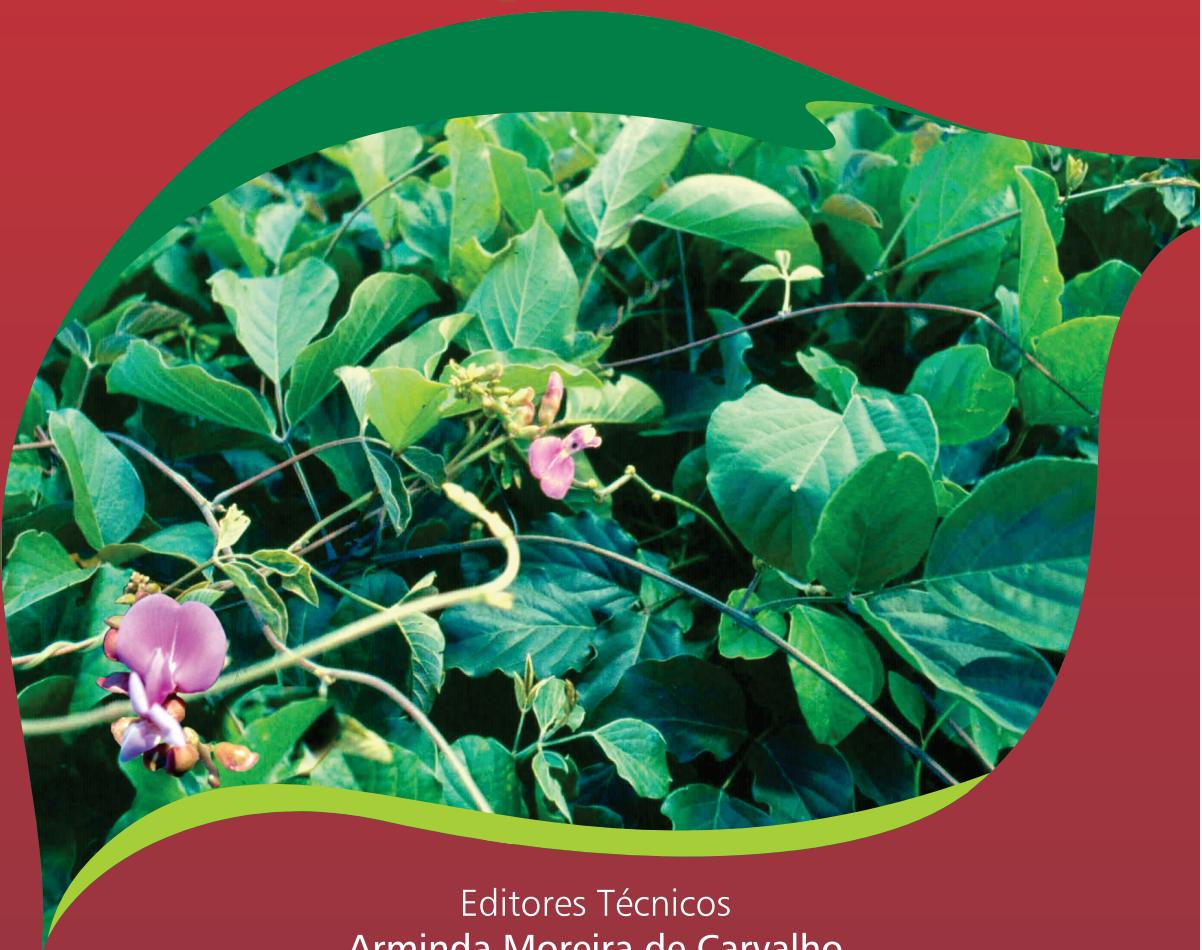


CERRADO

ADUBAÇÃO VERDE



Editores Técnicos
Arminda Moreira de Carvalho
Renato Fernando Amabile

Embrapa

CERRADO

ADUBAÇÃO VERDE

*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
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 edição 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

1^a edição

1^a impressão (2006)

500 exemplares

2^a impressão (2006)

1.000 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

Autores

Adriana Reatto

Engenheira Agrônoma, M.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas
Pesquisadora da Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF
reatto@cpac.embrapa.br

Alexandre Nunes Cardoso

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Ciência do Solo
Embrapa Sede
Parque Estação Biológica – PqEB - Av. W3 Norte (final)
Cx. Postal 040315, CEP 70770-901, Brasília, DF
alexandre.cardoso@embrapa.br

Antônio Carlos Gomes

Matemático, Ph.D. em Bioestatística
Pesquisador da Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF
acarlos@cpac.embrapa.br

Arminda Moreira de Carvalho

Engenheira Agrônoma, Doutora em Ecologia
Pesquisadora da Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF
arminda@cpac.embrapa.br.

Carlos Pitol

Engenheiro Agrônomo, B.Sc. em Engenharia Agronômica
Fundação MS,
Cx. Postal 105, CEP 79150-000, Maracaju, MS
fms.ms@terra.com.br

Cecília Czepak

Engenheira Agrônoma, Ph.D. em Agronomia
Professora Adjunto da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos
Universidade Federal de Goiás (UFG)
Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia, GO
ceciczepak@yahoo.com.br.

Dirceu Luiz Broch

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Engenharia Agronômica
Tecnologia de Sementes
Fundação MS
Cx. Postal 105, CEP 79150-000, Maracajú, MS
fms.ms@terra.com.br

Fábio Shigeo Takatsuka

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Agronomia
Área de concentração Produção Vegetal - EA/UFG,
Doutorando em Entomologia - Departamento de Biologia Animal/UFV

Jácomo Divino Borges

Biólogo, Doutor em Agronomia
Professor Adjunto da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos
Universidade Federal de Goiás (UFG)
Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia, GO

Jeanne Christine Claessen de Miranda

Bióloga, Ph.D. em Microbiologia do Solo
Pesquisadora da Embrapa Cerrados,
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF
jeanne@cpac.embrapa.br

João Pereira

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Solo e Nutrição de plantas
SMPW Quadra 16, conj. 5 Lote 1 casa F
Park Way, CEP 71741-605, Brasília, DF
j.pereira.jp@uol.com.br

João Roberto Correia

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo
Pesquisador da Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF
jroberto@cpac.embrapa.br

Jozeneida Lúcia Pimenta de Aguiar

Economista, M.Sc. em Economia Rural
Pesquisadora da Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF
joze@cpac.embrapa.br.

Leo Nobre de Miranda

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Agricultura
Pesquisador da Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF
leo@cpac.embrapa.br

Maria Lucrecia Gerosa Ramos

Bióloga, Ph.D. em Fisiologia Vegetal

Profª. Adjunta, Universidade de Brasília

Faculdade de Agronomia e Veterinária - Departamento de Agronomia

Cx. Postal, 04508, CEP 70910-900, Brasília, DF

lucrecia@unb.br

Marília Lobo Burle

Engenheira Agrônoma, M.Sc. em Solo e Nutrição de Plantas

Pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Parque Estação Biológica – PqEB S/N – Plano Piloto

CEP 70770-900, Brasília, DF

mlburle@ucdavis.edu

Paulo Marçal Fernandes

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências Biológicas

Professor Titular da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia, GO

Ravi Datt Sharma

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Nematologia

Pesquisador da Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza

Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF

sharma@cpac.embrapa.br

Renato Fernando Amabile

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Agronomia

Pesquisador da Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza

Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF

amabile@cpac.embrapa.br

Silvio Túlio Spera

Engenheiro Agrônomo, M.Sc., em Solos e Nutrição de Plantas
Pesquisador da Embrapa Trigo
BR 285, Km 174
Cx. Postal 451, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS
spera@cnpt.embrapa.br

Valquíria da Rocha Santos Veloso

Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia
Professora Titular da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos
Universidade Federal de Goiás (UFG)
Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia, GO

Walter Quadros Ribeiro Júnior

Biólogo, Ph.D. em Genética de Plantas
Pesquisador da Embrapa Cerrados/Trigo
BR 020, Km 18, Rod. Brasília-Fortaleza
Cx. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF
walter@cpac.embrapa.br

Ao pesquisador João Pereira e sua equipe pelo trabalho pioneiro
com adubação verde na Embrapa Cerrados.

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 hidrográfica 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, consequentemente, 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, consequentemente, 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 vários colegas na busca de modelos sustentáveis para a produção agropecuária nessa região.

Arminda Moreira de Carvalho
Renato Fernando Amabile
Editores Técnicos



Sumário

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 ocroleuca	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

Histórico da adubação verde

Renato Fernando Amabile

Arminda Moreira de Carvalho

Aadubação verde é uma prática milenar conhecida por gregos, romanos e chineses antes da Era Cristã. Tremoços, ervilhas, favas, lentilhas, vícias e outras leguminosas eram usadas há mais de 3000 anos a.C. pelos gregos (MARTIN; LEONARD, 1949). Na China, na dinastia Chou (1134-247 a.C.) já era usada como fertilizante (MIYASAKA, 1984). Em 430 a.C., o célebre historiador Xenofonte preconizava-a como um dos meios de conservar e melhorar a fertilidade do solo. Escreveu: "As ervas que medram sobre o chão, se forem enterradas sob a terra, enriquecê-la-á tal qual o esterco" (TIBAU, 1986).

Theophrasto (372-287 a.C.), em seus escritos, registrou que os povos da Macedônia e da Thessalia já faziam uso dessa prática. Os romanos e os gregos desde tempos remotos tinham a noção exata de que a fitomassa verde deveria servir na formação de novas plantas, o que, aliás, bem se percebe no conceito aristotélico "*destructio unius, generatio alterius*". Vergílio lembrou que o cultivo de certas leguminosas deixavam o terreno em boas condições de fertilidade. Catão e, depois dele, Columella, Plínio, Varrão e Palladio deixaram para a posteridade, em seus trabalhos, interessantes notas acerca dessa utilíssima prática agrícola. Columella relatou que os tremoços, as favas, as vícias, os joios (*Lolium*), as lentilhas e as ervilhas serviam como adubo, observando que o enterro deveria ocorrer logo depois do corte das plantas. Observou, ainda, que,

se o tremoço e a vícia forrageira fossem cortados ainda verdes, e suas partes radiculares fossem viradas pelo arado fertilizariam a terra, como o estrume, mas, se as raízes fossem deixadas para secar na superfície do solo, sem que se usasse a aração, então os efeitos benéficos não seriam os mesmos (GRANATO, 1924).

Os antigos povos da Grécia cultivavam as favas como adubos verdes. Os romanos davam preferência aos tremoços que eram semeados não para serem colhidos, mas para favorecer a cultura em sucessão. Essas favas semeadas não eram enterradas no período de florescimento, mas no da frutificação, um pouco antes de as vagens atingirem seu pleno desenvolvimento. Embora fosse conhecida a vantagem das leguminosas na adubação verde, os romanos enterravam todas as ervas e o restolho dos cereais, logo depois da colheita, porque considerava-se que esses resíduos constituíam bons adubos (GRANATO, 1924).

Plínio resumiu na sua compilação *Naturalis historia* tudo o que era conhecido no seu tempo em relação ao amanho do solo e relatou que não havia melhor adubo do que uma colheita de tremoços enterrada antes que as vagens tivessem aparecido na planta. Aconselhou a fazer o enterro em solos argilosos, depois da terceira florada porque as plantas produziam bem e muito enriqueceriam tais solos que eram compactados; no caso dos solos arenosos, “elas são enterradas logo na segunda florada”. Desde aquela época, já se percebia que o tremoço era uma espécie calcífuga, como tem sido qualificada atualmente. Com o passar do tempo, os antigos não se limitaram a cultivar, somente, leguminosas. Os milaneses semeavam rabanetes – mais provavelmente nabos – para enterrá-los quando estivessem desenvolvidos. Outros semeavam a *Gallega officinalis* e também as enterrava quando estavam totalmente desenvolvidas (GRANATO, 1924).

Ao longo da história, essa técnica conservacionista foi sendo relegada a segundo plano. Todavia, os europeus relembraram sua importância agrícola no período feudal. O sucesso do trevo-vermelho, introduzido na Inglaterra em 1650, resgatou o potencial dos adubos verdes. Por mais de dois séculos, outras espécies foram testadas e Lawson, em seu catálogo datado de 1852, descreveu

mais de cinqüenta espécies, freqüentemente, plantas forrageiras para o fim, entre outros, de adubação verde (PATERSON, 1925).

Em 1794, Thomas Cooper referenciou um dos primeiros trabalhos de rotação de culturas com uso de adubos verdes (aveia/trevo), na Pensilvânia, EUA (PIETERS, 1917). No Século 19, essa prática foi divulgada no mundo devido à revolução da agricultura que ocorria com o advento dos fertilizantes e corretivos, sendo usada nos Estados Unidos, no Havaí, na Austrália e em países africanos como nas ilhas Maurício e Madagascar. Nos Estados Unidos, o Departamento da Agricultura de Washington fornecia aos agricultores, sementes e instruções práticas sobre o cultivo de leguminosas (PIETERS, 1917).

As demonstrações experimentais e práticas dos agrônomos Voght, Thaér, Barão de Crud, De Felbenberg, Schultz-Lupitz, Ph. Baname e P. de Sornay contribuíram bastante para tornar a adubação verde uma prática eficaz, econômica e acessível aos agricultores. Ph. Baname e P. de Sornay realizaram análises químicas de diferentes espécies de adubos verdes, sendo considerados pioneiros desse assunto (D'UTRA, 1919).

No Brasil, um dos primeiros relatos sobre adubação verde foi feito por D'Utra (1919) que observou a respeito dos adubos verdes:

O efeito melhorador dessas culturas de enterro é hoje um fato universalmente admitido, dependendo o êxito e a sua importância prática somente do estudo e da escolha das plantas a utilizar para tal fim, em cada região, segundo a natureza da cultura que se quer beneficiar, e das diversas circunstâncias naturais e econômicas em que se opera.

E ainda: “Quanto mais pobres forem os terrenos, mais apreciáveis serão os resultados”. Indicou entre outras espécies os tremoços, as ervilhas, a serradela, os chicharos, os trevos diversos, a alfafa, as mucunas, o feijão-de-porco e certas espécies que eram nocivas aos animais como o feijão-bravo. Muitas das leguminosas foram introduzidas no começo do século 20, como o feijão-de-

porco, cultivado na Bahia desde 1902 e o kudzu, importado do sul dos Estados Unidos em 1916.

O Instituto Agronômico, em Campinas, SP desempenhou importante papel no programa de adubação verde no Brasil. Neme, entre 1934 e 1958, desenvolveu projetos com a finalidade de identificar quais eram as principais espécies para uso como adubo verde e o efeito desse material vegetal incorporado ao rendimento do milho (CAVALERI et al., 1963). Cavaleri e Inforzato (1956) referenciaram os trabalhos desenvolvidos por Neves e outros, relatando, inclusive, alguns estudos sobre sistema radicular. Em São Paulo, foram desenvolvidos grandes temas sobre adubos verdes semeados no período de verão (MENDES, 1944; INFORZATO, 1947; KIEHL; GALLI, 1951; GALLI, 1958; VIÉGAS et al., 1960). Miyasaka (1984) observou que, para o inverno, destacaram-se, ainda, os trabalhos de Ferraz e Kage, em 1979, que introduziram, na região de Guaíra, o sistema de adubação verde de inverno.

No Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), por volta de 1973/1974, foram desenvolvidos trabalhos iniciais com adubação verde de inverno, registrando que, em 1981, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq promoveu, na UFRRJ, um encontro sobre a adubação verde, com a finalidade de estimular e intercambiar experiências nessa área (CALEGARI et al., 1993).

No Bioma Cerrado, um precursor dos estudos foi o pesquisador Miyasaka, que desenvolveu uma série de trabalhos nesse ecossistema no Estado de São Paulo e, na região Centro-Oeste, um dos primeiros trabalhos em áreas de Cerrado foi realizado em Anápolis, GO (1967), na Estação Experimental do antigo DNPEA, com crotalaria júncea e feijão. O grande incentivador da adubação verde nessa região, o pesquisador João Pereira, foi o responsável por esse ensaio. No programa integrado, firmado entre a Secretaria da Agricultura do Estado de Goiás e o DNPEA, conduziram-se experimentos em Senador Canêdo, GO. Outro importante trabalho nesse ecossistema foi a coleção de

espécies de adubos verdes, organizada e avaliada pelo pesquisador João Pereira, no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, em Planaltina, DF. Esse trabalho teve como objetivo testar material genético nas condições edafoclimáticas do Cerrado, proveniente de outros institutos, como o Instituto Agronômico, em Campinas e de outros países e difundir a adubação verde nessa região. O primeiro ano de condução desse trabalho, que se estende até os dias de hoje, foi 1977. Em seguida, essa coleção foi levada para outros estados, com áreas de Cerrado: Goiás, Roraima, Amapá, Rondônia, Mato Grosso, Piauí, Bahia, Maranhão e Minas Gerais. Os estudos prosseguiram com agregação de outros parâmetros, como o efeito de calagem, da fosfatagem, da sucessão de culturas, da adubação verde depois das culturas de milho, de arroz e de soja, no Distrito Federal, Mato Grosso e Goiás. Seguiram-se os trabalhos com a finalidade de comparar sistemas de produção com associação dos adubos verdes e de culturas no mesmo ano (consórcio/sucessão) e o uso da área somente com os adubos verdes (RELATÓRIO..., 1978, 1979).

Kluthcouski (1980) avaliou leucena como alternativa de adubação verde para o pequeno e médio agricultor, inclusive, como alternativa para alimentação animal, na Embrapa Arroz e Feijão, em Goiânia, GO.

Ultimamente, vários órgãos de pesquisa da iniciativa privada e da extensão rural têm promovido discussões, reuniões enfocando o uso da adubação verde como princípio para uma agricultura conservacionista, ambiental e economicamente sustentável.

O sistema de plantio direto vem ocupando, cada vez mais, extensas áreas no Cerrado, demandando bastante o uso de adubos verdes. Nesse caso, as plantas são utilizadas para cobertura do solo. A agricultura orgânica também representa um sistema agroecológico seja para incrementar a diversidade de espécies vegetais, seja para eliminar utilização de fertilizantes, principalmente, os nitrogenados e o controle químico de plantas invasoras, pragas e doenças. Assim, as leguminosas representam a forma mais viável de incorporação de

nitrogênio ao solo. O controle de invasoras é efetuado por meio de cobertura do solo ou dos efeitos alelopáticos exercidos por várias espécies de adubos verdes. O aumento da diversidade de espécies vegetais, com o uso das plantas de cobertura ou adubos verdes, reduz o potencial de ataque de pragas e doenças no ambiente.

Aspectos do uso, definição e importância da adubação verde

O dinamismo da agricultura tem levado diversos produtores rurais a fazer uso de técnicas que proporcionam a manutenção ou a melhoria do potencial produtivo dos sistemas agrícolas. Essas tecnologias, consideradas estratégicas, têm sido incorporadas ao processo produtivo destacando, entre elas, a adubação verde. Sabe-se, no entanto, que muitas das espécies utilizadas como adubos verdes não são adaptadas ou suficientemente estudadas para as diferentes regiões brasileiras, em especial, o Bioma Cerrado. Assim, um dos maiores desafios para o manejo racional desse bioma é encontrar alternativas dentro dos sistemas que coadunem com a necessidade de preservação e melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, tampouco com o objetivo básico da agricultura que é a produção de alimentos, fibras e energia. Por sua vez, a ocupação intensiva e racional do Cerrado pode fornecer ao País cerca de 150 milhões de toneladas de grãos ao ano. O tempo necessário para que essa previsão se torne realidade, contudo, depende, além de fatores econômicos e políticos, de tecnologias que garantam ganhos representativos para os sistemas de produção, principalmente, daquelas ligadas ao manejo do solo e da água. Portanto, deve-se implementar e monitorar o uso de técnicas visando, principalmente, ao uso sustentável dos recursos disponíveis dessa região. A adubação verde representa, para esse bioma, uma alternativa técnica de suporte ao manejo de sistemas integrados da produção.

Mas, o que é a adubação verde? A adubação verde é definida como prática conservacionista pela qual certas espécies de plantas são cultivadas e, a seguir,

incorporadas ou mantidas na superfície do solo, em determinado estádio fenológico, com a finalidade de assegurar ou aumentar a capacidade produtiva do solo (CALEGARI et al., 1993). Quando essas plantas são incorporadas ao solo, elas atuam como condicionadores físicos, químicos e biológicos, podendo ser denominadas de plantas condicionadoras de solo. Ao contrário, se permanecem na superfície do solo, como no sistema do plantio direto, representam plantas de cobertura e também exercem funções de condicionadores de solo, porém, necessitando de um período mais longo para que seus efeitos sejam estabelecidos. É igualmente uma das práticas agrícolas mais simples de adubação orgânica, uma vez que o produto final é obtido no mesmo lugar ou nas proximidades do local a ser utilizado. Ela compreende o emprego de medidas que possibilitam o uso racional e eficiente dos solos da propriedade agrícola. Essa prática deve promover equilíbrio entre as exportações das culturas e as necessidades de reposição do ambiente. Assim, a adubação verde constitui um caminho para adoção de outros sistemas alternativos sendo seus objetivos básicos:

- melhorar ou manter o potencial produtivo do solo em médio e em longo prazos;
- controlar as erosões hídrica e eólica;
- preservar o meio ambiente mediante uso racional dos recursos naturais, principalmente, solo e água.

Ao adotar essa técnica, o produtor deve considerar um período de transição sem que ocorra a interrupção da produção agrícola. Essa transição deve ser monitorada tendo em vista a necessidade de se reconhecer os fatores limitantes ao estabelecimento desse sistema, levando a uma interferência técnica direta no campo. A eficiência da adubação verde está condicionada ao conhecimento do clima, dos solos e da propriedade como um todo e pela escolha adequada dos sistemas de produção a serem utilizados. O Bioma Cerrado caracteriza-se pela grande diversidade de sua vegetação, de seus solos e

de seu clima. A precipitação média anual é de 1500 mm havendo duas estações definidas: uma seca e outra chuvosa. A primeira pode ocorrer por cerca de 180 dias ao longo do ano, e a chuvosa caracteriza-se pelo aparecimento de um fenômeno climático denominado de veranico (paralisação das chuvas por um período de, no mínimo, oito dias durante o período das chuvas). Essas particularidades fazem com que haja necessidade de efetuar um manejo apropriado das espécies de adubos verdes para que não haja perdas durante o processo produtivo do agroecossistema.

Espécies vegetais para uso como adubos verdes

Na forma de adubos verdes, são utilizadas espécies de plantas de diversas famílias, havendo preferência pelas leguminosas por apresentarem capacidade de fixação de nitrogênio mediante associação simbiótica entre as leguminosas e as bactérias do gênero *Rhizobium* e, em consequência, concorrerem diretamente para a melhoria da fertilidade química do solo. As leguminosas são importantes, também, por causa da liberação gradativa do nitrogênio para as culturas posteriores ou associadas, alta mobilização e absorção específica de nutrientes, produção de grande quantidade de fitomassa verde e seca e um sistema radicular profundo e bem ramificado que permite maior extração e reciclagem de nutrientes. Entretanto, espécies de outras famílias também são usadas por apresentarem uma série de características desejáveis no sistema de produção específico.

Em geral, as leguminosas decompõem-se rapidamente, devido ao fato de a razão carbono/nitrogênio ser considerada baixa (TIBAU, 1986), apresentando, dessa forma, efeitos menos prolongados do nitrogênio mineralizado no solo. Nas últimas décadas, objetivando o aproveitamento da capacidade de produção de fitomassa e de processos alelopáticos, algumas espécies de gramíneas estão sendo usadas para cobertura de solo, como a aveia-preta e o azevém (FANCELLI, 1992). Também espécies de braquiárias têm sido incorporadas estrategicamente no processo da adubação verde e cobertura do solo. Alguns agricultores da

Região Centro-Oeste tiveram problemas, tanto de produção com as culturas subsequentes quanto na redução da fitomassa produzida por leguminosas consorciadas ou não, o que foi confirmado por Stanizio et al. (1991). Extratos aquosos da parte aérea de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu possuem efeitos alelopáticos capazes de inibir o crescimento das plântulas de *Stylosanthes guianensis* var. *Vulgaris* e cv. Bandeirantes e, *Stylosanthes macrocephala* cv. Pioneiro, dependendo da concentração dos extratos, resultados confirmados por Carvalho (1993). Os efeitos alelopáticos de *B. brizantha* cv. Marandu puderam ser constatados pela especificidade, presença de substâncias alelopáticas e pelos extratos etanólicos e aquosos obtidos da parte aérea e das raízes dessa gramínea. Tais efeitos mostraram-se mais evidentes na emergência e no crescimento de *S. guianensis* var. *Vulgaris* e cv. Bandeirantes do que em relação à germinação deles. Observou-se efeito de especificidade quanto às cultivares de *S. guianensis*. A cultivar Bandeirantes mostrou-se mais sensível do que a variedade *Vulgaris*. Almeida (1993) avaliou os efeitos alelopáticos dos extratos aquosos obtidos de três espécies de Braquiárias: *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* cv. Marandu e *B. humidicola* sobre as leguminosas: *Centrosema pubescens*, *Calopogonium mucunoides*, *Macrotyloma axillare* cv. Guatá e *Stylosanthes guianensis* ssp. *guianensis*. Os extratos aquosos das braquiárias diminuíram a germinação das sementes das leguminosas, exceto às do *M. axillare* cv. Guatá e esses extratos apresentaram efeito alelopático sobre as leguminosas, reduzindo a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes.

