solo	274
Insetos subterrâneos	274
Insetos de superfície	278
Insetos da parte aérea	282
Insetos mastigadores	282
Insetos sugadores	287
Insetos de grãos armazenados - carunchos (Ordem Coleoptera, Família Bruchidae)	294
Considerações Finais	295
Referências Bibliográficas	296

Capítulo 9

Uso de adubos verdes nos sistemas de produção no Bioma Cerrado	301
Introdução	301
Sistemas de produção com uso de adubos verdes no Cerrado do Brasil Central	302
Semeadura em pós-colheita ou em sucessão à cultura de verão	302
Semeadura em consórcio	306
Cultivo anterior à cultura comercial no início do período chuvoso	310
Sistemas de produção em Mato Grosso do Sul	311
Culturas de inverno	311
Espécies vegetais de safrinha	313
Espécies vegetais de primavera	314

Consórcio com adubos verdes	316
Integração lavoura-pecuária	319
Rotação de culturas	321
Manejo de adubos verdes	325
Integração lavoura-pecuária	327
Considerações Finais	328
Referências Bibliográficas	329

Capítulo 10

Viabilidade econômica do uso de plantas condicionadoras de solo em agroecossistema de sequeiro	331
Introdução	331
Estudo de caso – milho e plantas condicionadoras	333
Comportamento dos preços recebidos pelos produtores de milho	333
Produtividade do milho	334
Sistema de plantio com incorporação dos resíduos vegetais (preparo convencional do solo)	336
Plantio Direto	339
Análise econômica de cultivos de milho em sucessão às plantas condicionadoras de solo	344
Manejo com incorporação dos resíduos vegetais	345
Plantio Direto	353
Incorporação dos resíduos vegetais x plantio direto	363
Considerações Finais	366
Referências Bibliográficas	368