Pereira e Silva (1989), em solos de Cerrado, encontraram níveis de controle excelentes da mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) sobre a tiririca em um curto período de tempo. As crucíferas também têm seu destaque como condicionadoras de solo, apresentando o nabo-forrageiro, entre outras, elevada capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente, nitrogênio e fósforo (CALEGARI et al., 1993).

Esse aspecto da espécie é importante, uma vez que, na sucessão soja-milho, arroz-soja ou milho-feijão, as plantas cultivadas como condicionadoras de

solo podem interferir no desenvolvimento do processo produtivo como um todo, em função das épocas de semeadura, de populações inadequadas e, também, de espécies não recomendadas para o Bioma Cerrado. Nesse aspecto, a época adequada de semeadura é um dos principais fatores limitantes à prática da adubação verde na região, uma vez que o agricultor não pode deixar de cultivar sua área no período chuvoso com outras culturas que não sejam consideradas econômicas.

Alternativas de uso de adubos verdes no sistema de produção

Desse modo, o uso de adubos verdes, na época adequada aos sistemas de cultivo, constitui alternativa promissora sob os aspectos técnico e econômico. Uma estratégia é a semeadura dos adubos verdes no final do período chuvoso. Outra opção é realizar a semeadura quando ocorrer o veranico, promovendo o plantio de espécies de menor exigência hídrica. Nesses casos, o adubo verde poderá ser semeado tanto em consórcio com as culturas ditas econômicas ou em faixa exclusiva. Existe, ainda, a possibilidade de semear no início do período chuvoso, retardando a época de semeadura da cultura principal, quando necessário, para um período posterior ou utilizando um sistema consorciado entre a espécie tida como econômica e o adubo verde. Amabile et al. (1994), estudando o comportamento de adubos verdes antecipados ao cultivo de mandioca, em Goiás, obtiveram rendimentos superiores ao da média nacional quando adiaram a data de semeadura da mandioca de dezembro para janeiro, em detrimento da semeadura de espécies de adubos verdes semeadas no início daquele mês. Todavia, o uso do solo no início do período chuvoso pelo adubo verde, impossibilitando em alguns casos o cultivo da cultura tradicional, é um dos motivos pelo qual essa época não é aceita por grande parte dos agricultores.

Em sistema irrigado, deve-se levar em conta a rotação de culturas que se propõe realizar na propriedade, pois o sistema utilizado em larga escala pelos produtores da região é o de pivô central.

Quanto a população de plantas, esta deve ser suficiente para que ocorra excelente cobertura do solo, no caso de plantas de hábito rasteiro ou que proporcione produção de fitomassa verde ou seca que atenda às exigências da área em questão, dentro de limite econômico (AMABILE, 1996). Amabile et al. (1991) verificaram que a escarificação de sementes de feijão-bravo-do-ceará com água fervente por 40 segundos promoveu a superação da dormência, proporcionando germinação de mais de 90%. Com isso, houve economia na aquisição de sementes em cerca de 50%.

É preciso ressaltar que a presença de um ou mais efeitos de incompatibilidade entre as espécies empregadas como condicionadoras de solo e o sistema de produção adotado são claramente evidenciados, tanto na rotação quanto em consórcio. Tal fato é de grande importância e há necessidade de conhecer esses efeitos, pois a adoção da prática da adubação verde que possa vir a ter esse tipo de particularidade poderá ser vista como um entrave a sua adoção. Uma clara orientação das eventuais incompatibilidades conduzirá à apropriação dessa técnica no que se refere à época de utilização, como instrumento de rotação ou consorciação e do uso de espécies mais adaptadas ao Bioma Cerrado.

Dessa maneira, é necessário utilizar espécies referenciadas como adubos verdes que venham a produzir elevada quantidade de fitomassa verde e seca e que tenham rápido desenvolvimento e estabelecimento ao longo do período vegetativo. Como estratégia, a adubação verde é recomendada de forma a alcançar esse objetivo, usando-a em consórcio, na rotação ou na sucessão de culturas.

Quanto a sua utilização, essa prática pode ser classificada, no Cerrado, em:

- Adubação verde de safra consorciada ou não.
- Adubação verde de safrinha consorciada ou não.
- Adubação verde intercalar em culturas perenes.
- Plantas de cobertura no sistema de plantio direto.

A consorciação ou o uso das espécies solteiras pode ser realizada com plantas perenes, anuais ou bianuais. A modalidade a ser empregada deverá levar em conta a condição específica da propriedade em questão para seu estabelecimento.

Vantagens da adubação verde

Os benefícios que a adubação verde promove são inúmeros. A seguir estão relacionadas suas vantagens que serão analisadas detalhadamente nos capítulos subsequentes:

Incremento da fertilidade natural, geralmente, baixa nos solos do Bioma Cerrado, resultando também na economia de fertilizantes, especialmente, os nitrogenados e os fosfatados. Pereira e Sharma (1984) observaram, num Latossolo Vermelho, maior disponibilidade de fósforo com o uso de mucuna. O guandu também é considerado planta que contribui com a liberação de fósforo para o sistema solo-planta (AE et al., 1995; CARVALHO, 2005).

Fixação do nitrogênio atmosférico, no caso das leguminosas, e liberação do nitrogênio de forma gradual para as culturas consorciadas ou seqüenciais.

Proteção do solo contra erosões hídrica e eólica. A cobertura protege o solo de chuvas de alta intensidade, do impacto das gotas das chuvas, mantendo ou influindo na agregação do solo, promovendo melhor porosidade e, consequentemente, melhor permeabilidade e retenção de água.

Infiltração de água, devido ao efeito da cobertura e do sistema radicular, reduzindo dessa forma as enxurradas e o transporte de solo, fertilizantes e pesticidas.

Distribuição e estoque de carbono no solo.

Contribuição na formação e na manutenção da matéria orgânica, facilitando a produção de compostos húmicos importantes na troca de bases de ação iônica. Um aspecto prático no Cerrado, onde a fração orgânica é de grande

importância, é o efeito do veranico. Num solo cultivado e com maior teor de húmus e consequentemente melhor agregação, em geral, as plantas são menos afetadas pela ação desse fenômeno (PEREIRA et al., 1992).

As plantas condicionadoras são responsáveis pela qualidade e incrementos do teor de matéria orgânica e da atividade biológica do solo. Seu manejo promove maior disponibilidade de nutrientes aos plantios subsequentes em consequência da fixação biológica do nitrogênio por meio das leguminosas, do aumento de solubilidade de alguns nutrientes como o fósforo ou da absorção deles a partir de camadas mais profundas do solo.

O uso de adubos verdes pode:

Reducir a perda de nutrientes por volatilização e lixiviação. Os casos mais comuns são o do nitrogênio e do potássio que, por sua forma de uso e solos que predominam (Latossolos) no Cerrado, têm a lixiviação favorecida (SOUSA; LOBATO, 2004).

Facilitar a assimilação de nutrientes, promovendo a mobilização, a reciclagem dos nutrientes e a solubilização de mais de 50% dos compostos álcicos, fosfóricos de ferro e alumínio, manganês e de potássio (TIBAU, 1986; AMABILE et al., 1999).

Controlar as variações térmicas das camadas superficiais do solo, mantendo-as mais amenas com redução da perda d'água por evaporação direta.

Influir na flora e na fauna, realizando o controle de pragas e doenças. Sharma et al. (1982) avaliaram a eficiência do controle de quinze leguminosas sobre nematóides *Meloidogyne javanica*, *Pratylenchus brachyurus*, *Macroposthonia ornata*, *Oparatrichodorus minor*, *Ditylenchus sp.*, *Tylenchus sp.*, *Aphelenchus avenae* e outros não parasitas. Encontraram grande variabilidade no controle e que, entre outras espécies, a Crotalaria paulina foi a mais eficiente. Por sua vez, Riggs (1992) afirmou que a Crotalaria ochroleuca e o guandu são hospedeiros do nematóide-de-cisto da soja, não sendo

recomendado utilizá-los em áreas infestadas por esse nematóide emergente no Bioma Cerrado.

Controlar plantas daninhas por meio de substâncias aleloquímicas ou por competição das leguminosas com essas plantas. Algumas espécies possuem rápido e agressivo crescimento, como é o caso das mucunas, feijão-bravo-do-ceará, feijão-de-porco, em relação a determinadas plantas daninhas. Exemplo desse controle é o efeito supressor do feijão-de-porco e da mucuna sobre a tiririca (PEREIRA; SILVA, 1989; RODRIGUES et al., 1992).

Promover cobertura vegetal no sistema plantio direto. A elevada quantidade de fitomassa produzida e o tempo de decomposição menor favorecem cobertura vegetal estável para o uso dessa prática conservacionista (BLANCANEAUX et al., 1996; AMABILE et al., 2000; CARVALHO, 2005).

Ao se decidir por uma planta condicionadora de solo seja adubo verde, seja planta de cobertura visando a sua utilização em agroecossistemas, devem-se considerar as seguintes características (PEREIRA et al., 1992):

- Ser grande produtora de fitomassa e de sementes.
- Ter o ciclo compatível com o sistema de produção.
- Ter sementes de fácil produção e colheita.
- Ser tolerante a pragas e a doenças.
- Apresentar enraizamento profundo.
- Ser tolerante a alumínio tóxico.
- Ser boa extratora de nutrientes.
- Ser infectiva e efetiva na absorção de nitrogênio atmosférico (leguminosas).
- Ser tolerante à seca.
- Proporcionar aumento expressivo no rendimento das culturas subsequentes.

Referências Bibliográficas

AE, N.; OTANI, T.; ARIHARA, J. Effects of specific compounds exuded from roots on phosphorus nutrition. In: JOHANSEN, C.; LEE, K. K.; SHARMA, K. K.; SUBBARAO, G. V.; KUENEMAN, E. A. (Ed.). **Genetic manipulation of crop plants to enhance integrated nutrient management in cropping systems**. 1. Phosphorus: proceedings of an FAO-ICRISAT Expert Consultancy Workshop. Patancheru: ICRISAT, 1995. p. 117-128.

ALMEIDA, A. R. P. de. **Efeito alelopático de espécies de Brachiaria Griseb., sobre algumas leguminosas forrageiras tropicais**. 1993. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AMABILE, R. F. **Comportamento de adubos verdes em épocas de semeadura nos Cerrados do Brasil central**. 1996. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AMABILE, R. F.; CORREIA, J. R.; FREITAS, P. L. de; BLANCANEAUX, P.; RAMOS, J. G. A. Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1193-1199, 1994.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Absorção de N, P, K por espécies de adubos verdes cultivadas em diferentes épocas e densidades num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 837-845, 1999.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 359, n. 1, p. 47-54, jan. 2000.

AMABILE, R. F.; SILVA, J. L. S.; FARIA NETO, A. L. F. **Efeito de diferentes tratamentos na quebra da dormência de sementes de Canavalia brasiliensis (Feijão-bravo-do-Ceará)**. Planaltina, DF: EMBRAPA - CPAC, 1991. 2 p. (EMBRAPA - CPAC. Comunicado Técnico, 60).

BLANCANEAUX, P.; FREITAS, P. L. de; AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de. Le semis direct comme pratique de conservation des sols des Cerrados du Brésil Central. **Cahier Orstom, Série Pédologie, Paris, v. 28, n. 2,,** p. 253-275, 1996. Spécial Erosion.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M. B. B. da; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S. AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CARVALHO, A. M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo:** composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

CARVALHO, S. I. C. de. **Caracterização dos efeitos Alelopáticos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no estabelecimento das plantas de *Stylozanthus guyanensis* var. *Vulgaris* e cv. Bandeirantes.** 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CAVALERI, P. A.; INFORZATO, R. Estudos do sistema radicular do algodoeiro nos três principais tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 15, n. 24, p. 337-346, 1956.

CAVALERI, P. A.; FUZZATO, M. G.; FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro. XIV: Experiências com mucuna e adubos minerais. **Bragantia**, Campinas, v. 22, n. 26, p. 331-350, 1963.

D'UTRA, G. R. P. **Adubos verdes:** sua produção e modo de emprêgo. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Commercio e Obras Publicas do Estado de São Paulo, 1919. 76 p.

FANCELLI, A. L. Adubação Verde. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). **Feijão irrigado.** 3. ed. Piracicaba: ESALQ, 1992. p. 117-125.

GALLI, F. Inoculações cruzadas com bactérias dos nódulos de leguminosas tropicais. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 33, n. 3, p. 139-151, 1958.

GRANATO, L. **A adubação verde:** arte antiga e ciencia moderna: uma revolução na economia agrícola nacional. São Paulo: Monteiro Lobato, 1924. p. 11-26.

INFORZATO, R. Nota sobre o sistema radicular do guandu, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. e sua importância na adubação verde. **Bragantia**, Campinas, v. 7, p. 125-127, 1947.

KIEHL, E. J.; GALLI, F. Adubação verde com tremoço. **O Solo**, Piracicaba, v. 43, p. 19-23, 1951.

KLUTHCOUSKI, J. **Leucena:** alternativas para pequena e média agricultura. Goiânia, EMBRAPA - CNPAF, 1980. 23 p. (EMBRAPA - CNPAF. Circular Técnica, 6).

MARTIN, J. H.; LEONARD, W. H. **Principles of field crop production.** New York: Macmillan, 1949. p. 154-155.

MENDES, J. E. T. **Adubação verde para cafezais.** [S.I.]: Superintendência dos Serviços do Café, 1944. p. 870-876, 1004-1009. (Boletim, n. 210, 211).

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Adubação verde no Brasil.** Campinas, 1984. p. 64-123.

PATERSON, W. G. R. (Ed.). **Farm crops.** London: Gresham, 1925. v. 4, p. 61, 142-145.

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1992, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-54.

PEREIRA, R. V.; SILVA, A. **Controle alelopático de tiririca por mucuna e feijão-de-porco.** Goiânia: UFG, CNPq, 1989. 3 p. Projeto de pesquisa.

PEREIRA, J.; SHARMA, R. D. Projetos de pesquisa com adubos verdes. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Adubação verde no Brasil.** Campinas, 1984. p. 322-325.

PIETERS, A. J. Green manuring: A review of the American experiment station literature. **Journal of the American Society of Agronomy**, Genova, v. 9, p. 62-82, 1917.

RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS 1976/1977. Planaltina, DF: Embrapa - CPAC, 1978. 183p.

RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS 1977/1978. Planaltina, DF: Embrapa - CPAC, 1979. 192p.

RIGGS, R. D. Host range. In: RIGGS, R. D.; WRATHER, J. A. (Ed.). **Biology and management of the soybean syst nematode.** St. Paul, Minnesota: APS PRESS, 1992. p. 107-114.

RODRIGUES, L. R. de A.; RODRIGUES, T. de J. D.; REIS, R. A. **Alelopacia em plantas forrageiras.** Jaboticabal: UNESP: FUNEP, 1992. 18 p.

SHARMA, R. D.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S. **Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos cerrados.** Planaltina, DF: EMBRAPA - CPAC, 1982. 30 p. (EMBRAPA - CPAC. Boletim de Pesquisa, 13).

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. p. 129-145.

STANIZIO, R. M.; LEITE G. G.; VILELA, L. Efeito alelopático de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sobre o crescimento de plântulas de quatro leguminosas forrageiras. In: REUNIÃO

ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., João Pessoa, 1991. *Anais...*
João Pessoa: SBZ, 1991. p. 95.

TIBAU, A.O. Matéria orgânica do solo. In: TIBAU, A. O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1986. p. 49-184.

VIÉGAS, G. P.; FREIRE, E. S.; FRAGA JÚNIOR, C. G. Adubação do milho. XIV: Ensaios com mucuna intercalada e adubos minerais. **Bragantia**, Campinas, v. 19, p. 909-941, 1960.

Solos do Bioma Cerrado: propriedades químicas e físico-hídricas sob uso e manejo de adubos verdes

Silvio Túlio Spera

João Roberto Correia

Adriana Reatto

OS SOLOS DO BIOMA CERRADO: DISTRIBUIÇÃO, USO E MANEJO

As classes de solos de uso agrícola no Bioma Cerrado, associadas a sua porcentagem de ocorrência, conforme Tabela 1, são as seguintes: Latossolos, Neossolos Quartzarênicos, Nitossolos Vermelhos, Argissolos, Cambissolos, Gleissolos e Plintossolos. Neste capítulo, são apresentadas suas particularidades quanto ao uso, manejo e relação com plantas condicionadoras de solo (adubos verdes e/ou plantas de cobertura).

Os Latossolos representam 46,0% do Bioma Cerrado (REATTO et al., 1998) redistribuídos nas classes: Latossolo Vermelho (antigos Latossolos Vermelho-Escuro e Latossolo-Roxo). Latossolo Vermelho-Amarelo (antigos Latossolos Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo Variação Una) e os Latossolos Amarelos. Estão predominantemente sob vegetação natural de Cerradão, Cerrado Denso ou Cerrado Sentido Restrito, ocupando, na paisagem, a superfície das chapadas e as planícies entre essas chapadas. São solos minerais, não hidromórficos, profundos (normalmente com profundidade superior a 2 m). Caracterizam-se por apresentar baixo teor de sílica e de bases trocáveis, resultado da lixiviação provocada pelo intemperismo acentuado de minerais. Como consequência, os Latossolos são enriquecidos com óxidos de ferro e de alumínio, agentes agregantes que dão à massa do solo aspecto maciço poroso e estrutura granular muito pequena. Apresentam baixo potencial de reserva de

nutrientes para as plantas, em razão da pequena a média capacidade de troca de cátions, sendo que mais de 95% dos Latossolos são distróficos e ácidos, com pH situando na faixa entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponível muito baixos, inferiores a 1 mg dm⁻³. A fração argila dos Latossolos é composta principalmente de caulinita, óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio, com elevada capacidade de retenção de fósforo (RESENDE et al., 1995).

São solos que podem ser trabalhados em grande amplitude de umidade em função de sua estrutura granular que permite boa drenagem da água.

Em relação à aptidão agrícola, os Latossolos são passíveis de uso com culturas anuais, perenes, pastagens, reflorestamento e vida silvestre. Normalmente estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%.

Um fator limitante para o uso agrícola é a baixa fertilidade química desses solos que, com aplicações adequadas de corretivos e fertilizantes, aliadas à época propícia de plantio ou à semeadura de cultivares adaptadas de plantas produtoras de grãos, fibras ou tubérculos obtêm-se bons rendimentos. O uso de plantas condicionadoras de solo também proporciona melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas desses solos, depois da conversão aos sistemas agropecuários.

Os Latossolos de textura média assemelham-se muitas vezes aos Neossolos Quartzarênicos, sendo muito suscetíveis à erosão, requerendo práticas conservacionistas adicionais e manejo compatível com o grau de suscetibilidade à erosão. No caso de plantios de sequeiro, a baixa capacidade de armazenamento de água dos Latossolos de textura média pode provocar grandes prejuízos no rendimento das culturas haja vista a ocorrência de veranicos e o período seco pronunciado (maio a setembro), característico do Bioma Cerrado. Devem ser adotadas práticas de manejo que preconizem a cobertura do solo com resíduos de plantas produtoras de grãos ou especialmente cultivadas para esse fim, visando aumentar os teores e melhorar a qualidade da matéria orgânica, e, consequentemente, incrementar a agregação e elevar a disponibilidade de água do solo.

Tabela 1. Correspondência entre classes de solos do antigo (CAMARGO et al., 1987) e do atual sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999).

Classes de Solos	
Antiga classificação (CAMARGO et al., 1987)	Classificação atual (EMBRAPA, 1999)
Latossolo Roxo (LR)	Latossolo Vermelho Distroférrico (LVdf) Latossolo Vermelho Eutroférrico (LVef) Latossolo Vermelho Acriférreco (LVwf)
Latossolo Vermelho-Escuro (LE)	Latossolo Vermelho (LV)
Latossolo Vermelho-Amarelo (LV)	Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) Latossolo Amarelo (LA)
Latossolo Variação Una (LU)	Latossolo Amarelo (LA)
Latossolo Amarelo (LA)	Latossolo Amarelo (LA)
Areia Quartzosa (AQ)	Neossolo Quartzarênico (RQ)
Podzólico Vermelho-Escuro (PE)	Argissolo Vermelho (PV)
Podzólico Vermelho-Amarelo (PV)	Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA)
Terra Roxa Estruturada (TR)	Nitossolo Vermelho (NV)
Cambissolo (C)	Cambissolo Háplico (CX)
Plintossolo (PT)	Plintossolo Argilúvico (FT) Plintossolo Háplico (FX)
Plintossolo Pétrico (PP)	Plintossolo Pétrico (FF)
Hidromórfico Cinzento (HC)	Planossolo Hidromórfico (SG) Gleissolo Háplico (GX)
Glei Húmico (HGH)	Gleissolo Melânico (GM)
Glei Pouco Húmico (HGP)	Gleissolo Háplico (GX)
Aluvial (A)	Neossolo Flúvico (RU)
Orgânico (O)	Organossolo Mésico (OY) Organossolo Háplico (OX)

Nos Latossolos argilosos, o cuidado com a erosão não é menos importante. Depois do preparo do solo (com aração e gradagem) para a semeadura, o risco de erosão é muito grande, pois as chuvas que, no Bioma Cerrado, geralmente, são concentradas em determinados períodos e de alta intensidade, principalmente, no início da estação chuvosa, encontram o solo totalmente desprotegido. Sua forte estrutura muito pequena granular leva os Latossolos argilosos a apresentar comportamento semelhante aos solos arenosos no que se refere à infiltração e à percolação da água. Além disso, os Latossolos de textura argilosa a muito argilosa, quando intensamente mecanizados, têm sua estrutura destruída levando à redução da porosidade do solo e à consequente formação de camada compactada dificultando o enraizamento e a infiltração da água (OLIVEIRA et al., 1992). Esse fato é agravado quando o solo recebe doses excessivas de calcário, o que é comum nas áreas agrícolas de Cerrado, promovendo a dispersão de argila (TORMENA et al., 1998).

A baixa capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos tropicais muito intemperizados de Cerrado pode ser melhorada com a adoção de práticas de manejo que promovem a elevação dos teores de matéria orgânica do solo, uma vez que a CTC depende essencialmente desse constituinte (RAIJ; PEECH, 1972). O manejo inadequado dos Latossolos, particularmente no que se refere ao uso de máquinas e implementos, tem levado à degradação desses solos. Um dos aspectos negativos que deve ser considerado é a perda gradual da matéria orgânica e da agregação natural do solo. Klamt e Sombroek (1988) encontraram em média 51% de participação da matéria orgânica na CTC de Latossolos. Esse valor sugere que toda perda considerável dessa fração, redundante em sérios problemas no que se refere à retenção de cátions e de água e, ainda, à destruição da estrutura e à erosão. O manejo mediante plantio direto ou preparo com incorporação de plantas condicionadoras de solo, de preferência associados à rotação de culturas, pode permitir a manutenção e até a elevação dos níveis de matéria orgânica de qualidade nesses solos (SANTOS; SIQUEIRA, 1996).

Os Latossolos, devido a sua composição mineralógica em que predominam óxidos de ferro e de alumínio, retêm o fósforo, reduzindo sua disponibilidade às plantas. A capacidade de extração do fósforo retido no solo pela presença de exudados radiculares de fungos e bactérias solubilizadores, associadas às plantas condicionadoras de solo como o guandu, é uma estratégia de manejo importante (ARIHARA et al., 1991; CARNEIRO et al., 2004; CARVALHO, 2005).

Os Latossolos Amarelos, além da baixa fertilidade e da alta saturação por alumínio, apresentam problemas de ordem física tais como: permeabilidade restrita, elevada coesão dos agregados (pois o solo é extremamente duro quando seco) e lenta infiltração de água; os de textura mais argilosa têm predisposição ao selamento superficial, condicionado pela ação das chuvas torrenciais próprias do clima tropical. Os solos mantidos com lavouras apresentam elevada suscetibilidade à erosão na proporção em que permanecem sem cobertura. Isso ocorre, também, em menor intensidade, em solos sob pastagem. O adoção de adubo verde seja com incorporação, seja como cobertura associada ao plantio direto, pode atenuar esses problemas em razão do efeito favorável à reestruturação promovida pelas espécies de plantas condicionadoras de solo (ALMEIDA; RODRIGUES, 1985; CASSOL et al., 1987; CARVALHO et al., 1999; SANTOS; REIS, 2001).

Para o manejo adequado dos Latossolos, deve-se verificar o uso do solo de acordo com sua aptidão agrícola e devem ser feitas as correções referentes à acidez, à saturação por alumínio e à baixa fertilidade. É importante que seja observado o teor de argila; estando próximo do limite de 150 g kg⁻¹ e em caso de uso muito intenso, tais como sistemas irrigados, cuidados especiais devem ser tomados no seu manejo: parcelamento de adubos e corretivos, adição de matéria orgânica e, principalmente, a redução do número de operações de preparo de solo. É recomendável manter o solo coberto a maior parte do tempo, especialmente, na entressafra e no início das chuvas, e adotar, sempre que possível, manejos conservacionistas como cultivo mínimo, plantio direto e incorporação de plantas condicionadoras de solo (adubação verde).

A incorporação de corretivos e fertilizantes de forma contínua em Latossolos de Cerrado tem promovido alterações substanciais na fertilidade natural desses solos. Se por um lado ocorre melhoria química, o mesmo não se pode afirmar em relação às propriedades físicas e biológicas. O manejo inadequado, particularmente, no que se refere ao uso excessivo de máquinas e implementos agrícolas, vem degradando esses solos e reduzindo a produtividade das culturas, mesmo com intensa aplicação de adubos químicos (KER et al., 1992).

Os Neossolos Quartzarênicos (Tabela 1) ocupam 15,2% da área no Bioma Cerrado. São solos originados geralmente de depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 metros de profundidade. Esses solos são constituídos essencialmente de grãos de quartzo, sendo, por conseguinte, virtualmente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo. Ocorrem sob vegetação natural de Cerrado Ralo, Cerrado Sentido Restrito e Cerradão em relevo plano a suave-onulado.

São solos de baixa aptidão agrícola (VIEIRA, 1987). O uso desses solos com lavouras anuais apresenta elevado risco, pois sua degradação ocorre rapidamente (SILVA et al., 1994). Culturas perenes, plantadas em áreas de Neossolos Quartzarênicos, requerem cuidados intensivos no controle da erosão, manejo adequado da adubação (principalmente Nitrogênio e Potássio) e irrigação, esta última visando inclusive à economia de água. A cobertura do solo, nas condições climáticas do Bioma Cerrado, principalmente nesses solos arenosos, é fundamental para a diminuição da perda de água por evaporação e de nutrientes por lixiviação, como o Nitrogênio e o Potássio.

As áreas de Neossolos Quartzarênicos que ocorrem junto aos mananciais devem ser obrigatoriamente isoladas e mantidas com a vegetação natural, sendo destinadas à preservação da flora e da fauna. O reflorestamento comercial é uma opção para as áreas que não ocorrem junto aos mananciais ou próximas à rede de drenagem (SPERA et al., 1998).

Essa classe de solo, por ser muito arenosa, com pequena capacidade de agregação de partículas, condicionada pelo baixo teor de matéria orgânica, é muito suscetível à erosão. Se estiver ocupando cabeceiras de drenagem,

normalmente é o ponto de partida para a formação de grandes voçorocas (FASOLO et al., 1986).

No uso desses solos, é fundamental levar em consideração a declividade, pois os Neossolos Quartzarênicos em relevo suave-ondulado ou mais movimentado ($> 3\%$) são muito suscetíveis à erosão.

Devido à grande quantidade de areia, especialmente, nos perfis onde a areia grossa predomina sobre a fina, esses solos apresentam séria limitação no que se refere à disponibilidade de água. Por serem muito porosos, são excessivamente drenados e apresentam capacidade de água disponível às plantas em torno de 70 mm até a profundidade de 2 m (SPERA et al., 1998).

Não obstante a retenção de P ser menor nesses solos (CARVALHO et al., 1995), verifica-se decomposição mais rápida da matéria orgânica em relação aos Latossolos. A capacidade de troca catiônica desses solos é altamente dependente da matéria orgânica (SILVA et al., 1994). A lixiviação de nitratos e sulfatos é intensa por causa da excessiva permeabilidade dos solos de textura arenosa, condicionada pelo elevado volume de macroporos.

Nesses solos onde as plantas apresentam menor potencial de produtividade, o uso de adubos verdes será limitado pelo seu próprio rendimento, principalmente, quanto à produção de fitomassa. Assim, a espécie de planta condicionadora de solo deve ser rústica o suficiente para produzir fitomassa em condições desfavoráveis de solo e água que possa beneficiar a cultura subsequente (DE-POLLI; CHADA, 1989; AMABILE et al., 1996, 2000; CARVALHO et al., 2000). Embora os Neossolos Quartzarênicos sejam solos com baixo potencial agrícola, existem muitas áreas dessa classe de solo com lavouras extensivas de soja no Cerrado. Nos Neossolos Quartzarênicos sob cultivo, a matéria orgânica tende a se degradar muito rápido (SILVA et al., 1994). Nessa situação, as espécies de plantas condicionadoras de solo que tenham alta razão C/N e compostos de carbono recalcitrante (aromáticos e alquilas) (CARVALHO, 2005) são mais indicadas para a manutenção dos níveis de matéria orgânica no solo e para mantê-lo coberto por período maior, retardando seu ressecamento e diminuindo sua degradação.

As espécies de plantas condicionadoras de solo, semeadas nos Neossolos Quartzarênicos, devem ser adaptadas para as condições de baixos teores de nutrientes, tolerância a veranicos e apresentar elevada capacidade para reciclar nutrientes. Essas características são encontradas principalmente em espécies cujo sistema radicular seja agressivo e profundo. Pereira et al. (1992) citam o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) como espécie que apresenta bom desenvolvimento em solos arenosos do Cerrado. McVay et al. (1989) verificaram, em solo arenoso, que a estabilidade dos agregados aumentou significativamente quando a planta de cobertura era leguminosa.

Para o manejo adequado dos Neossolos Quartzarênicos, deve-se observar o uso desses solos conforme sua aptidão agrícola. Solos com elevado teor de areia grossa tendem a apresentar menor CTC e baixa retenção de água. Assim, o teor de areia grossa também deve ser considerado no planejamento de uso desses solos.

Os investimentos de capital para se atingir produção sustentável em Neossolos Quartzarênicos podem ultrapassar os rendimentos obtidos, e o risco de erosão é muito elevado. Portanto, a relação custo/benefício de uso desses solos, tanto econômico quanto ambiental é desfavorável.

O Nitossolo Vermelho é uma classe de solo que representa apenas 1,7% da área no Bioma Cerrado (Tabela 1). São solos minerais, não-hidromórficos, apresentando cor vermelho-escura tendendo a arroxeadas. No Bioma Cerrado, são derivados do intemperismo de rochas básicas e ultrabásicas, ricas em minerais ferromagnesianos e de rochas calcárias. Na sua maioria são eutróficos com ocorrências menos freqüentes de distróficos e raramente álicos. Ocorrem sob vegetação natural de Mata Seca Semidecídua, ocupando, na paisagem, a porção média das encostas onde o relevo se apresenta suave-ondulado ou ondulado.

Os Nitossolos Vermelhos compreendem solos de grande importância agrícola, principalmente, para o pequeno produtor. Os eutróficos apresentam elevado potencial produtivo, e os distróficos e álicos respondem bem à aplicação de fertilizantes e corretivos.

Esses solos apresentam riscos de erosão quando localizados em relevos ondulados e, quando álico em profundidade, limitam o desenvolvimento radicular. Para o manejo adequado desses solos, deve-se observar a profundidade efetiva, pois alguns Nitossolos Vermelhos são rasos. Os riscos de erosão em decorrência da topografia do terreno devem ser considerados, uma vez que ocorrem, geralmente, em relevo mais movimentado e apresentam menor infiltração da água que os Latossolos.

À exceção do relevo, esses solos possuem características favoráveis, sendo sua aptidão boa para lavouras e demais usos agrossilvipastorais. Nessa classe de solos, o uso de plantas de cobertura é importante para a proteção contra erosão e também na melhoria das propriedades físicas, pois, sendo solos de fertilidade mais elevada, sua capacidade de produção deve ser preservada, quando se adota nível tecnológico mais simples.

No caso de solos com baixa disponibilidade de nutrientes, deve-se verificar a dosagem correta de fertilizantes e de corretivos a ser aplicada uma vez que sua resposta à adubação é alta.

Os Argissolos (Tabela 1) ocupam 15,1% da área no Bioma Cerrado, subdivididos em Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos são diferenciados pela coloração avermelhada mais escura e pelos teores de óxidos de ferro mais elevados que os do Argissolo Vermelho.

Os Argissolos apresentam diversidade muito grande nas propriedades de interesse para uso e manejo: profundidade, textura e fertilidade natural variáveis; podem, também, apresentar ou não cascalhos, pedras ou concreções e ocorrem em diferentes posições na paisagem.

Devido ao gradiente textural, os Argissolos podem apresentar sérios problemas de erosão em função do gradiente de infiltração de água através do perfil. Isso requer, além daquelas práticas comumente usadas (cultivo em nível ou em faixas), práticas conservacionistas complexas como a associação de terraços com cobertura morta e adubação verde e até adoção de sistemas de manejo que mobilizem menos o solo como cultivo mínimo e plantio direto (KER

et al., 1992). Problemas graves devidos à erosão são verificados naqueles Argissolos que apresentam mudanças abruptas de textura, sendo tanto maior o problema quanto maior for a declividade do terreno.

Os Argissolos distróficos e álicos ocorrem sob vegetação natural de Cerrado Sentido Restrito e, além da limitação da fertilidade química, podem apresentar, ainda, problemas acentuados de erosão se localizados em relevos ondulados a forte-ondulados. A eficiência da adubação e da calagem depende da adoção intensiva de práticas de conservação do solo como o terraceamento. O uso de sistemas conservacionistas, como o cultivo mínimo e o plantio direto, é indicado, pois esses solos devem ser mantidos com cobertura vegetal a maior parte do tempo a fim de evitar a erosão. Em Argissolos, o uso de plantas condicionadoras de solo, com objetivo de ciclar nutrientes e de formar canalículos no horizonte B textural, como consequência do crescimento de raízes, é estratégia a ser considerada no planejamento do uso. Alvarenga et al. (1996) observaram em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, típico, que o guandu é a espécie de maior potencial de penetração de raízes no solo.

Os Argissolos eutróficos ocorrem sob vegetação natural de Mata Seca Semidecídua ou Cerradão, ocupando, na paisagem, a porção média das encostas onde o relevo se apresenta suave-ondulado ou ondulado. Não apresentam limitações quanto à fertilidade química. No entanto, a retirada constante de nutrientes pelas plantas cultivadas e a erosão nas áreas mais declivosas podem reduzir a disponibilidade de nutrientes. Para esses solos, valem as mesmas considerações feitas para os Nitossolos Vermelhos Eutróficos.

Quando esses solos apresentam fertilidade natural elevada, sem pedregosidade, sua aptidão é boa para agricultura em áreas que utilizam baixo e médio nível tecnológico, ou seja, onde não é possível investir grande quantidade de capital para o melhoramento e a conservação do solo e das lavouras. Isto é mais comum em áreas de agricultura familiar. Quando a fertilidade natural é baixa, o problema se agrava, tornando o uso agrícola restrito a pequenas áreas.

Os Argissolos intermediários para Latossolos, sendo mais profundos, possuem aptidão para uso mais intensivo, mesmo apresentando baixa fertilidade

natural. A limitação na fertilidade pode ser corrigida desde que ocorram em áreas de relevo suave-ondulado. O uso de culturas perenes manejadas mediante consórcio com adubos verdes também é uma alternativa para o uso desses solos.

Apesar de não ocorrerem em grandes áreas contínuas no Bioma Cerrado, sua presença é sempre freqüente, particularmente, no oeste de Goiás. Nessa classe de solos, o uso de plantas de cobertura é importante para a proteção contra erosão. De-Polli e Chada (1989) obtiveram, em Podzólico Vermelho-Amarelo sob Cerrado (atualmente Argissolo Vermelho-Amarelo), 6,0 t ha⁻¹ de matéria seca de feijão-de-porco e 4,4 t ha⁻¹ para mucuna-preta cultivados na época chuvosa.

Para o uso adequado dos Argissolos, recomenda-se observar a presença de cascalhos e pedras e a declividade do terreno, fatores que podem limitar a mecanização. Declives acima de 8% e a diferença de textura entre os horizontes A e B, principalmente, quando o A for arenoso, tornam esses solos bastante suscetíveis à erosão. Essa característica, aliada à baixa fertilidade natural, torna-os inaptos para lavouras anuais.

Os Cambissolos (Tabela 1) representam 3,1% da área do Bioma Cerrado, são solos minerais não-hidromórficos, de imperfeita a acentuada drenagem. Quanto à profundidade, ocorrem desde rasos a profundos, com pequena a média capacidade de retenção de água, e textura variando de franco-arenosa a muito argilosa, com cascalho ou sem a presença de cascalhos. O teor de silte é, em geral, relativamente elevado, resultando em solos mais suscetíveis à compactação e de permeabilidade mais lenta. Ocorrem sob vegetação natural de Cerrado Típico ou Cerrado Ralo, ocupando, na paisagem, a porção superior das encostas onde o relevo se apresenta geralmente ondulado ou forte-ondulado.

Os Cambissolos são derivados dos mais diversos materiais de origem e encontrados em condições climáticas variadas. Podem ser distróficos, álicos e raramente eutróficos. A CTC é bastante variável, entretanto, é mais elevada que nos Latossolos.

Esses solos são pouco recomendados para cultivos intensivos, sendo mais indicados para o uso com pastagens, reflorestamentos e até mesmo para a preservação da fauna e da flora, nas áreas de relevo forte-ondulado, onde os solos são muito rasos (VIEIRA, 1987). Por ocorrerem geralmente em áreas de relevo movimentado, são bastante suscetíveis à erosão. Freqüentemente apresentam pedregosidade e rochosidade características que, juntamente com a pouca profundidade, restringem a mecanização e o desenvolvimento radicular, além de aumentar a suscetibilidade à erosão.

As culturas perenes podem apresentar adequada produtividade quando cultivadas em Cambissolos mais profundos e de relevo plano (raramente ocorrem nessa classe de relevo) a ondulado. Cuidados especiais como plantio direto com adequada cobertura com palha ou plantio com incorporação de plantas condicionadoras de solo, plantio em nível e construção de terraços, além da adubação e correção do solo, devem ser tomados para a semeadura de culturas anuais.

A baixa fertilidade natural e o relevo geralmente bastante movimentado limitam o uso desses solos tanto em sistemas de manejos com poucos insumos e mecanização quanto em sistemas intensivos de cultivos.

Nos poucos Cambissolos com aptidão para lavouras, as mesmas considerações quanto às implicações do uso de plantas condicionadoras e de cobertura de solo feitas para os Latossolos e para os Neossolos Quartzarênicos devem ser observadas. Sendo os Cambissolos rasos, as espécies adotadas deverão apresentar boa capacidade de enraizamento nessas condições. Arihara et al. (1991) observaram que o guandu desenvolve seu sistema radicular em maiores profundidades que outras espécies vegetais, em solos com camadas de impedimento. Alvarenga et al. (1996) observaram o mesmo para solos tropicais. Miranda et al. (1991), estudando solos compactados artificialmente, observaram que o feijão-de-porco foi a leguminosa menos afetada por camadas compactadas do solo e que o guandu-anão e a *Crotalaria juncea* foram sensíveis à compactação. Godefroy (1988), trabalhando com um Cambissolo com

presença de camada resistente à penetração de raízes, verificou que as raízes de *Stylosanthes* puderam desenvolver até 1,50 m e grande quantidade delas penetrou na camada adensada sem, contudo, ramificar-se.

Os Gleissolos (Tabela 1) representam 2,0% da área do Bioma Cerrado e subdividem-se em Gleissolos Háplicos e Gleissolos Melânicos. Ocorrem geralmente sob vegetação de Vereda, Buritzal, Cerrado Ralo ou Mata de Galeria, em relevo plano. São solos minerais, hidromórficos, apresentando horizontes A (mineral) ou H (orgânico) seguido de um horizonte mineral de cor cinzentolivácea, esverdeado ou azulado chamado horizonte glei, resultado de modificações sofridas pelos óxidos de ferro existentes no solo (redução) em condições de encharcamento durante parte do ano ou durante o ano todo. O horizonte glei pode ocorrer a 40 cm da superfície. São solos mal ou muito mal drenados, podendo apresentar textura bastante variável ao longo do perfil.

Os Gleissolos podem apresentar teores altos ou baixos de bases e teor de alumínio elevado. Como estão localizados em baixadas, próximas às drenagens, suas características são influenciadas pela contribuição de partículas provenientes dos solos das posições mais altas e da água de drenagem uma vez que são formados em terrenos de recepção ou trânsito de produtos transportados.

Gleissolos Háplicos diferem dos Gleissolos Melânicos basicamente no horizonte A. No Gleissolo Melânico, este horizonte mede 20 cm ou mais de espessura, é escuro, turfoso ou com grande quantidade de matéria orgânica. O Gleissolo Háplico possui um horizonte A mais claro, sendo mais pobre em matéria orgânica.

A maior limitação dos Gleissolos está na presença de lençol freático elevado, com riscos de inundação, necessitando de drenagem para seu uso. Raramente apresentam fertilidade alta, e a neutralização da acidez pela calagem é difícil, exigindo muitas vezes grandes quantidades de calcário.

A textura ao longo do perfil deve ser observada, pois solos muito argilosos na subsuperfície podem apresentar sérios problemas quando drenados. À medida que esses solos secam, ficam endurecidos prejudicando o desenvolvimento

de raízes. Ciclos constantes de umedecimento e secagem podem provocar endurecimento irreversível do solo, portanto, devem ser preservados com a vegetação nativa.

No caso de Gleissolos Melânicos, a existência de camada orgânica resultante do acúmulo de material orgânico devido à má drenagem pode provocar elevados valores de CTC e de razão C/N. Quando drenados, podem ocorrer subsidênciia (afundamento) do material orgânico e perigo de incêndio desse material. A elevada afinidade da matéria orgânica com o cobre pode induzir à deficiência deste elemento nas plantas. De modo geral, a deficiência de oxigênio é fator limitante ao estabelecimento de adubos verdes e de plantas de cobertura nesses solos. Entretanto, existem opções de espécies vegetais para essas condições. Grof et al. (1987) destacam que *A. pintoi* e *A. repens* adaptam-se muito bem a Gleissolos sob Cerrado. Kerridge e Hardy (1994) relatam excelente desenvolvimento radicular de *Arachis pintoi* em Gleissolos tropicais, indicando o elevado potencial dessa leguminosa como condicionadora de solos de várzea.

Por estarem em locais úmidos, conservadores de água, não se recomenda sua utilização para atividades agrícolas, principalmente, nas áreas ainda intactas e nas nascentes dos cursos d'água. O ambiente onde se encontram os Gleissolos é muito importante do ponto de vista da conservação do recurso água. A drenagem dessas áreas pode comprometer o reservatório hídrico da região, particularmente, nos locais onde se utiliza irrigação por superfície. A manutenção das várzeas é importante para a perenização dos cursos d'água. Em alguns casos, em pequenas propriedades, ainda é comum a utilização de várzeas especialmente para horticultura, plantio de arroz por inundação e pastagens, apesar das restrições legais ao uso desses solos.

Cuidados com o assoreamento e a poluição dos cursos d'água devem ser tomados, mas, sempre que possível, essas áreas devem ser protegidas, procurando alternativas menos agressivas ao meio ambiente.

O uso da maioria de espécies de adubos verdes, nesses solos, só é possível quando drenados. Entretanto, a leguminosa *Sesbania rostrata* apresenta nodulação de *Rizobium* por todo o caule (AUER; SILVA, 1992) e por possuir elevada taxa de fixação de nitrogênio por indivíduo, é largamente usada como adubo verde em áreas alagadas (DREYFUSS et al., 1985). Em lavouras de arroz alagadas, o uso de plantas aquáticas do gênero *Azolla* que apresenta associação simbiótica com a cianobactéria *Anabaena* é uma alternativa para fornecimento de nitrogênio para a cultura. A incorporação e o cultivo simultâneo da *Azolla* e do arroz é opção viável de fornecimento desse nutriente (FIORE, 1992).

Os Gleissolos Háplicos estão localizados em áreas de várzeas normalmente com vegetação de Vereda, campos higrófilos ou hidrófilos, em relevo plano que permite o acúmulo de água durante todo o ano ou na maior parte dele. Podem ocorrer em cabeceiras de rios ou córregos e também ao longo deles, estando sujeitos a inundações. O lençol freático quase sempre está próximo à superfície.

Para o manejo adequado de Gleissolos, deve-se perturbar o mínimo possível esse ambiente e mantê-lo, preferencialmente, e, inclusive, por razões legais, como área de preservação pela sua importância na captação de água. Atualmente, há impedimentos legais à abertura de novas áreas de Várzea para o uso agropecuário.

Os Plintossolos ocupam 9,0% do Bioma Cerrado. São solos minerais, hidromórficos ou com séria restrição à percolação de água. Apresentam horizonte de subsuperfície plíntico onde aparecem manchas avermelhadas (plintita) distribuídas no perfil (resultado da concentração de ferro do solo) que endurecem quando expostas a ciclos de umedecimento e secagem. São predominantemente distróficos ou álicos, raramente eutróficos, com teores variáveis de matéria orgânica. Ocorrem em vegetação natural de Campo Sujo Úmido, Parque de Cerrado ou Mata de Galeria, em condições de má drenagem. Plintossolos Pétricos ocorrem em Parque de Cerrado, Cerrado Rupestre, Cerrado Ralo ou Cerrado Típico.

Esses solos ocorrem em locais onde o escoamento de água é lento ou de alagamento temporário, em áreas de relevo plano a suave-ondulado, áreas deprimidas, planícies aluvionais e terços inferiores de encosta, nos quais há importante movimentação lateral da água. O Bioma Cerrado, caracterizado por um período seco pronunciado, apresenta as condições favoráveis para o desenvolvimento da plintita.

Por apresentar drenagem deficiente, os Plintossolos têm nesta característica sua principal limitação ao uso agrícola, sobretudo, naqueles que apresentam excesso temporário ou prolongado de água. A ocorrência de flutuação do lençol freático que leva a ciclos repetidos de umedecimento e secagem pode provocar o endurecimento irreversível da plintita quando drenados, o que passará a constituir forte impedimento ao aprofundamento das raízes, assim como a utilização de máquinas e implementos agrícolas. Dessa forma, a drenagem não é uma prática recomendada.

Nos Plintossolos com aptidão para lavouras, as mesmas considerações quanto às implicações do uso de adubos verdes e plantas de cobertura feitas para os Gleissolos devem ser observadas. Em se tratando de Plintossolos Pétricos que apresentam o horizonte plíntico irreversivelmente consolidado, valem as mesmas indicações sobre o uso e o manejo relativas aos Cambissolos.

A aptidão desses solos está restrita à utilização com espécies adaptadas às condições de elevada umidade, como arroz de inundação e, em alguns casos, pastagens, principalmente, nas áreas de melhor drenagem.

Os Neossolos Flúvicos são solos pouco evoluídos, não-hidromórficos, formados em depósitos aluviais recentes. Apresentam horizonte A seguido de uma sucessão de camadas estratificadas sem relação pedogenética entre si. Não possuem horizonte diagnóstico. No Bioma Cerrado, correspondem a menos de 0,1%. Ocorrem ao longo de rios e de córregos, em vegetação natural de Mata de Galeria Inundável, Mata de Galeria não-Inundável ou Mata Ciliar. As mesmas indicações sobre o uso e o manejo de Gleissolos são aplicáveis aos Neossolos Flúvicos.

Os Neossolos Litólicos são solos rasos, associados a afloramentos de rocha. Ocorrem sob vegetação natural de Cerrado Rupestre e Campo Rupestre. São pouco evoluídos, com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha (R) ou sobre o horizonte C pouco espesso. Normalmente, ocorrem em áreas bastante acidentadas, relevo ondulado, forte-ondulado até montanhoso.

No Bioma Cerrado, os Neossolos Litólicos correspondem a 7,3%, estando associados aos Cambissolos rasos plínticos ou concrecionários. São solos sem aptidão agrícola, devendo ser mantidos com vegetação natural.

APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS DO BIOMA CERRADO

A distribuição dos solos do Bioma Cerrado segundo sua aptidão agrícola, de acordo com Ker et al. (1992), indica que 60% das terras apresentam aptidão para lavoura, mas apenas 1,2% da área não apresenta restrições ao uso em termos de fertilidade química (aptidão boa), envolvendo os solos: Latossolo Vermelho Eutroférrego, Nitossolos e Argissolos, todos eutróficos. Cerca de 5,4% (aptidão regular) da área requer correção de fertilidade moderada para lavouras, sendo Latossolo Vermelho Distroférrego, Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Os restantes 54% representam áreas onde as terras exigem elevadas quantidades de fertilizantes e corretivos para recuperação e manutenção do estado nutricional adequado para as culturas (aptidão restrita). Envolvem os Latossolos, Argissolos e parte dos Nitossolos, em geral, distróficos ou álicos e parte dos Gleissolos.

Em relação aos 40% de terras sem aptidão para lavoura, 9% são indicadas para pastagem plantada e incluem parte dos Plintossolos e parte dos Argissolos e dos Nitossolos. Outros 26%, compostos de Neossolos Quartzarênicos e Cambissolos, são indicados para silvicultura ou pastagens naturais. Os demais 5% apresentam condições adversas para o aproveitamento agropecuário. Geralmente, referem-se a solos rasos de relevo movimentado (Cambissolos,

Plintossolos Pétricos e Neossolos Litólicos) e inundados (parte dos Gleissolos e dos Plintossolos).

A ÁGUA NOS SOLOS DO BIOMA CERRADO

A baixa capacidade de retenção de água pelos solos do Bioma Cerrado implica a adoção de estratégias de manejo para armazenamento. Na Tabela 2, observa-se uma relação entre profundidade efetiva das raízes, água armazenada e dias necessários para esgotar a água disponível no solo, para o período de máximo desenvolvimento da cultura e uma evapotranspiração de 5 a 6 mm dia⁻¹. Considerando que a profundidade efetiva de raízes é de 50 cm, a água armazenada será suficiente para suportar o normal desenvolvimento da planta durante 8 ou 10 dias, o que determina necessidade de elevada precipitação bem distribuída, irrigação ou proteção do solo contra evaporação. Por sua vez, se as condições do solo e da planta forem favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular, período mais longo será necessário para se verificar os efeitos do estresse hídrico (ESPINOZA GARRIDO; AZEVEDO, 1978).

Tabela 2. Dias para o esgotamento da água disponível do solo, profundidade das raízes e água armazenada em um Latossolo Vermelho para a lavoura do milho (Evapotranspiração média = 5 mm dia⁻¹).

Profundidade de desenvolvimento das raízes (cm)	Água armazenada (mm)	Dias para esgotar a água disponível no solo
10	100	02
20	200	04
50	500	10
100	1000	20

Fonte: Espinoza Garrido e Azevedo (1978).

O uso de plantas condicionadoras de solo pode alterar a capacidade de retenção de água nos solos do Bioma Cerrado. Burle et al. (1990) incorporaram adubos verdes a um Latossolo Vermelho Distrófico típico e depois de um ano verificaram diferenças significativas entre as parcelas com incorporação dos adubos verdes e a parcela-testemunha na disponibilidade de água, entre 0,006 e 1,5 MPa nas camadas superficiais do solo.

Burle et al. (1992) avaliaram a sobrevivência de 52 espécies de leguminosas durante a estação seca do Bioma Cerrado, durante o período de março a novembro, totalizando 348 mm de chuvas e estiagem total em julho e agosto. Verificaram, também, que 37 espécies sobreviveram e continuaram crescendo depois do retorno das chuvas. Dessas espécies, destacaram-se na produção de fitomassa: *Cajanus cajan* (guandu), *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), *Canavalia brasiliensis* (feijão-bravo-do-ceará), *Crotalaria paulina*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria striata*, *Indigofera tinctoria*, *Mucuna aterrima*, *Stylosantes guianensis* variedades *parciflora* e *vulgaris* e *Tefrosia candida*. A produção de fitomassa e o N acumulado pelas leguminosas em Latossolo Vermelho Distrófico típico foram superiores à produção em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico. Embora esses solos sejam quimicamente semelhantes, diferem nas características físicas e mineralógicas. Nesse mesmo trabalho, os resultados obtidos para retenção de água sugeriram que a sobrevivência das espécies de plantas condicionadoras de solo está relacionada à profundidade das raízes e ao uso da água do solo. As diferenças foram explicadas pela maior disponibilidade de água às plantas no Latossolo Vermelho.

Na Tabela 3, estão apresentados, resumidamente, o comportamento da água nas principais classes de solos do Bioma Cerrado, quanto às classes de drenagem, valores da capacidade de água disponível e à disponibilidade de água.

Tabela 3. Classe de drenagem, valores comuns de capacidade de água disponível (CAD) em milímetros na profundidade efetiva do solo e disponibilidade de água nos principais solos do Bioma Cerrado.

Classes de solo e textura	Drenagem ¹	CAD ² (em mm)	Disponibilidade de água
Latossolo Vermelho Distroférreico argiloso e muito argiloso	acentuada	300 - 700	Adequada
Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo muito argiloso	boa a moderada	500 - 700	Água disponível por mais tempo devido a restrições à drenagem
Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo argiloso	boa	300 - 500	Água disponível por mais tempo devido a restrições à drenagem
Latossolo Vermelho argiloso e muito argiloso	acentuada	450 - 760	Adequada
Latossolo Vermelho textura média	forte	260 - 330	Adequada
Nitossolo Vermelho muito argiloso	boa	400 - 550	Adequada
Nitossolo Vermelho argiloso	boa	320 - 400	Adequada
Nitossolo Vermelho latossólico argiloso e muito argiloso	acentuada	400 - 600	Adequada
Chernossolo Argilúvico argiloso e muito argiloso	boa a moderada	100 - 440	Dependente da profundidade do perfil
Argissolo textura média/argiloso e argiloso	boa	320 - 500	Disponibilidade variável com o horizonte
Argissolo arenoso/ textura média e textura média	acentuada	170 - 360	Disponibilidade variável com o horizonte
Neossolo Quartzarenítico	excessiva	70 - 200	Reservatório do solo extenso, contudo, retém pouca água
Cambissolo textura média e argiloso	moderada a boa	70 - 120	Dependente da profundidade
Cambissolo (raso) textura média.	moderada a imperfeita	30 - 70	Reservatório no solo restrito
Gleissolo textura média, argiloso e muito argiloso	má a muito má	450 +	Permanetemente inundado
Organossolo textura média, argiloso e muito argiloso	muito má	300 +	Permanetemente inundado
Plintossolo textura média, argiloso e muito argiloso	imperfeita	150 - 420	Lengôl freático mais próximo à superfície
Neossolo Flúvico textura média, argiloso e muito argiloso	imperfeita a má	100 - 500	Solos sujeitos à inundação temporária
Neossolo Litólico textura média, argiloso e muito argiloso	boa a imperfeita	10 - 40	Dependente do relevo, reservatório do solo restrito

Fonte: ¹Medina e Grohmann (1966); Vieira e Vieira (1983). ²CAD conforme Bucheli e Silva (1992), calculadas com base em dados oriundos de vários perfis de solos do Bioma Cerrado.

COMPACTAÇÃO DE SOLOS NO CERRADO

Todos os solos cultivados, em maior ou menor intensidade, sofrem aumento da densidade, o que pode prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, reduzir a velocidade de infiltração da água, aumentar o escorramento da água superficial e causar acúmulo de água nas depressões do terreno. O aumento da densidade do solo, devido à aplicação de forças, tais como o pisoteio de animais e a movimentação de máquinas e implementos, denomina-se compactação.

Mantovani et al. (1984) simularam, em um Latossolo Vermelho Distrófico, típico de áreas de Cerrado o impacto do tráfego em diferentes anos, em lavoura de milho e verificaram, com o tempo, incremento na densidade do solo, embora esse aumento não tenha prejudicado o enraizamento das plantas nem o rendimento de milho. Entretanto, constataram que o valor limite de compactação desse solo, sem prejuízos à produção agrícola, é de $1,32 \text{ g cm}^{-3}$. A compactação não é exclusiva para solos argilosos. Cunha e Nascimento Neto (1996) verificaram aumento da densidade do solo à medida que prolongava o tempo de uso por lavoura em um Neossolo Quartzarênico por causa do rearranjo estrutural das partículas de areia de diferentes tamanhos em decorrência da mobilização do solo.

O uso de plantas condicionadoras de solo pode minimizar os efeitos da compactação do solo. Burle et al. (1990) verificaram, depois de um ano de incorporação de adubos verdes em um Latossolo Vermelho Distrófico típico de Cerrado, diferenças significativas entre as parcelas incorporadas e a parcela-testemunha no diâmetro médio ponderado de agregados entre 2 e 8 mm. Os maiores valores de diâmetro médio ponderado (DMP) foram observados depois do cultivo de *Cajanus cajan* (guandu) e *Canavalia brasiliensis* (feijão-bravo-do-ceará), indicando que essas espécies vegetais promovem maior agregação do solo. O sistema de preparo do solo também afeta a densidade do

solo. Moraes et al. (1985) verificaram que o sistema de pregaro do solo convencional, com arado de discos e gradagem, desestabilizou a estrutura do solo e ocasionou compactação em um Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso, porém, no plantio direto, e em solo não cultivado, os valores de densidade do solo não diferiram significativamente.

Spera et al. (2000) verificaram, em ensaios de manejo de solo, sob sistemas de plantio direto e de pregaro convencional, em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico de Planaltina, DF que, nas parcelas onde as plantas condicionadoras de solo estiveram ausentes, os valores para a resistência à penetração da superfície do solo foram superiores aos das parcelas com uso dos adubos verdes.

CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA DOS SOLOS NO BIOMA CERRADO

A capacidade de troca catiônica (CTC a pH 7,0) dos solos no Bioma Cerrado, principalmente os Latossolos e os Neossolo Quartzarênico, é altamente dependente das cargas negativas formadas pela matéria orgânica, tendo em vista que a CTC efetiva desses solos é considerada baixa e, de acordo com Lopes (1984), varia de 3,5 a 81 mmol_c dm⁻³, com mediana em torno de 11 mmol_c dm⁻³. De acordo com Raij e Peech (1972), a matéria orgânica é responsável pela quase totalidade da CTC de solos intemperizados brasileiros, como é o caso dos solos do Bioma Cerrado.

A adubação verde, nesses solos, é imprescindível como fonte de reposição de matéria orgânica ao solo com objetivo de se recuperar a CTC depois da remoção da vegetação. Silva et al. (1994) estudaram a meia-vida da matéria orgânica de solos da região de Barreiras, BA e constataram que aqueles solos, quando submetidos à monocultura tendem a perder rapidamente a matéria orgânica e, consequentemente, a CTC, conforme se pode observar na Tabela 4.

Tabela 4. Redução da CTC (pH 7,0) em Neossolo Quartzarênico - RQ (120 g kg⁻¹ de argila) e Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA (350 g kg⁻¹ de argila) depois de cinco anos de monocultura de soja.

Solo	Matéria Orgânica			CTC		ΔCTC	
	(g kg ⁻¹)		(%)	(mmol _c dm ⁻³)			
	Inicial	Final	P. Rel.	Inicial	Final	Absoluta	%
RQ	14,1	2,8	80,1	39,0	15,2	23,8	61
LVA	27,4	16,1	41,2	51,7	36,5	15,2	29

P. Rel. = perda relativa.

Fonte: Silva et al. (1994).

OUTROS FATORES LIMITANTES AO USO DOS SOLOS NO BIOMA CERRADO

Segundo Lopes (1984), em termos gerais, os fatores limitantes ao uso dos solos de Cerrado são os seguintes: acidez elevada, presença de alumínio tóxico e, em certos casos, de manganês; teores extremamente baixos de fósforo, cálcio, magnésio, zinco, enxofre, nitrogênio e teores baixos em potássio, cobre e boro; alta capacidade de retenção de fósforo, associada, em geral, ao alto teor e mineralogia das argilas de atividade baixa; capacidade de troca de cátions extremamente baixa, tanto na camada arável, como nas camadas subsuperficiais; alumínio nas camadas subsuperficiais que, associado a baixos níveis de cálcio, são, provavelmente, os fatores mais limitantes para o desenvolvimento radicular em profundidade. Em geral, o alumínio trocável oscila de 1 a 10 mmol_c dm⁻³ não apresentando, portanto, valores absolutos altos para este cátion. Entretanto, devido aos baixos teores de bases trocáveis predominantes no solo, a porcentagem de saturação por alumínio (m%) é alta, sendo prejudicial à maioria das culturas.

A possibilidade de se utilizar espécies de plantas condicionadoras de solo tolerantes às condições edáficas adversas é relevante no uso de solos de Cerrado (BURLE et al., 1992). A capacidade de reciclar expressivas quantidades de N, P, K,

Ca e Mg (ALVARENGA et al., 1995) também deve ser considerada na formulação da estratégia de manejo do solo.

OUTRAS CONTRIBUIÇÕES DOS ADUBOS VERDES NO MANEJO DE SOLOS DO CERRADO

Os solos do Bioma Cerrado, em razão das limitações químicas, físicas e de fatores climáticos, devem ser manejados de maneira a minimizar esses efeitos. Para garantir produções com sustentabilidade econômica e ambiental, não bastam as correções de acidez e de nutrientes. A manutenção da matéria orgânica do solo aumenta a disponibilidade de nutrientes e a manutenção de cobertura da superfície, principalmente, se for usada palha de plantas condicionadoras de solo, fundamentais na redução ou eliminação dessas limitações. Alguns aspectos ligados à matéria orgânica dos solos de Cerrado devem ser enfatizados: a ocorrência em níveis médio e baixo ($< 30 \text{ g kg}^{-1}$ na maioria deles) e o fato de ser a principal fração responsável por propriedades físicas e químicas adequadas, com ênfase nessas últimas para a CTC, bem como por ser o principal reservatório de fósforo disponível (PEREIRA et al., 1992). Importantes propriedades físicas são: estabilidade de agregados do solo e a capacidade de retenção de água (que normalmente é baixa) tendo como consequência de sua degradação, menor disponibilidade de água e baixa estabilidade de agregados naturais do solo. Em condições naturais, esses atributos são muito favoráveis, principalmente, à agregação. Todavia, essas propriedades podem ser mantidas ou melhoradas com o manejo adequado da matéria orgânica presente no sistema de cultivo, no qual o uso de plantas condicionadoras de solo seja como adubação verde, seja como cobertura de solo tem fundamental importância.

Em relação aos nutrientes, especialmente, o nitrogênio tem suas quantidades no solo aumentadas pelo uso de leguminosas com elevada capacidade de fixação biológica de nitrogênio. Observa-se, também, maior disponibilidade de enxofre (MONTAVALLI, 1989) e de fósforo (LE MARE et al., 1987; CARVALHO, 2005) nos solos do Bioma Cerrado onde foram incorporadas

plantas condicionadoras de solo, em virtude de o nutriente não exportado ser retornado junto com a matéria orgânica. Outros efeitos biológicos, associados a micorrizas e exudados radiculares, foram constatados (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). Para os nutrientes: potássio, cálcio e magnésio são mostrados aumentos durante a mineralização de adubos verdes (MONTAVALLI, 1989).

As plantas condicionadoras de solo são também utilizadas como cobertura do solo, tanto vivas quanto em forma de palha. Os principais benefícios para o solo são o aumento na retenção de água, amenização e redução nas variações da temperatura, redução nas perdas de água por evaporação direta e proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva reduzindo, consequentemente, as perdas por erosão (DERPSCH et al., 1991).

Assim, após a conversão de solos da região Central do Brasil para uso agropecuário, devem-se buscar práticas de manejo que possibilitem manter ou melhorar suas propriedades químicas, físicas e biológicas e que permitam a manutenção de uma considerável diversidade de espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas**: contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina: IAPAR, 1985. 482 p.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 319-326, 1996.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M.; DUARTE, J. B.; FANCELLI, A. L. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos Cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, 1996.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

ARIHARA, J.; AE, N.; OKADA, K. Root development of pigeonpea and chickpea and its significance in different cropping systems. In: JOHANSEN, C.; LEE, K.; SAHRAWAT, K. L. (Ed.). **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics**. Patancheru: ICRISAT, 1991. p. 183-194.

AUER, C. G.; SILVA, R. Fixação de nitrogênio em espécies arbóreas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Coord.). **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. cap. 11, p. 157-172.

BUCHELE, F. A.; SILVA, J. A. **Manual prático de irrigação por aspersão em sistemas convencionais**. Florianópolis: EPAGRI, 1992. 81 p. (EPAGRI. Boletim técnico, 58).

BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S.; SUHET, A. R.; PEREIRA, J.; PERES, J. R. R.; BOWEN, W. T. Adubação verde no período da seca nos cerrados: efeito na produção de milho e nas propriedades físicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8., 1990, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCS: IAPAR, 1990. p. 35-36.

BURLE, M. L.; SUHET, A. R.; PEREIRA, P.; RESCK, D. V. S.; PERES, J. R. R.; CRAVO, M. S.; BOWEN, W. T.; BOULDIN, D. R.; LATHWELL, D. J. **Legume green manures**: dry-season survival and the effect on succeeding maize crops. Raleigh: NCSU, 1992. 35 p. (Soil Management CRSP. Bulletin, 92-04).

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987. Separata.

CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C. de; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M. de; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solo de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 661-669, 2004.

CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. **Manejo de adubos verdes no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 28 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 4).

CARVALHO, A. M. de; CARNEIRO, R. G.; AMÁBILE, R. F.; SPERA, S. T.; DAMASO, F. H. M. **Adubos verdes**: efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 20 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa, 7).

CARVALHO, A. M. de; FAGERIA, N. K.; KINJO, T.; PEREIRA, I. P. Resposta do feijoeiro à aplicação de fósforo em solos dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 61-67, 1995.

CARVALHO, A. M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo:** composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.

CASSOL, E. A.; DHEIN, R. A.; ELTZ, F.; VIAU, L. V. M.; COLOMBO, V. Efeitos do manejo do solo e de culturas sobre a erosão hídrica sob chuva natural em Latossolo Roxo. CTC, 1976 a 1984. In: COOPERATIVA REGIONAL TRITÍCOLA SERRANA (Ijuí, RS). **Resultados de experimentação e pesquisa no CTC 1976 a 1986**. Ijuí, 1987. p. 11-16.

CUNHA, T. J. F.; NASCIMENTO NETO, J. G. Alterações na fertilidade química e física de um solo sob cerrado decorrentes do tempo de uso e sistema de manejo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos...** Manaus: SBCS: UA: Embrapa Amazônia Ocidental: INPA, 1996. p. 174-175.

DE-POLLI, H.; CHADA, S. S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 287-293, 1989.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil:** sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1991. 272 p.

DREYFUSS, B. L.; RINAUDO, G.; DOMMERGUES, Y. R. Observations on the use of *Sesbania rostrata* as green manure in paddy fields. **Journal of Applied Microbiology Biotechnology**, Oxford, v. 1, n. 2, p. 111-121, 1985.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

ESPINOZA GARRIDO, W.; AZEVEDO, J. A. **Conceituação da problemática da estiagem na região de Cerrados**. Revisão de Programação de Pesquisa na Região os Cerrados. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1978. 24 p. Mimeografado.

FASOLO, P. J.; HOCHMULLER, D. P.; CARVALHO, A. P.; CARDOSO, A.; RAUEN, M. J.; POTTER, R. O. **Guia para identificação dos principais solos do Estado do Paraná**. Brasília: Embrapa-DDT, 1986. 36p. (Embrapa-SNLCS. Documentos, 10).

FIORE, M. F. Associações simbióticas com cianobactérias. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Coord.). **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. cap. 14, p. 201-212.

GODEFROY, J. Observations de l'enracinement du stylosanthes, de la crotalaire et du flémingia dans un sol volcanique du Cameroun. **Fruits**, Paris, v. 43, n. 1, p. 79-86, 1988.

GROF, B.; FRANÇA-DANTAS, M. S.; ANDRADE, R. P.; SOUZA, F. B.; VALLS, J. F. M. Avaliação preliminar de espécies perenes de *Arachis* para várzeas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., 1987, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1987. p. 229.

KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JUNIOR, W.; CARVALHO FILHO, A. Cerrados: solos, aptidão e potencialidade agrícola. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO E CONSERVACAO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 1-31.

KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. **Biology and agronomy of forage Arachis**. Cali: CIAT, 1994. 209 p.

KLAMT, E.; SOMBROEK, W. G. Contribution of organic matter to exchange properties of oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP: classification, characterization and utilization of oxisols, 8., 1986, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS: SMSS: USDA-SCS: UPR, 1988. p. 64-70.

LE MARE, P. H.; PEREIRA, J.; GOEDERT, W. J. Effects of green manure on isotopically exchangeable phosphate in a dark-red latosol in Brazil. **The Journal of Soil Science**, Oxford, v. 38, n. 2, p. 199-209, 1987.

LOPES, A. S. **Solos sob Cerrado**: características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162 p.

MANTOVANI, E. C.; KRUTZ, G. W.; GIBSON, H. G.; STEINHARDT, G. C. **A soil surface traffic**: corn yield model for a Cerrado soil in Brazil with less than 10 years of cultivation. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1984. 20 p. (ASAE Paper, 1546).

McVAY, K. A.; RADCLIFF, D. E.; HARGROVE, W. L. Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirements. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 53, n. 7, p. 1856-1862, 1989.

MEDINA, H. P.; GROHMANN, F. Disponibilidade de água em alguns solos sob Cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 25, n. 6, p. 65-75, 1966.

MIRANDA, J.; FORTES, J. L. O.; RUIZ, H. A.; FONTES, L. E. F. Crescimento de leguminosa em cilindros de solo com camada compactada: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. **Programa e resumos...** Campinas: SBCS, 1991. p. 172.

MONTAVALLI, P. P. **The effects of inorganic and organic soil amendments on sulfur availability to maize on an Oxisol of Brazil.** 1989. 281 p. Thesis (Ph.D. Soil Science) - Cornell University, Ithaca.

MORAES, W. V.; CORREIA, L. A.; FERREIRA, M. M. Efeitos de diferentes sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 180-189, 1985.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil:** guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 210 p.

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no Cerrado. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO E CONSERVACAO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia, GO. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

RAIJ, B. van.; PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, n. 4, p. 587-593, 1972.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado:** ambiente e flora. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 47-86.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia:** base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995. 304 p.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212 p.

SANTOS, H. P.; SIQUEIRA, O. J. W. Plantio direto e rotação de culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 163-169, 1996.

SILVA, J. E.; LEMANSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 541-547, 1994.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo:** fundamentos e perspectivas. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 1988. 235 p.

SPERA, S. T.; CARVALHO, A. M.; FIGUEIREDO, L. H. A.; REATTO, A. Efeito de plantas de cobertura na resistência à penetração e densidade do solo sob plantio direto e preparo convencional na cultura de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. **500 anos de uso do solo no Brasil.** Ilhéus: CEPLAC, 2000. 2 p. CD-ROM.

SPERA, S. T.; REATTO, A.; CORREIA, J. R.; CUNHA, T. J. F. Solos arenosos no Brasil: problemas, riscos e opções de uso. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 7, n. 2, p. 21-25, 1998.

TORMENTA, C. A.; ROLLOF, G.; SÁ, S. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. N. F. **Manual de morfologia e classificação de solos.** 2. ed. São Paulo: Ceres, 1983. 319 p.

VIEIRA, M. J. **Solos de baixa aptidão agrícola:** opções de uso e técnicas de manejo e conservação. Londrina: IAPAR, 1987. 68 p. (IAPAR. Circular, 51).

Caracterização das espécies de adubo verde

Marília Lobo Burle

Arminda Moreira de Carvalho

Renato Fernando Amabile e

João Pereira

INTRODUÇÃO

Um dos impactos da ação antrópica sobre o ecossistema é a redução na diversidade biológica, incluindo plantas, animais e microrganismos. Quanto mais elevado o nível tecnológico, aplicado durante o processo de uso do solo, maior a simplificação dos ecossistemas, principalmente, no que se refere à diversidade da fauna e da flora (SOLBRIG; YOUNG, 1993).

Práticas de manejo com uso de associação de espécies vegetais (rotação, sucessão, consórcio, integração agricultura-pecuária), adubação verde e plantio direto associado ao emprego de plantas de cobertura aumentam a diversidade de espécies, a quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais e da matéria orgânica, além da agregação do solo (CARVALHO et al., 1999a; BAYER et al., 2001; CARVALHO, 2005).

A maioria das espécies vegetais condicionadoras de solo caracterizadas a seguir foi estudada em condições edafoclimáticas de Cerrado e apresenta potencial de uso nos sistemas de produção estabelecidos nesse Bioma, inclusive, na integração lavoura-pecuária. O cultivo dessas plantas visa, principalmente, promover a diversidade biológica dos agroecossistemas de Cerrado, aumentar a fitomassa vegetal dos sistemas de produção, incrementar a quantidade e melhorar a qualidade da matéria orgânica do solo, reciclar mais eficientemente

os nutrientes, proporcionar cobertura ao solo na entressafra, protegendo-o dos principais agentes de degradação, consequentemente, promover seu uso sustentável. Algumas dessas espécies apresentam múltiplos usos e podem ser utilizadas na alimentação humana e animal.

AVEIA-PRETA

Taxonomia

Família: Gramineae

Nome científico: *Avena strigosa*

Nome comum: aveia-preta

Origem

Ásia e Europa.



Foto: Arminda M. de Carvalho

Descrição morfológica

Gramínea cespitosa, com colmos cilíndricos, eretos e glabros ou pouco pilosos, raiz fasciculada. Inflorescência em panícula com glumas aristadas; a semente é uma cariopse indeiscente coberta com lema e páleas (CALEGARI et al., 1993).

Adaptação da espécie

A aveia-preta é uma planta anual muito difundida no sul do País, mas viável também no Bioma Cerrado. Em ambas as regiões ela é cultivada no período de inverno, sendo que, no Cerrado, esse período é marcado pela estação seca. Entre as diferentes espécies de aveia, a aveia-preta é a mais rústica para as condições de Cerrado, pois apresenta maior adaptação à acidez do solo, tolerância à seca e às principais enfermidades. A produção de grãos da aveia-preta é menor do que das demais aveias (*Avena sativa*= aveia-branca; *Avena byzantina*= aveia-amarela), sendo mais utilizada como forrageira ou como cobertura do solo.

A aveia já foi considerada uma cultura de clima temperado frio. Com os trabalhos de melhoramento, atualmente, existem cultivares para regiões mais quentes como a do Bioma Cerrado. A ocorrência de temperaturas baixas na fase inicial do ciclo favorece o perfilhamento. Alta temperatura e baixa umidade favorecem a produção de grãos de boa qualidade. De forma geral, pode-se considerar a aveia uma planta exigente em água, não tolerando, no entanto, solos encharcados. Com a falta de umidade na fase inicial de desenvolvimento, a aveia paralisa o crescimento, suportando longos períodos de estiagem e recuperando rapidamente depois do início das chuvas. A falta de umidade é muito prejudicial, sobretudo, no estádio de formação de grãos, quando causa chochamento e redução no peso hectolítico.

No Bioma Cerrado, a aveia-preta pode ser semeada depois da colheita da cultura comercial (de verão), vegetando razoavelmente bem durante o período da seca, dependendo da região e do período da seca em questão. No entanto, ela deve ser semeada ainda na estação chuvosa. Em Mato Grosso do Sul (sul do Cerrado), a época recomendada para semeadura vai de 15 de março a 15 de maio. A semeadura muito cedo favorece o ataque de pulgões e muito tardia intensifica o problema do deficit hídrico, podendo afetar a produção de grãos da aveia. Contudo, quando o objetivo é o fornecimento de forragens ou a cobertura do solo, o plantio pode se estender até início de junho naquela região onde o ciclo da aveia-preta é de aproximadamente 115 dias (PITOL, 1986). No Cerrado do Distrito Federal, a aveia-preta apresenta ciclo de aproximadamente 70 dias até a floração, quando semeada no final do período chuvoso (CARVALHO et al., 1999a).

A aveia contribui para o controle de plantas invasoras, não só pela competição por água, nutrientes e luz, como também pela alelopatia causada pela excreção de substâncias que inibem a germinação de sementes das invasoras (PITOL, 1986). O efeito alelopático da aveia permanece mesmo depois da sua colheita e torna-se de grande importância para a realização do plantio direto, já que proporciona redução do uso de herbicidas.

A aveia, em especial, a preta, não é muito exigente quanto à fertilidade dos solos, mas atinge maiores produções em solos férteis, com alto teor de matéria orgânica, permeáveis e bem drenados. Quanto à acidez do solo, a aveia apresenta bom desenvolvimento vegetativo mesmo em solos com alumínio em níveis tóxicos, mas há prejuízos na produção de grãos (PITOL, 1986).

Com base em resultados de ensaios conduzidos em Mato Grosso do Sul, verifica-se que a aveia-preta produziu em torno de $11,3\text{ t ha}^{-1}$ de matéria verde e $3,4\text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca quando cultivada no período de inverno e de seca da região (PITOL, 1986). Manejada sob cortes, apresenta excelente produção de forragem no primeiro corte, baixando a produtividade nos seguintes. A produção como forrageira (em três cortes sucessivos) pode chegar a 35 t ha^{-1} de massa verde, e a produção de grãos em Mato Grosso do Sul atingiu cerca de 741 kg ha^{-1} .

A aveia-preta pode ser utilizada na alimentação animal em pastejo direto, na forma de feno, de silagem ou pelo aproveitamento de grãos, na formulação de concentrados.

A aveia-preta adapta-se bem à semeadura em plantio direto, podendo ser semeada a lanço ou em linhas. Quando semeada em linhas, recomendam-se espaçamento de 17 a 20 cm e densidade de semeadura em torno de 50 kg ha^{-1} com germinação acima de 80%. Para semeadura a lanço, com posterior incorporação, é necessário aumentar essa densidade entre 20% e 50%. A profundidade de semeadura recomendada é de 3 a 6 cm. O peso de mil sementes é de 14 a 15 g (DERPSCH et al., 1985).

Quando o objetivo do cultivo da aveia for cobertura do solo ou adubação verde, o manejo da fitomassa deve ser realizado na fase de grão leitoso. Antes dessa fase, pode haver grande rebrotação e, depois dela, os grãos podem se tornar viáveis. O ciclo completo da cultura varia de 100 a 140 dias no Cerrado de Mato Grosso do Sul (PITOL, 1986). A aveia-preta pode ser colhida mecanicamente.

Entre as principais vantagens da aveia-preta, pode-se citar a sua rusticidade para a região sul do Cerrado (Mato Grosso do Sul). A aveia apresenta

baixa incidência de pragas e de doenças. É boa controladora de nematóides (gênero *Meloidogyne*) e de plantas daninhas. Em rotação com o trigo diminui, também, a incidência da doença mal-do-pé que afeta muito essa espécie quando em monocultura. Outra vantagem é a possibilidade de sua utilização como forrageira.

A principal limitação está relacionada à época de manejo da fitomassa que se não for seguida rigorosamente poderá ocorrer rebrotamento ou germinação de grãos viáveis.

CROTALÁRIA JUNCEA

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Papilioideae

Tribo: Genisteae

Nome científico: *Crotalaria juncea* L.

Nome comum: crotalária juncea



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

Índia e Ásia tropical.

Descrição morfológica

Leguminosa de ciclo anual, subarbustiva, podendo atingir até 3 m de altura, pubescente, caule ereto, semilenhoso, ramificado na parte superior, talos estriados, crescimento determinado. Folhas unifolioladas, simples, pecíolo quase nulo, sésseis, elípticas, lanceoladas e mucronadas, nervura principal fortemente pronunciada. Flores de 2 a 3 cm de comprimento, entre 15 e 50 por inflorescência e coloração amarelada. Vagens de tamanho médio, pubescente, com 10 ou 20 grãos, verde-acinzentada, reniforme e face lisa (CALEGARI et al., 1993). Raiz pivotante com pequena capacidade de penetrar em camadas compactadas e concentração delas acima do horizonte de impedimento (ALVARENGA, 1993).

Adaptação da Espécie

É cultivada em muitos países para produção de fibras, como na Ásia tropical e Rússia meridional (CALEGARI et al., 1993).

No Brasil, a crotalária juncea foi introduzida inicialmente para produção de fibras, mas se difundiu como planta condicionadora de solo. É uma espécie utilizada como adubo verde no Cerrado, além de apresentar potencial para cobertura de solo no sistema de plantio direto.

Em geral, possui resposta ao fotoperíodo, comportando como planta de dias curtos, pois, à medida que a semeadura dessa leguminosa é atrasada ocorre redução no seu porte e, consequentemente, na produção de fitomassa. Mas, entre as espécies do gênero *Crotalaria*, a crotalária juncea é uma das menos sensíveis ao fotoperíodo (AMABILE et al., 1996). Em relação ao deficit hídrico, ela é relativamente tolerante à seca, desde que não ocorra compactação ou adensamento do solo, já que seu sistema radicular não é eficiente para romper essas camadas de impedimento no solo. Não tolera geada, pois é planta de clima tropical e subtropical.

A crotalária juncea é uma das leguminosas com ciclo, até a floração, mais curto no Cerrado. Quando semeada no início do período chuvoso, floresce aos 90 dias e quando semeada no final dessa estação, floresce aos 60 dias, completando o ciclo com 120 dias (PEREIRA et al., 1992; CARVALHO et al., 1999a).

Na região de Goiânia, a crotalária juncea pode ser cultivada durante o período de entressafra - período da seca, semeadura depois da colheita da cultura de verão - (AMABILE et al., 1996; CARVALHO et al., 1996; AMABILE et al., 2000). No entanto, em seu cultivo no período da seca (entressafra), em outros ecossistemas do Cerrado, como o Distrito Federal, verifica-se produção de fitomassa muito baixa (BURLE et al., 1992).

Outra opção para a crotalária juncea é a semeadura antes da cultura comercial, aproveitando o início do período chuvoso, já que ela apresenta ciclo

curto. Nesse sistema de produção, a crotalária juncea pode ser cultivada antes do arroz, por exemplo, mas com cuidado de não cultivá-la sucessivamente na mesma área, devido à propagação de doenças. Nesse caso, a semeadura da espécie de adubo verde deve ser realizada logo depois das primeiras chuvas, e o corte delas deve anteceder a floração visando não comprometer a semeadura da cultura comercial na época adequada (CARVALHO et al., 1999a). Para melhor aproveitamento do tempo, pode-se adotar o plantio direto. Em Mato Grosso do Sul, existe a opção de semeadura dessa espécie na primavera (SALTON et al., 1993).

A crotalária juncea pode ser cultivada solteira, consorciada com milho, mandioca, citrus ou intercalada com culturas perenes. A semeadura deve ser efetuada em linha ou a lanço se o objetivo for cobertura do solo. Utilizam-se semeadeira/adubadeira, matraca, planet ou distribuidora de calcário no caso da semeadura a lanço (CALEGARI et al., 1993).

A crotalária juncea desenvolve-se bem em solos argilosos a franco-arenosos e arejados, não tolerando encharcamento (PEREIRA et al., 1992).

Essa espécie apresenta elevado potencial para produção de fitomassa, quando semeada no início do período chuvoso. No Cerrado de Goiânia, chegou a acumular 17 t ha⁻¹ de matéria seca. Quando a semeadura foi realizada em meados do período de chuva, houve redução dos rendimentos de matéria seca para 8 t ha⁻¹, chegando a 6 t ha⁻¹ quando semeada no final dessa estação (AMABILE et al., 2000). Nessa mesma região, quando cultivada no período de entressafra, a produção de matéria seca variou entre 6,0 e 6,9 t ha⁻¹ em anos agrícolas distintos (CARVALHO et al., 1996).

Em Mato Grosso do Sul, foram obtidas mais de 7 t ha⁻¹ de matéria seca quando essa espécie foi cultivada na primavera. Nesse ecossistema do Cerrado, a crotalária juncea pode ser uma alternativa, como espécie de ciclo mais curto a ser semeada na primavera, de tal forma que possa proporcionar cobertura ao solo durante a entressafra, quando ele estiver sem cobertura vegetal (SALTON et al., 1993).

A produção de fitomassa em torno de 7 t ha⁻¹ é bastante significativa, considerando que a taxa de decomposição da espécie é mais baixa do que a de outras leguminosas, tendo sido estimada, em média, como 57%. Isso ocorre, principalmente, por causa de seus elevados teores de lignina e celulose, além da razão C/N mais alta do seu material vegetal, determinada como 29. Assim, a crotalária juncea pode proporcionar eficiente cobertura de solo por seus resíduos que permanecem na superfície durante a entressafra, podendo atingir após seu corte na floração (estaçao seca) 82% de cobertura no início do período de chuvas (CARVALHO et al., 1996). A velocidade inicial de crescimento e a cobertura mais rápida do solo por essa espécie também contribuem para a maior proteção da sua superfície. Salton et al. (1993) estudaram a evolução da cobertura do solo com a crotalária juncea, no Cerrado de Mato Grosso do Sul, e verificaram que ela chegou a 100% aos 50 dias depois da semeadura.

A crotalária juncea apresenta capacidade elevada para fixar N, principalmente, em condições de não-ocorrência de estresse hídrico. Segundo Calegari (1995) ela pode fixar de 150 a 165 kg ha⁻¹.

Essa espécie é eficiente na absorção e no acúmulo de nutrientes, sobretudo, Mg. Entretanto, devido a sua razão C/N mais ampla, possivelmente, irá fornecê-los mais lentamente às culturas subsequentes (ALVARENGA, 1993). Em solos de Cerrado, a absorção de nutrientes, acompanhando o desenvolvimento de fitomassa da planta, variou em função da época de semeadura. Essa espécie absorveu 249 e 259 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, quando semeada em novembro e janeiro, reduzindo para 113 kg ha⁻¹ desse nutriente no plantio de março. Em relação ao P, a absorção foi de 25, 13 e 7,5 kg ha⁻¹ nas semeaduras de novembro, janeiro e março, respectivamente. O Potássio não foi absorvido de forma diferenciada nas três épocas de semeadura, com valor médio de 82 kg ha⁻¹ (AMABILE et al., 1999). Carvalho et al. (1999a) relacionam as seguintes quantidades de nutrientes absorvidas na estação chuvosa: 443 kg ha⁻¹ de N; 31,7 kg ha⁻¹ de P; 216 kg ha⁻¹ de K; 202 kg ha⁻¹ de Ca; 58 kg ha⁻¹ de Mg; 28 kg ha⁻¹ de S; 121 g ha⁻¹ de Cu; 464 g ha⁻¹ de Zn e 366 g ha⁻¹ de Mn.

A densidade de semeadura dependerá do uso e do manejo da espécie, ou seja, se ela será incorporada, deixada em cobertura ou, se cultivada para produção de sementes. Recomenda-se de 15 a 20 sementes viáveis/m, com espaçamento de 25 a 50 cm. Densidades mais elevadas devem ser utilizadas para cobertura, reduzindo a população de plantas quando a finalidade for incorporação. Amabile et al. (2000) não constataram diferenças entre os espaçamentos de 0,40 e 0,50 m entre linhas, recomendando aquele que for mais adaptado às culturas principais semeadas na propriedade. No caso de produção de sementes, recomendam-se as menores densidades de semeadura. Essas populações de plantas resultam em gasto de 20 a 30 kg ha⁻¹ de sementes, com o peso de mil sementes variando de 40 a 60 g (PEREIRA et al., 1992; CALEGARI et al., 1993).

As espécies de *Crotalaria* nodulam eficientemente com as estirpes nativas de rizóbio, no entanto, apresentam pouca nodulação em solos de primeiro cultivo, caso em que se recomenda a inoculação (VARGAS et al., 2002).

O manejo da fitomassa aérea deve ser efetuado na floração que varia com a época de semeadura, aproximadamente, de 60 a 120 dias. Quanto mais tardia for a semeadura, menor o período até a floração (AMABILE et al., 1996, 2000; CARVALHO et al., 1999a). Esse manejo da fitomassa pode ser efetuado mediante o uso de rolo-faca, roçadeira, triton ou herbicidas. Depois do corte, o material vegetal deve ser deixado na superfície, permanecendo como cobertura para o plantio direto ou incorporado com o arado de discos durante o preparo do solo para a cultura comercial. A incorporação favorece maior disponibilidade de nutrientes, enquanto o plantio direto proporciona maior proteção ao solo (ALCÂNTARA et al., 2000).

A colheita das sementes pode ser realizada manualmente ou com colheitadeira quando mais de 70% das vagens estiverem secas (CALEGARI et al., 1993).

A fibra extraída da casca de crotalária é mais durável do que a da juta e é usada na fabricação de cordas, tapetes, lonas e cordames e, na indústria de papel, para confecção de cigarros. As hastes secas e o feno são usados como forrageira para os animais domésticos. Na medicina, as sementes são aplicadas como purificadoras do sangue, contra o impetigo e a psoríase (DUKE, 1981).

A principal vantagem dessa espécie é a sua acelerada velocidade inicial de crescimento resultando em rápida cobertura do solo com efeito supressor às plantas invasoras, além de promover liberação mais rápida do terreno para estabelecimento da cultura comercial. É boa recicladora de nutrientes, em especial, de macronutrientes. Além disso, é eficiente no controle de nematóides.

Uma das principais limitações é a dificuldade de produção de sementes, devido à ocorrência da lagarta *Utetheisa ornatrix* que ataca a inflorescência e as vagens e à baixa uniformidade na maturação que pode provocar sérias perdas na colheita. A ocorrência de *Fusarium* sp. e a de *Ceratocystis fimbriata* que causam murcha e tombamento nas plantas também são problemas para o cultivo dessa leguminosa. Nesse caso, recomenda-se rotação de espécies vegetais ou de variedades resistentes (CALEGARI et al., 1993).

CROTALÁRIA OCROLEUCA

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Papilionoideae

Tribo: Genisteae

Nome científico:

Crotalaria ochroleuca G. don

Nome comum: crotalária ocroleuca



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

Região tropical africana.

Descrição morfológica

Leguminosa arbustiva anual de porte ereto que varia de 0,5 a 2,7 m, com crescimento determinado. O caule é ereto, pubescente, ramificado e lenhoso. As folhas são trifoliadas, pilosas e com limbo estreito. Flores dispostas em racemos terminais longos com flores de coloração variando de amarelo-clara a alaranjada (MINJAS, 1987). Estípulas ausentes, cálice basalmente truncado, globoso, quilha pequena e estandarte creme ou amarelo-claro. Frutos em vagem (legume subséssil) quase cilíndricos de 1,8 a 2,0 cm de diâmetro e de 3,0 a 7,0 cm de comprimento, comprimida nos lados da sutura, contendo até 100 sementes/cápsula. Semente de tamanho e cor variáveis.

Adaptação da espécie

A crotalária ocroleuca, proveniente da região tropical africana é comumente cultivada na África, como adubo verde (RUPPER, 1987) e foi introduzida na década de 1990 no Cerrado. Destaca-se pela rusticidade e pela alta produção de fitomassa. A espécie exige cerca de 800 mm de água para desenvolver-se satisfatoriamente (WEBER, 1991). Em geral, o alongamento das noites favorece a indução ao florescimento para a crotalária ocroleuca.

No sul da Tanzânia, África, é habitualmente utilizada como componente de sistemas de cultivos (SIBUGA, 1987). Essa espécie tem sido incorporada aos sistemas de produção agrícola pela capacidade de reciclar nutrientes, além de fixar o nitrogênio atmosférico. Possui efeito supressor de plantas daninhas, em especial, no controle de *Digitaria* spp. e *Cynodon* spp. (RUPPER, 1987), sendo o efeito da interferência observado por até três anos, depois de seu cultivo em áreas agrícolas.

Quando semeada no início do período chuvoso (em novembro), no Cerrado, Senador Canedo, GO, a crotalária ocroleuca apresentou aproximadamente 136 dias até a floração. Todavia, quando a semeadura foi efetuada em março, esse período caiu para 88 dias (AMABILE et al., 2000).

A produção de fitomassa dessa espécie também é afetada ao se atrasar seu cultivo para o final do período chuvoso. Quando semeada em novembro, no Cerrado de Goiás, sua produção de matéria seca ficou em torno de 8,8 t ha⁻¹ (AMABILE et al., 2000). Entretanto, quando semeada em fevereiro e março, sua produção de matéria seca oscilou entre 4,3 e 5,9 t ha⁻¹ (CARVALHO et al., 1996; AMABILE et al., 2000). Em Latossolo Vermelho-Amarelo, distrófico, do Distrito Federal, a crotalária ocroleuca produziu 3,0 t ha⁻¹ ao ser semeada no final da estação chuvosa (CARVALHO et al., 1999b).

Em solos do Cerrado de Goiás, a absorção de nutrientes também variou em função da época de semeadura. Essa espécie absorveu 135 kg ha⁻¹ de N quando semeada em novembro, diminuindo para 113 kg ha⁻¹ e 101 kg ha⁻¹ de N nas semeaduras de janeiro e março respectivamente. A crotalária ocroleuca absorveu 11,5 kg ha⁻¹ de fósforo nas semeaduras de novembro e janeiro e, em março, essa absorção foi reduzida para 5 kg ha⁻¹. O Potássio não foi absorvido de forma diferenciada nas três épocas de semeadura, com valor médio de 62 kg ha⁻¹ (AMABILE et al., 1999). Carvalho et al. (1999a) relacionam as seguintes quantidades de nutrientes absorvidas para cultivo no Cerrado do Distrito Federal na estação chuvosa: 525 kg ha⁻¹ de N; 41,1 kg ha⁻¹ de P; 349 kg ha⁻¹ de K; 123 kg ha⁻¹ de Ca; 57 kg ha⁻¹ de Mg; 30 kg ha⁻¹ de S; 148,5 g ha⁻¹ de Cu; 700 g ha⁻¹ de Zn e 540 g ha⁻¹ de Mn. No cultivo da seca, Carvalho et al. (1999b) relataram 82 kg ha⁻¹ de nitrogênio absorvido por essa leguminosa.

Uma das vantagens dessa espécie é a sua capacidade para desenvolver-se em solos de baixa fertilidade (SALEMA, 1987).

No Cerrado, são poucas as informações sobre o arranjo populacional para a crotálaria ocroleuca. Na adubação verde, já se empregam os espaçamentos de 0,20 a 0,50 cm entre linhas, entretanto, espaçamentos de 0,40 e 0,50 m entre linhas não resultaram em rendimentos de fitomassa diferenciados, havendo recomendação de espaçamento mais adaptado às culturas principais semeadas na propriedade. A densidade de semeadura é de 20 a 60 sementes viáveis/m², com gasto de 20 a 30 kg ha⁻¹ de sementes (CARVALHO et al., 1999a; AMABILE

et al., 2000). O peso de mil sementes varia de 50 a 100 g. A semeadura pode ser realizada a lanço ou mesmo por plantadeiras manuais ou mecânicas. Recomenda-se a inoculação das sementes com rizóbio, no primeiro ano de cultivo dessa espécie (VARGAS et al., 2002).

A colheita pode ser realizada tanto manual como mecanicamente.

A crotalária ocroleuca (grãos e fitomassa verde) é utilizada, ainda, na alimentação animal, contudo, pode apresentar substâncias antinutricionais. É usada também em sistemas agrícolas como espécie que reduz a população de nematóides-de-galhas (*Meloidogyne javanica*).

Uma das principais desvantagens da crotalária ocroleuca refere-se ao desenvolvimento inicial bastante lento, dificultando seu estabelecimento no final do período chuvoso. Além disso, essa espécie é hospedeira do nematóide-de-cisto.

CROTALÁRIA PAULINA

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Papilioideae

Tribo: Genisteae

Nome científico:

Crotalaria paulina Schrank

Nome comum: crotalária paulina, manduvira-grande



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

América do Sul e do Norte.

Descrição morfológica

Leguminosa herbácea lenhosa, ereta ou arbustiva crescendo até 3 metros ou mais; folhas agudas, quase mucronadas, pilosas na página inferior; flores

amarelas, amplas, abundantes, dispostas em racemos terminais, pilosas; fruto vagem contendo de 12 a 15 sementes duras que agitadas produzem ruído idêntico ao guiso da cobra cascavel (CORRÊA, 1984).

Adaptação da espécie

A crotalária paulina é uma planta anual de clima tropical e subtropical. É uma leguminosa adaptada ao período de chuva do Cerrado, pois não é uma planta tolerante à seca. Também apresenta sensibilidade ao fotoperíodo e quando semeada a partir de fevereiro tem seu ciclo muito reduzido, afetando também sua produção de fitomassa (PEREIRA, 1987). É uma planta de clima quente, não resistindo a geadas.

A semeadura da crotalária paulina deve ser feita em plena estação chuvosa (de outubro a dezembro) e não no final desse período. Ela pode ser cultivada solteira ou consorciada com milho, mandioca ou culturas perenes, por exemplo (citrus e café), uma vez que tem hábito de crescimento determinado, normalmente com porte arbustivo.

O desenvolvimento inicial da crotalária paulina é lento e o ciclo anual longo, completando a maturação cerca de 204 dias depois da semeadura. Quando semeada em novembro, floresce aproximadamente aos 136 dias (PEREIRA, 1987, 1991). Entretanto, se a semeadura ocorrer no final do período chuvoso, o ciclo até a floração cai para 80 a 115 dias, e o ciclo até a maturação cai para aproximadamente 160 dias (PEREIRA, 1987, 1991; CARVALHO et al., 1999a).

A crotalária paulina desenvolve-se bem em solos de textura média a argilosa (PEREIRA et al., 1992).

A produção de fitomassa dessa espécie, quando cultivada no período chuvoso, é bastante elevada, resultando em média de 16 t ha^{-1} de matéria seca para a semeadura realizada em novembro (produções variando de 12,6 a $18,5\text{ t ha}^{-1}$, em anos distintos). Quando semeada em fevereiro, o ciclo é reduzido devido ao fotoperíodo e o rendimento pode cair para até $3,4\text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca (PEREIRA, 1987, 1991; CARVALHO, 1999a).

A quantidade de nutrientes absorvida pela crotalária paulina na estação chuvosa foi: 148 kg ha⁻¹ de N; 11,3 kg ha⁻¹ de P; 95 kg ha⁻¹ de K; 79,9 kg ha⁻¹ de Ca; 24,3 kg ha⁻¹ de Mg; 8,6 kg ha⁻¹ de S; 49,1 g ha⁻¹ de Cu; 147,4 g ha⁻¹ de Zn e 146,9 g ha⁻¹ de Mn (CARVALHO et al., 1999a).

A crotalária paulina pode ser semeada a lanço, em linhas ou com matraca. Devem ser semeadas 40 a 60 sementes viáveis/m² ou 9 kg ha⁻¹ de sementes. Mil sementes pesam 14 a 18 grama. Quando semeada em linhas, recomenda-se espaçamento de 25 a 50 cm (PEREIRA et al., 1992; CALEGARI, 1995; CARVALHO et al., 1999a).

Quando a espécie estiver sendo cultivada pela primeira vez na área, recomenda-se a inoculação das sementes com rizóbio (VARGAS et al., 2002).

A crotalária paulina pode sofrer ataques da lagarta *Utetheisa ornatrix* na inflorescência e nas vagens. Em caso de ataques severos, sendo o objetivo a produção de sementes, recomenda-se o controle com inseticida apropriado. Ataques esporádicos de percevejos podem, também, ocorrer.

O manejo deve ser efetuado na fase de florescimento que ocorre aproximadamente aos 130 dias quando semeada em novembro (PEREIRA, 1987). A fitomassa pode ser manejada com rolo-faca, aração, roçagem ou corte com enxada.

A colheita de sementes deve ser feita quando as vagens estiverem maduras, com as sementes livres no seu interior, depois de um período de aproximadamente 230 dias após a semeadura. A produção de sementes da crotalária paulina é superior à da crotalária juncea (PEREIRA et al., 1992; CARVALHO et al., 1999a). A colheita de sementes dessa espécie não pode ser realizada mecanicamente, devido ao alto porte dela e à baixa uniformidade na maturação.

Entre as vantagens da crotalária paulina, estão seu alto potencial de produção de fitomassa e seu efeito no controle de nematóides.

As principais limitações do uso dessa espécie vegetal em áreas de Cerrado são: baixa adaptação limitando-se ao período chuvoso e ciclo muito longo.

Portanto, para que se possa plantar essa espécie sem que haja exclusão da cultura comercial na área, a opção é cultivá-la consorciada à cultura comercial.

CROTALÁRIA SPECTABILIS

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Papilioideae

Tribo: Geniteae

Nome científico:

Crotalaria spectabilis Roth;

Crotalaria sericea Retz;

Crotalaria retzii Hitch

Nome comum: crotalária spectabilis, guizo-de-cascavel, chocalho-de-cascavel



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

Segundo Calegari et al. (1993), essa espécie é originária da América do Sul e do Norte. De acordo com Duke (1981), provavelmente, ela seja nativa da Ásia tropical e recentemente distribuída na região tropical da Ásia e da América, sendo introduzida em Porto Rico pelas Antilhas. Amplamente cultivada e com tendência a ser naturalizada em muitas áreas, no Kênia, Tanzânia, nos estados norte-americanos da Virgínia, Geórgia e Texas.

Descrição morfológica

Leguminosa anual, talo ereto, normalmente, muito ramificado, até 1,5 m de altura, subglabra; folhas simples, com pecíolos medindo entre 2 e 8 mm, folha de 8 a 14 cm de comprimento, 3 a 8 cm de largura, glabra acima, pubescente abaixo; estípulas oblíquas ovalado-alongadas, medindo entre 3 e 7 mm de comprimento, 2 a 4 mm de largura; racemos curtamente pedunculados, frouxos, entre 21 e 45 cm de comprimento, muito floridos; brácteas com 12 e 20 mm de comprimento, 6 a 10 mm de largura, pontiagudas;

bractéolas lanceolados, com 1 e 2 mm de comprimento; cálice com 11 a 14 mm de comprimento, com tubo prostrado na parte inferior, glabro; lobos superiores com largura triangular ou levemente ovalado-triangular, mais longos que o tubo; vagem com 45 e 50 mm de comprimento, com 18 a 20 mm de largura, glabra, contendo 20 a 24 sementes, com aproximadamente 4 mm de comprimento, lisas, marrons (DUKE, 1981; CALEGARI, 1995).

Adaptação da espécie

A crotalária *spectabilis* também é uma planta de clima tropical e subtropical. Ela tem ciclo de duração intermediário entre a crotalária *juncea* e a crotalária *paulina*. Da mesma forma que a maioria das crotálias, ela deve ser semeada no período chuvoso (entre outubro e janeiro), pois não é resistente à seca e apresenta sensibilidade ao fotoperíodo.

Essa crotalária pode ser cultivada solteira ou consorciada com milho, mandioca ou culturas perenes (citrus, café), pois também possui hábito de crescimento determinado, com porte arbustivo.

Sendo semeada no início do período de chuva, a crotalária *spectabilis* floresce cerca de 70 dias após a semeadura (período variando entre 63 e 93 dias, em anos distintos) e completa a maturação em torno de 170 dias (período variando entre 141 e 196 dias) (PEREIRA, 1987, 1991). Quando semeada em fevereiro, a floração e a maturação caem para, aproximadamente, 55 e 143 dias. Como o ciclo é relativamente curto, uma opção de cultivo em áreas de Cerrado da Região Centro-Oeste é semeá-la no início do período chuvoso, antes do cultivo da cultura comercial (CARVALHO et al., 1999a).

O rendimento de fitomassa, mesmo no período de chuva, em geral, é menor do que o das demais crotolárias, com produções de matéria seca que variaram entre 2 e 16,6 t ha⁻¹ em anos distintos, no Cerrado do Distrito Federal. Quando semeada em fevereiro, sua produção oscila entre 1,3 e 2,7 t ha⁻¹ de matéria seca (PEREIRA, 1987, 1991; CARVALHO et al., 1999a).

A quantidade de nutrientes absorvida pela crotálaria spectabilis na estação chuvosa foi: 420,2 kg ha⁻¹ de N; 29,8 kg ha⁻¹ de P; 362,1 kg ha⁻¹ de K; 236,9 kg ha⁻¹ de Ca; 49,2 kg ha⁻¹ de Mg; 25,3 kg ha⁻¹ de S; 163,9 g ha⁻¹ de Cu; 411,2 g ha⁻¹ de Zn e 293,5 g ha⁻¹ de Mn (CARVALHO et al., 1999a).

A crotálaria spectabilis também pode ser semeada a lanço, em linhas e com matraca. A taxa de semeadura está em torno de 6 a 8 kg ha⁻¹ de sementes. Mil sementes pesam entre 17 e 60 gramas. Quando semeada em linhas, recomenda-se espaçamento de 25 cm, com 20 plantas/m (CALEGARI, 1995; CARVALHO et al., 1999a).

Quando a espécie for cultivada pela primeira vez na área, recomenda-se a inoculação das sementes com rizóbio (VARGAS et al., 2002).

A colheita mecânica de sementes de crotálaria spectabilis é difícil devido à desuniformidade do ciclo de florescimento e de maturação dessa espécie.

Essa espécie de crotálaria também pode apresentar problemas com a lagarta *Utetheisa ornatrix* que ataca inflorescência e vagens. Em caso de ataques severos, sendo o objetivo a produção de sementes, recomenda-se o controle com inseticida adequado.

Duke (1981) cita diversos fungos que já foram reportados nessa espécie, viroses, bactérias e nematóides.

Assim como as demais crotálias, a spectabilis não é recomendada como forrageira, por conter monocrotalina, substância tóxica. Nos EUA, a planta é considerada como ornamental, porque floresce durante um longo período (DUKE, 1981). Assim como a crotálaria juncea, uma fibra forte pode ser extraída dessa planta. Na medicina popular, Duke (1981) relata que, na Índia, essa planta é utilizada no tratamento de sarnas e impetigo.

Entre as vantagens da crotálaria spectabilis está seu ciclo relativamente curto que possibilita a semeadura anterior a da cultura principal. Além disso, é bastante eficiente no controle de nematóides (CALEGARI, 1995). Observa-se, também, que ela atrai a mamangaba, inseto polinizador de algumas culturas

como o maracujá. Recomenda-se cultivá-la associada a culturas perenes, principalmente maracujá.

Uma das principais limitações ao uso dessa espécie em áreas de Cerrado é que ela somente se adapta ao cultivo no período chuvoso, tendo seu desenvolvimento comprometido quando cultivada na estação da seca (entressafra), período em que é interessante ter espécies vegetais condicionadoras como cobertura do solo. Segundo Calegari (1995), a crotalária spectabilis apresenta, também, baixa produção de sementes devido ao ataque de lagarta e à reduzida taxa de polinização cruzada.

FEIJÃO-BRAVO-DO-CEARÁ

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Papilonoideae

Tribo: Phaseoleae

Nome científico:

Canavalia brasiliensis Mart e Benth

Nome comum: feijão-bravo-do-ceará



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

América do Sul e América Central

Caracterização morfológica

Leguminosa herbácea, de ciclo anual ou bianual, caules glabros ou pouco pubescentes. Pecíolos de 5 a 10 cm, folíolos verdes, quase sempre largo-ovais, medindo entre 5 e 15 cm de comprimento e de 4 a 9 cm de largura, cuneiformes ou arredondados na base, inteiramente glabros ou espargidos inferiormente, de pêlos pouco aderentes; pedúnculos com cerca de 16 cm, floridos acima do meio; nós em forma de tubérculos, pouco separados, com duas ou três flores;

brácteas pouco diferentes; flores pendentes, curto-pediceladas ou quase sésseis purpúreo-violáceas; bractéolas pequenas, ovais ou orbiculadas, caducas, cálice glabro ou, quando novo, piloso, com tubo de 9 a 11 mm de comprimento, lábio superior dilatado, de lobo inferior com 2 a 3 mm de comprimento; estandarte reduplicado de unha, curvo para dentro, com a lâmina largo-obovada, chanfrada no ápice, com 22 a 28 mm de comprimento, redobrada na base; carena excedente às asas, curvada para dentro, obtusa; ovário com apoio curto; estilo apenas engrossado para a extremidade e de estigma com pequenos capítulos; vagem linear de 20 a 40 cm de comprimento, achatada, ovalada, envolvida até quase a metade pelo hilo linear (CALEGARI et al., 1993).

Adaptação da espécie

O feijão-bravo-do-ceará destaca-se no período da entressafra em áreas de Cerrado pela sua resistência à seca. Essa espécie permanece verde o ano todo, podendo ser semeada em qualquer época, desde que se tenha umidade suficiente no solo para sua germinação. Sem irrigação, recomenda-se a semeadura até meados de abril, imediatamente após a colheita da cultura principal.

O feijão-bravo-do-ceará apresenta sensibilidade muito baixa ao fotoperíodo, suportando condições de estresse, como temperatura elevada e ausência de água, mas não resiste a geadas. Seu florescimento ocorre entre 80 e 104 dias (PEREIRA et al., 1992).

Apesar de o crescimento inicial ser relativamente lento, o feijão-bravo-do-ceará é uma planta que, por sua resistência à seca, possui intensa capacidade de ramificação e rebrotação, apresentando rusticidade suficiente para ser semeada no final do período chuvoso (em pós-colheita), em áreas de Cerrado na Região Centro-Oeste.

É uma espécie vegetal rústica, considerando as condições edáficas dessa região, sendo adaptada a solos de textura arenosa a muito argilosos, desenvolvendo bem em solos ácidos, com baixa fertilidade e na presença de alumínio.

Quanto à produção de fitomassa, Carsky (1989) obteve 7,6 t ha⁻¹ de matéria seca quando cultivada durante o período chuvoso, em áreas de Cerrado do Distrito Federal. Quando semeada no final dessa estação, na mesma região, as produções oscilaram entre 1,8 e 5,8 t ha⁻¹ de matéria seca (BURLE et al., 1992; CARVALHO et al., 1999b). No Cerrado de Goiás (Senador Canedo, GO), a produção de matéria seca variou entre 4,9 e 5,1 t ha⁻¹ em dois anos agrícolas consecutivos (CARVALHO et al., 1999a). Nesse mesmo ecossistema, a produção de matéria seca foi de 5,1 t ha⁻¹ e de 4,8 t ha⁻¹, no início (novembro) e no final (março) do período chuvoso respectivamente (AMABILE et al., 1996). Portanto, a época de semeadura não afetou significamente nem o crescimento nem a produção de fitomassa dessa espécie.

O nitrogênio total absorvido pelo feijão-bravo-do-ceará, quando cultivado no período chuvoso, em área de Cerrado do DF, foi de 228 kg ha⁻¹. Desse total, 173 kg ha⁻¹, representando 76% do total, foi resultante da fixação biológica. A taxa de fixação biológica de N foi de 1,42 kg ha⁻¹ dia⁻¹ (CARSKY, 1989). Quando cultivado no período da seca (semeadura no final do período chuvoso) em áreas de Cerrado do Distrito Federal, o feijão-bravo-do-ceará acumulou, em sua parte aérea, entre 44 e 142 kg ha⁻¹ de N, em anos agrícolas distintos. Ressalta-se que, essa leguminosa apresenta sistema radicular bastante profundo, podendo reciclar a maior parte deste N de camadas profundas do solo (BURLE et al., 1992; CARVALHO et al., 1999b). Cabe ressaltar a importância desse enraizamento, quanto à possibilidade de reciclagem de outros nutrientes potencialmente lixiviáveis como o K e Ca. Carvalho et al. (1999a) observaram as seguintes quantidades de nutrientes absorvidas pelo feijão-bravo-do-ceará cultivado na estação chuvosa: 62,7 kg ha⁻¹ de N; 2,7 kg ha⁻¹ de P; 41,8 kg ha⁻¹ de K; 71,1 kg ha⁻¹ de Ca; 9,9 kg ha⁻¹ de Mg; 1,9 kg ha⁻¹ de S; 24,3 kg ha⁻¹ de Cu; 47,5 kg ha⁻¹ de Zn; 57,8 kg ha⁻¹ de Mn.

A elevada produção de fitomassa dessa espécie e sua capacidade de rebrotar contribuem para a boa cobertura do solo e para o controle mais eficiente de plantas invasoras (SODRÉ FILHO et al., 2004).

O manejo da fitomassa dessa espécie pode ser feito por herbicidas ou associação de herbicidas (Glifosate e 2,4 D) ou mecanicamente, por meio do rolo-faca, grade fechada ou triton.

O feijão-bravo-do-ceará apresenta o tegumento duro sendo necessário superar esse tipo de dormência escarificando suas sementes, para proporcionar germinação uniforme, economia de sementes e melhor adaptação da espécie ao sistema de produção. Recomenda-se escarificar as sementes dessa leguminosa em água fervente por 45 segundos, em seguida, imergi-las em água fria (CARVALHO et al., 1999a).

A taxa de semeadura recomendada é de 30 a 50 kg ha⁻¹, semeando de 7 a 10 sementes viáveis/metro, e o espaçamento mais recomendado para o uso como adubo verde ou como cobertura vegetal é de 40 a 50 cm entre as linhas. O peso de mil sementes é de 600 a 900 g (PEREIRA et al., 1992; CARVALHO et al., 1999a; AMABILE et al., 2000).

O feijão-bravo-do-ceará também está entre o grupo das leguminosas que apresenta nodulação eficiente com as estirpes nativas de rizóbio, no entanto, produz poucos nódulos em solos de primeiro cultivo. Portanto, recomenda-se sua inoculação em solos sob o primeiro cultivo (VARGAS et al., 2002).

O feijão-bravo-do-ceará apresenta razoável capacidade de produção de sementes quando espaldada, sendo muito difícil sua colheita mecânica. Para a produção de sementes, o espaçamento recomendado é de 80 a 100 cm com uma população de 5 plantas/metro. No caso dessa espécie vegetal, a colheita mecânica das sementes é dificultada devido à não-uniformidade de maturação das suas sementes.

Embora essa leguminosa apresente cerca de 42,2% de carboidratos, 3,1% de cinza e 27,6% de proteína, seu uso na alimentação humana e animal é limitado pela presença de fatores inibidores do crescimento, tais como: canavalina e as fitoemaglutininas A e B. Entretanto, a aplicação de tratamento térmico é suficiente para neutralizar os fatores antinutricionais existentes (MAFFIA et al., 1988). Segundo Duke (1981), na Ásia, as sementes dessa espécie

são consumidas como condimento ou como mingau, depois de passarem pelo seguinte tratamento: embebimento em água com bicarbonato de sódio durante uma noite, fervura até se tornarem macias, lavagem, fervura em nova água e, finalmente, tritura para serem usadas na alimentação. Duke (1981) também relaciona maior teor de proteína e sais minerais no feijão-bravo-do-ceará do que no feijão comum.

Uma das principais vantagens do uso do feijão-bravo-do-ceará no Bioma Cerrado está relacionada à elevada tolerância às condições de estresse hídrico, resultando em sua longa permanência como cobertura verde durante o período da seca dessa região. A capacidade de reciclar nutrientes também é uma contribuição significativa dessa espécie, possivelmente, por sua produção de fitomassa, incluindo o rebrotamento e, acentuada decomposição dos resíduos vegetais (CARVALHO, 2005).

As principais limitações são as dificuldades de produção de sementes devido à não-uniformidade de maturação e o desenvolvimento inicial bastante lento.

FEIJÃO-DE-PORCO

Taxonomia

Família: Leguminosae

Nome científico:

Canavalia ensiformis (L.) DC.

Nome comum: feijão-de-porco,
poroto sable,
poroto gigante (Argentina)



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

Acredita-se que a espécie seja de origem centro-americana. É encontrada em estado silvestre nas Antilhas e nas zonas tropicais africanas e asiáticas (CALEGARI et al., 1993). Segundo Duke (1981), a espécie parece ser nativa nas

regiões que abrangem o sul do México, o Brasil, o Peru e também nas Índias Ocidentais. Este autor cita Hindustani, Sul Americano e Chinês-Japonês como centros de diversidade dessa leguminosa.

Descrição morfológica

Planta de hábito de crescimento determinado, ereta; hastes com 0,6 a 1,6 m de altura, glabras ou pubescentes; folhas trifoliadas, alternas, folíolos elípticos a oval-elípticos, 5,7 a 20 cm comprimento, 3,2 a 11,5 cm largura, de cor verde-escura brilhante, com nervuras bem salientes; pecíolos 2,3 a 11 cm de comprimento; estípulas decíduas; racemos axilares, pendulosos, 5 a 12 cm de comprimento, em pedúnculo 10 a 34 cm de comprimento; cálice de 1,5 cm de comprimento, espessadamente pubescente, tubo de 6 a 7 cm de comprimento, aba superior 5 mm de comprimento; cor rosa-padrão a púrpura, arredondada; vagens linear-oblongas, achatadas, em formato de espada, de 14 a 35 cm de comprimento, 3 a 3,5 cm de largura, contendo 4 a 8 sementes; sementes grandes (1 a 2,1 cm de comprimento e 0,7 a 1 cm de largura), brancas ou marfim, com marcas amarronzadas próximo ao hilo acinzentado (DUKE, 1981; CALEGARI et al., 1993).

Adaptação da espécie

O feijão-de-porco é uma planta anual ou bianual de origem tropical, muito adaptada à clima seco, suportando, com folhas verdes, longos períodos sem ocorrência de chuva (CALEGARI et al., 1993). Mesmo sendo semeada no final do período chuvoso essa espécie se estabelece e atinge produções de fitomassa relevantes, pois, além de sua resistência ao deficit hídrico, não apresenta sensibilidade ao fotoperíodo. Vem sendo utilizada como cobertura de solo também na região semi-árida do Nordeste brasileiro.

O feijão-de-porco parece ser uma planta adaptada a condições ambientais bem adversas, suportando desde o clima árido e seco das regiões semi-áridas, até regiões de clima temperado e úmido e regiões com florestas tropicais (DUKE, 1981). É uma planta bastante cultivada em regiões quentes tropicais como cobertura de solo e adubação verde, inclusive, na Índia, Indonésia, Taiwan,

Tanzânia, Kenya e Hawaí. É cultivada também na África tropical ocidental, até uma altitude de 1800 m. Duke (1981) relata também grande escala de plantios dessa espécie nos países como Congo e Angola.

Alguns autores relatam a grande utilização do feijão-de-porco associada a culturas perenes, em nível mundial: Correa (1926-1978) relata que nas Antilhas o feijão-de-porco era a principal planta usada como adubação verde nas plantações de cacau e de coco; em Porto Rico e na Flórida, essa espécie tinha grande serventia nas plantações de limão e de laranja; em colônias francesas da África e no Estado de São Paulo ele era usado em cana-de-açúcar; descreve-se também seu emprego, como adubo verde, em cultivos de café, fumo, borracha e sisal e como cobertura verde nos cultivos de abacaxi.

No Cerrado do Brasil Central, o feijão-de-porco pode ser semeado no final do período de chuvas (após a colheita de uma cultura comercial de ciclo mais precoce), devido a sua resistência à seca e ao fato de ele não apresentar sensibilidade ao fotoperíodo. O estabelecimento inicial é mais lento do que o das mucunas e mais rápido do que do feijão-bravo-do-ceará. Uma alternativa para cultivo do feijão-de-porco em sistemas agrícolas em áreas de Cerrado é sua semeadura aproximadamente aos 45 dias depois da semeadura do milho. Nesse sistema de produção, é comum a ocorrência de certa competição com milho nos primeiros anos de estabelecimento do sistema comprometendo o rendimento da cultura (PEREIRA, 1987; PEREIRA; LOBATO, 1991). Nesse consórcio, a semeadura da leguminosa não pode ser mecanizada. Outra opção de uso dessa espécie no Cerrado, é em associação com culturas perenes, já que ela tolera o sombreamento parcial e vem sendo empregada desse modo em diversos países.

Quando semeado no início do período de chuvas (em novembro), o feijão-de-porco apresentou ciclo, até o florescimento, variável, entre 64 e 118 dias, em anos agrícolas distintos (PEREIRA, 1987, 1991) e atingiu a maturação oscilando entre 168 e 249 dias (PEREIRA, 1987, 1991). Quando semeado em fevereiro, o período até atingir a floração praticamente não se altera (cerca de 75 a 85 dias) e o intervalo para atingir a maturação cai para 126 a 184 dias (PEREIRA, 1987,

1991; CARVALHO et al., 1999a). Para essa canavália, a colheita mecânica das sementes também é dificultada por causa das vagens muito grandes.

O feijão-de-porco é igualmente rústico quanto às exigências nutricionais, adaptando bem aos solos de baixa fertilidade do Cerrado. Quanto às condições edáficas, essa espécie tem ampla adaptação, tolerando, além de solos ácidos e de baixa fertilidade, solos salinos e mal drenados, com texturas variáveis (desde arenosos a argilosos).

Quando foi semeado em novembro, o feijão-de-porco apresentou produções de fitomassa, em áreas de Cerrado do Distrito Federal, que oscilaram entre 5,7 e 19,8 t ha⁻¹ de matéria seca (PEREIRA, 1987, 1991). Em semeadura no período de chuvas, obtiveram-se 7,7 t ha⁻¹ de matéria seca, nessa mesma região (CARSKY, 1989). A produção de matéria seca não é severamente afetada quando ele é semeado próximo ao final da estação chuvosa (em fevereiro), variando entre 4,7 e 11,9 t ha⁻¹ (PEREIRA, 1987, 1991). Em associação com milho, a produção é menor, variando de 4,4 t ha⁻¹ quando semeado em novembro a 2,8 t ha⁻¹ de matéria seca ao ser semeado em fevereiro (PEREIRA; LOBATO, 1991).

O nitrogênio total absorvido pelo feijão-de-porco, quando cultivado no período chuvoso em áreas de Cerrado do DF, foi de 231 kg ha⁻¹. Desse total, 181 kg ha⁻¹, representando 79% do total, foi resultante da fixação biológica. A taxa de fixação biológica de N foi de 1,47 kg ha⁻¹ dia⁻¹ (CARSKY, 1989). A semeadura efetuada no período de chuvas resultou nos seguintes teores de nutrientes na sua parte aérea: 2,74 g kg⁻¹ de N; 0,13 g kg⁻¹ de P; 1,20 g kg⁻¹ de K; 1,52 g kg⁻¹ de Ca; 0,28 g kg⁻¹ de Mg; 2,60 g kg⁻¹ de S; 6,9 mg kg⁻¹ de Cu; 14,4 mg kg⁻¹ de Zn e 15,7 mg kg⁻¹ de Mn (CARVALHO et al., 1999a).

O crescimento acelerado e as amplas folhas cotiledonares favorecem a rápida cobertura de solo e o eficiente controle de invasoras proporcionado pelo feijão-de-porco. Efeitos alelopáticos também são atribuídos a essa espécie condicionadora de solo.

O feijão-de-porco pode ser semeado a lanço, em linhas ou em covas. Recomenda-se semear 5 a 8 sementes viáveis/m ou densidade de semeadura de

aproximadamente 100 a 150 kg ha⁻¹. Mil sementes pesam entre 1 kg e 1,5 kg. A produção de sementes está em torno de 4,2 t ha⁻¹ (PEREIRA et al., 1992; CARVALHO et al., 1999a).

Quando cultivado pela primeira vez na área, recomenda-se a inoculação das sementes com rizóbio (VARGAS et al., 2002).

Na Região Sul, o feijão-de-porco sofre ataque da vaquinha (*Diabrotica speciosa*), embora apresente boa capacidade regenerativa. Nessa região, também tem sido detectado ataque de diversas viroses, embora a espécie vegetal apresente tolerância a elas (CALEGARI et al., 1993). Igualmente têm sido observados ataques de viroses nessa planta, quando cultivada no Cerrado. O feijão-de-porco é hospedeiro da mosca-branca (*Bemisia tabaci*), transmissora do vírus do mosaico-dourado-do-feijoeiro e de outras viroses do feijoeiro comum (CALEGARI et al., 1993).

Em condições naturais, o feijão-de-porco é tóxico para o gado, além de não ser palatável e de ser indigesto. Na farinha das vagens do feijão-de-porco, existe uma toxina termolábil que causa hemorragia da mucosa do estômago (experiência em ratos). Duke (1981) relata o uso de vagens novas e sementes imaturas como legumes comestíveis e flores e folhas novas cozidas como condimento na Indonésia. Duke (1981) e Burkart (1952) relatam o uso das vagens assadas como substituto ou adulterante do café. As vagens maduras e secas contêm substância tóxica, mas relata-se seu consumo depois de longo cozimento. As cascas das sementes também devem ser evitadas. Há registros de que o gênero *Canavalia* apresenta as seguintes toxinas: choline, ácido hidrocianídrico e trigonelina (trigonelline), bem como canavalina.

Entre as vantagens do feijão-de-porco, está sua grande rusticidade, pois apresenta elevada resistência à seca e adaptação a diferentes ambientes edáficos, podendo ser uma planta indicada como cobertura em solos arenosos de regiões mais áridas de Cerrado (exemplo, região de Barreiras, BA).

As principais desvantagens dessa espécie referem-se ao grande tamanho das sementes, resultando em um gasto elevado no seu estabelecimento (em

torno de 110 a 150 kg ha⁻¹) e à suscetibilidade a algumas viroses com potencial de infectar culturas associadas como a do maracujá.

GUANDU

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Faboideae

Tribo: Phaseoleae

Nome científico: *Cajanus cajan* (L.) Millsp

Nomes comuns: guandu, feijão-guandu, andu, feijão-andu, quando, feijão-guando, guandeiro, arveja, falso-café, sacha-café, cuandu, ervilha-de-angola, ervilha-de-sete-anos, ervilha-do-congo



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

O centro de origem permanece incerto, sendo considerada planta nativa da região leste do subcontinente indiano (LINNAEUS, 1737, 1747, 1748; VAVILOV, 1939) ou do leste africano (PURSEGLOVE, 1968; ZEVEN; ZHUKOVSKY, 1975).

Descrição morfológica

Leguminosa arbustiva anual, bianual ou semiperene, apresentando crescimento, em geral, determinado, atingindo a altura de até 4,0 m. Caule ereto e pouco lenhoso, ramoso, pulverulento ou tomentoso-pubescente com ramos angulosos (CORREIA, 1984). Possui folhas alternadas, pinadas trifoliadas com folíolos largos e ovais, oblongos, agudos nas duas extremidades ou obtusos na base; folíolo terminal curtamente peciolado e laterais sésseis, com glândulas ou sem glândulas secretoras, pubescência de cor variando de verde-escura a acinzentada. Inflorescências em racemos variando na intensidade do amarelo ao

vermelho, com estrias pardo-amarronzadas ou vermelhas (BOX, 1961). Flor hermafrodita composta de 5 pétalas (estandarte, duas asas e carena) e 5 sépalas; dez estames diadelfos, estigma capitado e anteras pequenas; ovário súpero; fruto vagem linear, comprimida, de 4 a 8 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, aguda com ponta longa, valvas finamente pubescentes, com 3 a 9 sementes. Semente globosa com formato oval, quadrada ou alongada; grande variabilidade de cores, desde o branco até o preto; com o peso de mil sementes variando de 40 a 260 g. Sistema radicular pivotante, vigoroso e profundo.

Adaptação da espécie

É uma das leguminosas forrageiras mais comumente semeadas nas regiões tropicais e subtropicais, até mesmo em regiões áridas e semi-áridas, sendo encontrada desde o nível do mar até 1800 m de altitude. Adaptada à ampla faixa de precipitação, mostra-se resistente à seca, porém, muito sensível à geada (WHYTE et al., 1953; MITIDIERI, 1983; SEIFFERT; THIAGO, 1983). É quase sempre sensível ao fotoperíodo, tendo resposta quantitativa ao florescimento em dias curtos (SUMMERFILED; ROBERTS, 1985). Desenvolve-se melhor em temperaturas mais elevadas (SKERMAN, 1977) suportando condições extremas de desidratação (TEIXEIRA et al., 1983). Na estação seca, no Cerrado, torna-se caducifólia devido à severa deficiência hídrica que ocorre na região nesse período (PEREIRA et al., 1992).

O guandu, como a maioria das leguminosas tropicais, é descrito, em termos gerais, como uma espécie influenciada pelo termoperíodo (SUMMERFILED; ROBERTS, 1985). Em resultados obtidos por Akinola e Whiteman (1975), a velocidade de florescimento está fortemente associada com temperaturas abaixo do termoperíodo crítico. Existe ampla variabilidade de genótipos que apesar de não responderem ao fotoperíodo, são muito sensíveis à variação da temperatura. O efeito da temperatura é, por vezes, mais importante do que o do comprimento do dia.

Pereira e Sharma (1984) e Pereira (1985) fizeram referências sobre a época recomendada à semeadura do guandu na região do Brasil Central. Para esses

autores, o guandu deve ser semeado no início do período de chuvas. As plantas cujas semeaduras forem realizadas depois de dezembro têm crescimento e desenvolvimento reduzidos por causa da diminuição de chuvas no período crítico de desenvolvimento vegetativo e, também, pelo fotoperíodo desfavorável.

Em áreas de Cerrado do DF, a semeadura do guandu, efetuada no início do período de chuvas (dezembro), resultou em $8,7 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca (CARSKY, 1989).

Resultados obtidos em áreas de Cerrado de Goiás mostraram que, quando se atrasou a semeadura de novembro até março, ocorreu diminuição no período vegetativo do guandu e, consequentemente, houve redução no porte, na produção de fitomassa e de grãos. O período até a floração reduziu de 127 dias (semeadura em novembro) para 97 dias (semeadura em março), no primeiro ano, e de 137 (semeadura em novembro) para 94 dias (semeadura em novembro), no segundo ano agrícola. A produção de matéria seca nessa região foi de 10,7 e $6,0 \text{ t ha}^{-1}$, no primeiro ano agrícola, e de 12,6 e $5,8 \text{ t ha}^{-1}$, no segundo ano agrícola, para as semeaduras de novembro e março respectivamente (AMABILE et al., 1996).

Em outro ensaio conduzido em área de Cerrado de Goiás, Amabile (1993) observou variabilidade na produção de fitomassa e no ciclo até o florescimento em função da época de semeadura do guandu cv. Kaki. Quando essa variedade foi semeada em fevereiro, produziu entre 5,02 e $6,15 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca, em dois anos agrícolas distintos, com 84 e 105 dias até o florescimento respectivamente.

Quando foi semeado no final do período de chuvas, em áreas de Cerrado do Distrito Federal, o guandu apresentou bastante variabilidade no seu período até a floração e, consequentemente, na sua produção de fitomassa, em diferentes anos agrícolas (produções entre 1,0 e $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca) (BURLE et al., 1992; CARVALHO et al., 1999b).

No Cerrado de Mato Grosso, Seiffert e Thiago (1984), ao realizarem ensaios de competição de variedades de guandu, em dois anos consecutivos e durante o período chuvoso, observaram produções de matéria seca (médias anuais) de 6,2 a 7,1 t ha⁻¹, não havendo diferença entre os acessos testados. No Cerrado de Uberaba, Gonçalves et al. (1983) encontraram rendimentos de até 12,3 t ha⁻¹ de matéria seca quando o guandu foi semeado em março.

Ainda em relação ao uso para adubação verde, Pereira (1985) descreve as possibilidades de consórcio do guandu com gramíneas anuais (milho e sorgo) e o plantio consorciado em fileiras alternadas com arroz. Este autor relata também a alternativa do uso do guandu em consórcio com café e com frutíferas.

O guandu é considerado uma planta pouco exigente em relação à fertilidade do solo (GOMES, 1977; EDWARDS, 1981; JOHANSEN, 1990). Morton (1976) verificou baixa resposta dessa espécie à aplicação de fertilizantes. O guandu cresce e desenvolve-se bem em solos cujo pH varia entre 5,0 e 8,0 (DALAL; QUILT, 1977; JOHANSEN, 1990). Em solos ácidos, seu crescimento é bastante afetado por níveis tóxicos de alumínio, porém, mostra-se bem adaptado aos solos que predominam no Bioma Cerrado (TANAKA, 1981). Desenvolve-se bem em solos argilosos a franco-argilosos, mas não tolera solos mal drenados. Os elevados teores de manganês em solos de Cerrado, principalmente, em áreas cultivadas com soja, podem limitar o desenvolvimento do guandu (PEREIRA et al., 1992).

O sistema radicular pivotante e bem desenvolvido que atinge a profundidade de até três metros (ALVARENGA, 1993) proporciona a essa espécie resistência aos períodos prolongados de seca, sobretudo, em condições de safrinha no Cerrado. Segundo Ae et al. (1991), as raízes do guandu produzem exsudados que promovem a liberação do fósforo comumente adsorvido aos óxidos e hidróxidos de Fe nos solos do Cerrado.

As épocas de semeadura afetaram a absorção de nitrogênio e fósforo pelo guandu no solo do Cerrado de Goiás. A absorção de nitrogênio foi reduzida com o atraso na semeadura, passando de 254 kg ha⁻¹ quando o guandu foi semeado

em novembro, para 124 kg ha⁻¹ na semeadura de janeiro e 132 kg ha⁻¹ na de março. As quantidades de fósforo absorvidas nas semeaduras de novembro e janeiro foram respectivamente 30,2 e 23,1 kg ha⁻¹, decrescendo para 6,0 kg ha⁻¹ na semeadura de março. O K foi absorvido igualmente nas três épocas, com valor médio de 99 kg ha⁻¹ (AMABILE et al., 2000).

Quando semeado no final do período de chuvas em áreas de Cerrado do Distrito Federal, o guandu acumulou, em sua parte aérea, entre 34 e 92 kg ha⁻¹ de N (BURLE et al., 1992; CARVALHO et al., 1999b). Segundo Carsky (1989), o nitrogênio total absorvido pelo guandu, quando cultivado na estação chuvosa, nessa mesma região, foi de 229 kg ha⁻¹. Desse total, 168 kg ha⁻¹, representando 73% do total, foi resultante da fixação biológica. A taxa de fixação biológica de N foi de 1,38 kg ha⁻¹ dia⁻¹. As quantidades de nutrientes absorvidas pelo guandu cv. kaki na estação chuvosa foram: 351 kg ha⁻¹ de N; 25 kg ha⁻¹ de P; 254,3 kg ha⁻¹ de K; 90,5 kg ha⁻¹ de Ca; 29,6 kg ha⁻¹ de Mg; 9,4 kg ha⁻¹ de S; 149,8 g ha⁻¹ de Cu; 304,2 g ha⁻¹ de Zn e 371,3 g ha⁻¹ de Mn (CARVALHO et al., 1999a).

O guandu possui característica de acumular a maior parte da fitomassa e dos nutrientes na fase compreendida entre o florescimento e a maturação da planta (DALAL, 1980; WIJNBERG; WHITEMAN, 1985). Em muitos materiais, cerca de 50% a 80% da matéria seca foi produzida após o início do florescimento (DHINGRA et al., 1981; PANDEY, 1981). Por esse motivo, o manejo deve ser efetuado do pleno florescimento ao início da formação das vagens que varia, nessa região, de 70 a 110 dias.

A decomposição do guandu é mais lenta em relação a outras leguminosas (CARVALHO et al., 1996; CARVALHO, 2005). Os teores mais elevados de compostos de carbono dos grupos aromáticos e alquilas (mais recalcitrantes) e razão C/N mais elevada contribuem para essa menor decomponibilidade. Assim, essas características, associadas a uma alta produção de fitomassa, representam, vantagens para uso dessa leguminosa como cobertura do solo em áreas de Cerrado.

O manejo dessa espécie condicionadora de solo pode ser efetuado mediante rolo-faca, roçadeira, triton ou herbicida.

O guandu pode ser semeado a lanço, com semeadeira, matraca ou avião, adaptando bem tanto ao sistema convencional quanto ao plantio direto. O espaçamento recomendado para que se tenha boa cobertura de solo varia de 40 a 60 cm entre as linhas, em função do acesso utilizado. Para uso como adubo verde ou planta de cobertura, recomenda-se a quantidade de 30 a 40 kg ha⁻¹ de sementes, semeando de 15 a 30 sementes viáveis por metro. Quando se busca a produção de sementes, deve-se ampliar o espaçamento entre as linhas para 1,0 m. O peso de mil sementes varia, de acordo com o material empregado, de 70 a 240 g (PEREIRA et al., 1992).

O guandu também está entre o grupo de leguminosas que apresenta nodulação eficiente com as estirpes nativas de rizóbio, embora apresente poucos nódulos em solos de primeiro cultivo. Portanto, recomenda-se sua inoculação em solos de primeiro cultivo (VARGAS et al., 2002).

A colheita das sementes pode ser realizada tanto manual como mecanicamente, observando a umidade adequada (entre 13% e 15%). O rendimento varia de 1000 a 2600 kg ha⁻¹.

O guandu é uma planta de múltiplo uso e pode ser empregado tanto na alimentação animal como na humana. Como forragem animal, apresenta potencial para pastejo consorciado com gramíneas, como feno e nos consórcios de espécies usadas na silagem, tanto na forma de forragem fresca quanto no consumo direto dos grãos. Na alimentação humana, podem ser utilizadas a farinha, as vagens ou os grãos verdes. Sua proteína é rica em lisina, leucina e histidina, porém, pobre em metionina, treonina e o triptofano. Entretanto, alguns acessos de guandu apresentam consideráveis compostos polifenólicos que inibem a digestão de algumas enzimas, tais como: tripsina, quiimotripsina e amilase (FUNDAÇÃO CARGILL, 1984).

De maneira geral, o guandu apresenta poucos problemas fitossanitários, mas pode ser atacado por *Fusarium* sp., *Phytophthora* e Ferrugem. Ataques de *Heliothis virescens* nas folhas e flores, *Anycylostoni stercorea* nas vagens e carunchos podem afetar a produção de sementes.

INDIGÓFERA

Existem duas espécies do gênero *Indigofera* que foram testadas em áreas de Cerrado e se desenvolveram bem, mostrando potencial como adubo verde: *Indigofera tinctoria* L. e *Indigofera hirsuta* L.

INDIGÓFERA TINTÓRIA

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Papilionoideae

Tribo: Galegueae

Nome científico:

Indigofera tinctoria L.

Sinônimo: *Indigofera sumatrana* Gaertn.

Nome comum: Indigófera, anileira,
índigo (Índia)

Origem

Espécie nativa do Arquipélago Malásio, cresce espontaneamente na África. Introduzida e largamente cultivada na Índia, China, Java, África, Madagascar e América tropical.

Descrição morfológica

Planta arbustiva e herbácea, variável em muitos aspectos; altura entre 1 e 2 m; hastes eretas; ramificadas, ramos em geral amplamente propagados; folhas compostas, folhas-raques incluindo pecíolo de 2,5 a 10 cm de comprimento; folíolos de 5 a 13 cm, ovais, oblongos de 10 a 27 mm de comprimento, de 4 a 17 mm de largura; racemos eretos, subséssil, em torno de 6 cm de comprimento; pedicelos de 1,5 a 2 mm de comprimento; flores vermelhas, de 4,2 mm de comprimento, com parte interior amarelo-esverdeada com estrias radiais de cor púrpura; vagens glabras, comprimento entre 15 e 35 mm, largura



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

em torno de 2 mm, levemente ou quase reto; sementes de 3 a 15 (usualmente de 6 a 12), bem mais longas do que largas (DUKE, 1981).

Adaptação da espécie

Espécie perene, largamente cultivada em regiões tropicais. Essa leguminosa desenvolve-se bem em bancos de areia, às margens de rodovias e em bosques de capoeiras e campos de pastagens. Duke (1981) relata que a espécie é sensível ao alagamento. Excesso de calor e ventos quentes causam murchamento nessa planta. O cultivo dessa planta se estende desde zonas temperadas amenas até regiões tropicais secas e zonas de Florestas Úmidas. Duke (1981) relata que essa espécie tolera precipitações anuais entre 640 e 4100 mm, temperaturas médias anuais de 10,5 a 27,4 °C e pH entre 4,3 e 8,7.

Em diversos países, essa planta é cultivada com o objetivo de fornecer tinta azul. Essa espécie foi, inicialmente, a principal fonte primária do "índigo" indiano, mas foi substituída pela *Indigofera arrecta*. No Sudeste da Índia, a espécie era cultivada como cobertura ou adubação verde em plantações de café e de arroz e, nas demais regiões da Índia, era cultivada (com a taxonomia de *I. sumatrana*), principalmente, como adubação verde, precedendo culturas de milho, algodão e cana-de-açúcar. As folhas são ricas em potássio e a planta é tida como palatável para o gado.

Em áreas de Cerrado, a indigófera tintória é mais adaptada ao cultivo no período de chuva. Quando semeada no início dessa estação apresenta produção de matéria seca variando entre 3,8 e 18,2 t ha⁻¹ em anos distintos e ciclo até a floração e maturação de aproximadamente 102 e 182 dias respectivamente. Para semeadura em fevereiro, o ciclo é de aproximadamente 79 e 152 dias até a floração e maturação, respectivamente (PEREIRA, 1987; PEREIRA, 1991). Carvalho et al. (1999a) citam ciclo de 272 dias até a floração quando essa espécie é semeada no final do período chuvoso no Cerrado.

Quando cultivada na estação chuvosa (fevereiro) no Cerrado do Distrito Federal, a indigófera tintória apresentou produção de matéria seca muito baixa

(rendimentos variando entre 0,9 e 2 t ha⁻¹). No Cerrado de Goiânia, essa leguminosa produziu 14,2 t ha⁻¹ de matéria seca quando semeada no final do período de chuva. Quando semeada em pleno período chuvoso (dezembro) ela produziu 15,9 t ha⁻¹ no Cerrado do Distrito Federal (CARVALHO et al., 1999a).

As quantidades de nutrientes absorvidas pela indigófera tintória na estação chuvosa plena foram de: 469,1 kg ha⁻¹ de N; 35 kg ha⁻¹ de P; 314,8 kg ha⁻¹ de K; 208,3 kg ha⁻¹ de Ca; 39,8 kg ha⁻¹ de Mg; 22,3 kg ha⁻¹ de S; 174,9 g ha⁻¹ de Cu; 359,3 g ha⁻¹ de Zn e 448,4 g ha⁻¹ de Mn (CARVALHO et al., 1999a).

Observou-se que, de forma geral, em áreas de Cerrado, a indigófera tintória apresenta elevada sensibilidade ao Al no solo e baixa nodulação, resultando em baixo acúmulo de N na sua parte aérea, na presença de Al tóxico.

Devido ao seu porte e hábito de crescimento, é uma planta que pode ser empregada em associação com culturas perenes. Esta espécie não pode ter suas sementes colhidas mecanicamente.

Duke (1981) relata diversas funções dessa espécie vegetal na medicina popular. O suco das folhas pode ser usado como profilaxia na hidrofobia e contra blenorragia. Além disso, um estrato da planta pode ser utilizado nos tratamentos de epilepsia, de desordens do sistema nervoso, de bronquites, como cicatrizante de feridas, úlceras antigas e hemorróidas. As raízes são usadas no tratamento da hepatite, ferroadas de escorpião e doenças urinárias. A planta também já foi identificada por causar náuseas e vômitos.

Duke (1981) relata uma taxa de semeadura de 20 a 30 kg ha⁻¹. O peso mil sementes é de aproximadamente 20 g.

Duke (1981) cita, ainda, os diversos fungos que podem atacar a espécie, relatando também que essa leguminosa é sensível às ferrugens, lagartas verdes, gafanhotos e outros insetos que se alimentam de folhas e flores, especialmente, quando as plantas são novas. Segundo esse autor, as plantas são atacadas pelo nematóide *Heterodera glycines*. Ventos fortes, tempestades de granizos, encharcamentos e chuvas fortes causam danos a essa planta.

Entre as desvantagens do uso dessa espécie como condicionadora de solo, podem-se citar a sensibilidade ao Al tóxico, o material vegetal muito fibroso, a baixa nodulação e, consequentemente, o baixo acúmulo de N.

INDIGÓFERA HIRSUTA

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Papilionoideae

Tribo: Galegueae

Nome científico:

Indigofera hirsuta L.

Sinônimo: *Indigofera endecaphylla*

Nome comum: Indigófera, anileira, índigo peludo (hairy indigo) ou anileira peluda



Foto: Welminton Fábio Ribeiro

Origem

Considera-se como seu centro de diversidade a África: *I. endecaphylla*, África; *I. hirsuta*, América do Sul, África e Ásia.

Descrição morfológica

Planta anual; com hastes ásperas, eretas ou espalhadas, de 0,6 a 2,3 m de comprimento, tornando-se lenhosa com a idade, com pubescência longa espalhada cinza ou amarronzada; folhas pinadas; estípulas em forma de filetes, curtamente pecioladas; lâminas de 5 a 12,5 cm de comprimento, com 5 a 11 folólios grandes; folólios de 2,5 a 5 cm de comprimento; flores muito pequenas, vermelhas ou rosadas, em racemos axilares densos e longamente pedunculados, excedendo as folhas em comprimento; vagens estreitas, de 1,3 a 2 cm de comprimento, densamente aglomeradas ao longo da haste, amarronzadas e pubescentes, apontando para baixo.

Adaptação da espécie

A indigófera *hirsuta* é uma leguminosa anual, de clima tropical a subtropical, resistindo razoavelmente às geadas leves e à seca da Região Sul (DUKE, 1981). No entanto, em áreas de Cerrado, essa planta não está no grupo das espécies mais tolerantes à seca, e ela deve ser cultivada preferencialmente no período de chuvas.

Duke (1981) relata a adaptação dessa espécie desde regiões com clima ameno temperado e úmido até áreas com clima tropical seco e zonas de florestas úmidas, tolerando precipitações anuais médias entre 870 e 2670 mm e temperaturas anuais médias entre 15,8 a 27,8 °C.

Devido ao seu hábito de crescimento determinado e ao seu porte herbáceo, na Região Sul do Brasil, ela é recomendada principalmente intercalada a culturas perenes (videira, caquizeiro, cítrus). Nessas culturas, pode haver inclusive a necessidade da limpeza em volta das plantas da cultura principal (coroamento), pois os ramos da Indigófera são bastante agressivos.

Na África Oeste, essa espécie é fonte de tinta anil. Duke (1981) relata sua valiosa utilização como cobertura e como planta recuperadora de solo, sendo utilizada, na Flórida, em cultivos de cítrus e em pastagens, consorciada com gramíneas. Esse autor relata também que a espécie pode se tornar uma planta invasora, necessitando inclusive de controle químico.

Quando semeada na estação chuvosa no Cerrado, sua produção foi de 6,3 t ha⁻¹ de matéria seca (CARVALHO et al., 1999a). Quando semeada em associação com milho em áreas de Cerrado, a Indigófera *hirsuta* produziu em torno de 2 t ha⁻¹ de matéria seca, apresentando relativamente pouca competição com a cultura do milho. Devido ao seu porte, ela pode ser indicada para consórcio com culturas perenes.

As quantidades de nutrientes absorvidas pela indigófera *hirsuta* na estação chuvosa foram: 187,7 kg ha⁻¹ de N; 13,9 kg ha⁻¹ de P; 102,7,8 kg ha⁻¹ de K;

95,1 kg ha⁻¹ de Ca; 18,9 kg ha⁻¹ de Mg; 8,8 kg ha⁻¹ de S; 66,8 g ha⁻¹ de Cu; 147,4 g ha⁻¹ de Zn e 148,1 g ha⁻¹ de Mn (CARVALHO et al., 1999a).

Segundo Calegari et al. (1993), essa espécie desenvolve-se bem tanto em solos de textura arenosa como argilosa, tolerando solos ácidos e deficientes em fósforo. Duke (1981) relata, também, que nos EUA a espécie apresenta, comparativamente, baixa exigência quanto ao pH do solo (tolerando pH entre 5,0 e 8,0) e que requer solos moderadamente a bem drenados, não tolerando encharcamento.

Nas áreas de Cerrado observou-se baixa nodulação dessa espécie.

Souto et al. (1992) citam o uso da indigófera hirsuta como forrageira, apresentando boas características para fabricação de feno.

Como planta medicinal, relata-se que, nas Filipinas, era utilizada no tratamento de diarréias e estomatites (DUKE, 1981).

A taxa de semeadura recomendada para essa planta é de 15 a 20 kg ha⁻¹, com espaçamento de 50 cm entre linhas e 40 sementes viáveis por metro quando o objetivo for a cobertura do solo e a adubação verde (CALEGARI et al., 1993; CARVALHO et al., 1999a).

Essa indigófera também não pode ter suas sementes colhidas mecanicamente.

Na Região Sul, a indigófera hirsuta não apresenta problemas com pragas e doenças que comprometam seu desenvolvimento. No entanto, Calegari et al. (1993) não recomendam sua semeadura em locais com problemas de nematóides. Duke (1981) relata que a espécie não é severamente afetada por nenhuma doença ou praga, mas a incidência dos seguintes fungos é relatada: *colletotrichum*, *corticium*, *diplodia*, *oidium*, *rhizoctonia*, *sclerotinium*. Esse autor cita grande resistência aos nematóides, mas relata os seguintes gêneros isolados: *Aphelenchus*, *Heterodera*, *Hoplolaimus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Radopholus*. Duke (1981) cita áreas nos EUA nas quais a anileira peluda exerce antagonismo aos nematóides-de-raízes do gênero *Meloidogyne*.

LABE-LABE

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Papilionoideae

Tribo: Phaseoleae

Nome científico:

Dolichos lablab L.

Sinônimos:

Lablab purpureum L. Sweet; *Lablab vulgaris* Savi

Nome comum: Labe-labe, Poroto-do-egito, poroto-japonês (Argentina)



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

Alguns autores relatam que o Labe-labe é nativo da Índia ou Sudeste da Ásia, outros indicam como centro de diversidade a África. Segundo Burkart (1952), a espécie é originária da África, tendo se expandido para a Índia.

Descrição morfológica

Leguminosa potencialmente perene, mas cultivada como anual ou bianual no Brasil, com hábito de crescimento espessamente ereto e trepadora entrelaçada extremamente variável em todos os aspectos, geralmente, comportando-se como planta perene nos trópicos, persistindo por 2 anos ou mais; hastes entrelaçadas, pilosas ou glabras, normalmente de 2 a 3 m, mas às vezes ocorre formas de até 10 m de comprimento e outras anãs e espessas; folhas pinadas trifoliadas, folíolos muito largos e ovalados, de 7,5 a 15 cm de comprimento e de largura, abruptamente acuminados; flores púrpuras a rosadas ou brancas de 2 a 4 em cada nó em um alongado racemo de até 2,5 cm de comprimento; vagens achatadas ou infladas de 5 a 20 cm de comprimento e de 1 a 5 cm de largura, pubescente ou lisas, retas ou levemente curvas, verdes ou púrpuras; sementes de 0,6 a 6,0 cm de comprimento, achatadas, oblongas com extremidades arredondadas, predominantemente de cor preta, mas de cor branca em variedades com flores brancas (DUKE, 1981).

Adaptação da espécie

O labe-labe é uma leguminosa anual ou bianual, de clima tropical e subtropical, adaptada a cultivo no período de chuva em áreas de Cerrado, pois é sensível ao fotoperíodo e ao deficit hídrico.

Calegari et al. (1993) relatam que existem variedades de dias curtos e outras de dias longos e que, de forma geral, para as condições do Sul, a espécie é razoavelmente tolerante às secas prolongadas adaptando-se melhor a locais cuja temperatura média oscila entre 19 e 24 °C.

Devido ao seu hábito de crescimento rasteiro, é uma leguminosa indicada para intercalar com culturas perenes, não impedindo o uso de máquinas (pulverizadoras, colheitadeiras) e produzindo grandes volumes de fitomassa.

Quando semeado no início da estação chuvosa em áreas de Cerrado, o labe-labe apresenta um ciclo de aproximadamente 156 dias até a floração e de 209 dias até a maturação. Quando semeado em fevereiro, seu ciclo reduz para, aproximadamente, 98 dias até a floração e 154 dias até a maturação, provavelmente devido ao efeito do fotoperíodo (PEREIRA, 1987; PEREIRA, 1991). Carvalho et al. (1999a) citam ciclo de 90 dias até a floração quando semeado no final do período de chuva no Cerrado.

O labe-labe adapta-se aos solos de textura variável (argilosos até arenosos), com melhor desenvolvimento naqueles bem drenados e férteis (CALEGARI et al., 1993). Calegari et al. (1993) relatam que, em solo com fertilidade baixa e pH inferior a 5,5, normalmente o crescimento é mais lento. Todavia, pode-se considerar o labe-labe como uma planta rústica que se adapta aos solos de Cerrado.

A produção média no Cerrado, quando semeado solteiro, em novembro, tem variado de 6,3 a 15,7 t ha⁻¹ em anos agrícolas distintos, mas, quando semeado em fevereiro, sua produção é reduzida e oscila bastante dependendo das condições edafoclimáticas, ficando na faixa de 0,6 a 6,6 t ha⁻¹.

As quantidades de nutrientes absorvidas pelo labe-labe na estação chuvosa foram: 149,7 kg ha⁻¹ de N; 15,3 kg ha⁻¹ de P; 102,9 kg ha⁻¹ de K; 86,9 kg ha⁻¹ de Ca; 21,2 kg ha⁻¹ de Mg; 12,4 kg ha⁻¹ de S; 44,5 g ha⁻¹ de Cu; 226,3 g ha⁻¹ de Zn e 113,2 g ha⁻¹ de Mn (CARVALHO et al., 1999a).

Para a semeadura dessa espécie, deve-se distribuir de 6 a 8 sementes/m ou 30 a 40 kg ha⁻¹. O espaçamento recomendado é de 50 cm entre linhas. O peso de mil sementes é de aproximadamente 330 g (PEREIRA et al., 1992; CALEGARI, 1995; CARVALHO et al., 1999a).

Em relação à inoculação, o labe-labe está entre as leguminosas que apresentam nodulação eficiente com as estirpes de rizóbio nativas no Cerrado, não sendo necessária a inoculação.

Para a produção de sementes, Calegari et al. (1993) recomendam o plantio de 4 a 5 sementes por metro linear, com uma densidade de 15 a 25 kg ha⁻¹ de sementes. Na Região Sul produz-se 500 a 1000 kg ha⁻¹ de sementes.

Calegari et al. (1993) relatam que o labe-labe pode ser utilizado como planta forrageira, embora o excesso de forragem, na fase de florescimento, possa provocar o timpanismo e transmitir um gosto amargo ao leite.

O labe-labe é suscetível ao ataque da vaquinha (*Cerotoma* sp., *Diabrotica speciosa*), não sendo recomendável seu plantio em áreas próximas àquelas cultivadas com feijão.

Deve-se, no entanto, ter cuidado para não se cultivar o labe-labe em áreas infestadas por nematóides, pois ele pode ser um multiplicador deles, sendo essa característica a principal desvantagem do uso dessa espécie no Cerrado.

MILHETO

Taxonomia

Família: Gramineae

Nome científico:

Pennisetum glaucum (L.) R. Brown

Nome comum: milheto

Origem

África.



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Descrição morfológica

Gramínea de alto perfilhamento, sendo os grãos produzidos nas panículas (falsas espiguetas ou inflorescências) que variam em comprimento de 30 cm a quase 200 cm, possuindo variedade de formas como cilíndrica, cônica, lanceolada e globosa. Os grãos apresentam suas formas variando de obovada, elíptica, hexagonal ou globular. O número de grãos por panícula depende do comprimento e da circunferência, bem como da massa dos grãos e, geralmente, oscila entre 500 a 3000 (KUMAR, 1999). O sistema radicular (raiz fasciculada) é profundo e abundante.

Adaptação da espécie

O milheto é uma planta anual, forrageira de verão, de clima tropical, hábito ereto, porte alto, podendo atingir até 5 m de altura. É muito cultivada no sul do País, com seu uso concentrado na pecuária de leite (PITOL, 1999).

No Cerrado, o milheto passou a ser cultivado mais intensamente a partir de 1990, na safrinha (fevereiro a abril), principalmente, depois da cultura de soja e, na primavera (agosto a outubro), como cobertura do solo para plantio direto e outras finalidades (por exemplo, na integração lavoura-pecuária). O milheto também pode ser cultivado como safrinha com o objetivo de pastejo na entrada do inverno e para produção de sementes. Nessa opção (após a cultura de verão) haverá formação de nova cobertura de solo devido ao rebrotamento e à germinação das sementes que caíram no chão. Na primavera, o uso do milheto é mais específico para cobertura de solo no sistema de plantio direto, preenchendo um espaço em que o solo, geralmente, ficaria ocioso e descoberto exposto à degradação (PITOL, 1999).

O milheto tolera bem a seca por causa de seu sistema radicular profundo, que pode atingir até 3,60 m e a sua grande eficiência de transformar água em fitomassa. Possui acentuada capacidade em adaptar-se a diferentes solos como os arenosos, de baixa fertilidade e com elevados níveis de alumínio e baixo pH. Apresenta facilidade para produzir sementes e boa adaptação à mecanização (BONAMIGO, 1999).

O alto conteúdo de K ($33,5 \text{ g kg}^{-1}$) associado a sua elevada produção de matéria seca caracterizam essa espécie como altamente eficiente em reciclar potássio, sendo seu uso recomendado nesse sentido para solos arenosos em que esse elemento é bastante lixiviado (SALTON; KICHEL, 1998).

Os teores e os conteúdos de nitrogênio ($12,8 \text{ g kg}^{-1}$ e 53 kg ha^{-1}) e de fósforo ($0,9 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,7 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente) na parte aérea dessa gramínea são baixos se comparados aos das leguminosas (CARVALHO et al., 1999a).

O milheto contribui para o controle de invasoras, principalmente, pela competição por água, nutrientes e luz e, porque cobre rapidamente o solo. Com base em resultados de ensaios conduzidos em Mato Grosso do Sul, constatou-se que o milheto produziu $5,5$ e $9,9 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca aos 57 e 72 dias após a semeadura, representando $110 \text{ kg ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$ de acúmulo de matéria seca (SALTON et al., 1993).

No Cerrado do Brasil Central, demonstrou-se que a produção de fitomassa de milheto é bastante variável devido aos efeitos de estresse hídrico resultante da má distribuição de chuvas nessa região. A produção de fitomassa seca variou de $3,1$ a $7,3 \text{ t ha}^{-1}$ e de $2,3$ a $8,1 \text{ t ha}^{-1}$ quando em sistemas de produção com semeadura antecipada e em sucessão à soja respectivamente (SPEHAR, 1999). O milheto, cultivado em Latossolo do DF e em sucessão ao milho (semeadura em março), apresentou produção média de $1,6$ e $2,1 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca em dois anos agrícolas consecutivos. Nessa área, o milheto, após o corte efetuado na floração, resultou em elevadas taxas de cobertura de solo (SODRÉ FILHO et al., 2004) em plena seca (agosto) e no início da época chuvosa (outubro). Esse maior tempo de permanência no solo foi devido a sua decomposição menos acelerada, principalmente, por sua elevada razão C/N, de $91,5$ e de $22,2$ para caule e folhas respectivamente. A razão C/P do milheto também o caracterizou como uma espécie com essa proporção elevada (640) (CARVALHO, 2005).

O milheto é uma gramínea forrageira anual de verão, adaptada para produção de silagem, pastejo direto e feno. Apresenta excelente capacidade de rebrotamento e forragem de boa qualidade. Como produtora de grãos poderá

atingir até 5 t ha⁻¹ (SANTOS, 1999). Adapta-se bem ao sistema integração lavoura-pecuária (PITOL et al., 1997).

O milheto já mostrou efeito redutor no controle de nematóides-das-galhas de soja (*Meloidogine javanica*) e de *Meloidogine incognita* (ASMUS; ANDRADE, 1998).

Essa gramínea pode ser semeada em plantio direto, a lanço ou em linhas, sementes/m. Quando semeada em linhas, recomenda-se o espaçamento de 17 a 30 cm, e densidade de semeadura em torno de 15 a 20 kg ha⁻¹. Para semeadura a lanço, que deverá ser acompanhada por um revolvimento superficial do solo com grade aberta, o consumo poderá chegar a 40 ou 50 kg ha⁻¹. O peso de mil sementes é de 6 a 20 g (KUMAR, 1999; SCALÉA, 1999). A sobressemeadura que consiste em distribuir sementes sobre o cultivo da soja ou milho, no início da maturação fisiológica, em geral por avião, também representa uma possibilidade de semeadura. Esse método permite atingir rendimentos elevados de fitomassa, porém, resulta em aumento acentuado de consumo de sementes (SPEHAR, 1999).

Em áreas de Cerrado do Distrito Federal, o milheto apresenta ciclo de aproximadamente 95 dias até a floração quando semeada no final do período de chuva (SODRÉ FILHO et al., 2004).

O manejo do milheto até o porte de 1,20 m pode ser feito com herbicida. Com porte maior, recomenda-se rolo-faca, complementado por herbicida. O intervalo entre a germinação e o manejo varia de 45 a 55 dias (PITOL, 1999). O milheto pode ser colhido mecanicamente.

A principal limitação de uso dessa espécie vegetal (PITOL, 1999) está relacionada à época de manejo da fitomassa que, se não for seguida rigorosamente, poderá promover rebrotamento ou germinação de grãos viáveis. A desuniformidade da floração e da produção de sementes, quando o milheto é semeado após a cultura de verão, pode gerar problemas devido à ressemeadura que poderá resultar em germinação no meio da cultura sucessora (por exemplo, soja).

MUCUNA-PRETA

Taxonomia

Família: Leguminosae

Subfamília: Papilionoideae

Tribo: Phaseoleae

Nome científico:

Estilozobium aerrimum Piper &

Tracy ou *Mucuna aerrima* (Piper & Tracy) Merr.

Nome comum: Mucuna-preta



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

Sudeste da Ásia e difundida em países tropicais.

Descrição morfológica

Leguminosa de ciclo anual superior a 150 dias, robusta, bastante agressiva, hábito de crescimento indeterminado, com ramos trepadores; folhas trifolioladas, com folíolos grandes e membranosos; inflorescências em racemos axilares, com grande quantidade de flores e brácteas caducas; cálice campanulado com 4 lóbulos, corola violácea. Vagem alargada, deiscente após a maturação, pubescente, com 3 a 6 grãos, globosas ou elípticas e comprimidas, exalbúminadas, duras, de coloração preta, com hilo branco (CALEGARI et al., 1993). Raiz pivotante, com raízes secundárias horizontais mais freqüentes na superfície, alcançando comprimento médio de 50 cm, mas com algumas raízes atingindo mais de um metro. Nas plantas em que a raiz pivotante é menor, as laterais desenvolvem-se mais em diâmetro e comprimento (ALVARENGA, 1993). Sua floração e maturação não são uniformes (PEREIRA et al., 1992).

Adaptação da Espécie

Várias espécies do gênero mucuna podem ser utilizadas como adubos verdes, apresentando variações na produção de fitomassa e no comportamento

nutricional. Conseqüentemente, possuem potencial diferenciado no fornecimento de nutrientes ao solo e às culturas semeadas em seqüência ou em associação. As mais recomendadas são mucuna-preta, mucuna-cinza e mucuna conchinchinensis devido à maior produção de fitomassa e ciclagem de nutrientes (AMABILE et al., 1997; CARVALHO et al., 1997). A mucuna-preta é a mais difundida em áreas de Cerrado, possivelmente, pela maior disponibilidade de sementes e uso mais comum nas demais regiões do Brasil.

A mucuna-preta desenvolve-se bem em condições de deficiência hídrica, não possui reação fotoperiódica, suporta temperaturas elevadas, podendo ser cultivada do início até final do período de chuva em áreas de Cerrado. Suporta sombreamento, não tolera encharcamento nem geadas (PEREIRA; KAGE, 1980; PEREIRA et al., 1992; CALEGARI et al., 1993).

Por apresentar baixa ou nula sensibilidade ao fotoperíodo e ao *deficit* hídrico, a mucuna-preta praticamente não tem sua produção de fitomassa reduzida com a mudança da época de semeadura do início para o final da estação chuvosa (PEREIRA; KAGE, 1980; FORNASIERI FILHO et al., 1989; AMABILE et al., 1996). Assim, essa espécie apresenta potencial elevado para sistemas de produção em que a sua semeadura é realizada mais tarde em áreas de Cerrado, como no final da época de chuva.

A mucuna-preta adapta-se muito bem à associação (rotação, sucessão e consórcio) com a cultura comercial (principal). O sistema mais utilizado é o consórcio com o milho seja concomitantemente, seja quando essa cultura já completou seu ciclo vegetativo. Sua incorporação ao solo, nesse sistema, pode corresponder à adubação de 50 kg ha⁻¹ de N (PEREIRA, 1987) a até 200 kg ha⁻¹ de N (SUHET; RITCHIEY, 1987). Uma das limitações ao consórcio é a dificuldade para realizar a semeadura mecanizada nessa associação de cultivos.

Para áreas de Cerrado do Mato Grosso do Sul, recomenda-se também o cultivo da mucuna no sistema safrinha que consiste na semeadura no final do período de verão, de tal forma que a espécie produza suficiente fitomassa antes da ocorrência das baixas temperaturas comuns na região (PITOL, 1993). Nessa

região, também é recomendado o cultivo da mucuna-preta na primavera, com semeadura em agosto e incorporação ou corte antes do cultivo da cultura comercial de verão em outubro (SALTON et al., 1993).

A mucuna-preta desenvolve-se em solos argilosos a arenosos e arejados, tolera acidez e não é exigente em fertilidade do solo (PEREIRA et al., 1992; CALEGARI et al., 1993). Um aspecto muito importante a ser considerado em relação à mucuna-preta é a sua alta capacidade de reciclar fósforo, aumentando a disponibilidade desse nutriente nos solos de Cerrado (LE MARE et al., 1987).

Amabile et al. (1996) verificaram estabilidade de produções de fitomassa em três diferentes épocas de semeadura em áreas de Cerrado de Goiás, sendo que a produção de matéria seca foi de 4,8; 5,3 e 4,5 t ha⁻¹ para as semeaduras em novembro, janeiro e março respectivamente. No ano agrícola seguinte, foram obtidas produções de 3,5 e 4,0 t ha⁻¹ para semeaduras no início e no final do período de chuva (AMABILE et al., 2000). Quando cultivada na entressafra (semeadura no final da época chuvosa), os ensaios mostraram produções de matéria seca que variaram de 6,1 a 8,6 t ha⁻¹ no Cerrado de Goiânia (CARVALHO et al., 1996), e entre 2,2 e 5,6 t ha⁻¹ no Cerrado do Distrito Federal (BURLE et al., 1992). As produções de matéria seca, obtidas quando a mucuna-preta foi semeada no início do período de chuva na região do Distrito Federal, variaram entre 4,9 e 11 t ha⁻¹ (SHARMA et al., 1982; QUINTANA, 1987; BOWEN et al., 1988; CARSKY, 1989). Salton et al. (1993) observaram rendimentos de 4 t ha⁻¹ de matéria seca para a mucuna-preta semeada em 10 de agosto e avaliada aos 120 dias (cultivo de primavera), em áreas de Cerrado do Mato Grosso do Sul. Quando cultivada no sistema de safrinha, nessa região (semeadura no final do verão - até março), a mucuna-preta acumulou 25 a 30 t ha⁻¹ de matéria verde antes da ocorrência das geadas (PITOL, 1993).

A mucuna-preta proporciona cobertura (viva e morta) bastante eficiente ao solo, devido principalmente à quantidade elevada de fitomassa produzida, a sua velocidade de crescimento e a sua decomposição menos acentuada em relação a outras leguminosas. No Cerrado, a razão C/N dessa espécie foi determinada como 16 e a taxa de decomposição média como 59%. A cobertura

do solo avaliada depois do corte das plantas (na floração) variou de 73% a 95%, em medidas realizadas em dois anos consecutivos e cultivos efetuados na estação seca e no início do período de chuva (CARVALHO et al., 1996). A taxa de cobertura verde avaliada por Alvarenga (1993) atingiu 90% a partir dos 40 dias, chegando a 100% aos 60 dias após a emergência.

As quantidades absorvidas de N e P pela mucuna-preta não variam muito com as épocas de semeadura, acompanhando o comportamento da fitomassa (AMABILE et al., 1999). Os teores de potássio, por sua vez, ficaram em média de 8,6 g kg⁻¹ no início e final do período chuvoso e 11,2 g kg⁻¹ na semeadura de fevereiro. Estudos conduzidos em áreas de Cerrado próximas a Goiânia mostraram absorções de nutrientes por essa espécie, quando cultivada na época de chuva, que variaram entre 89 e 233 kg ha⁻¹ de N, 18 e 60 kg ha⁻¹ de P, 40 e 94 kg ha⁻¹ de K. Os teores de Ca e Mg absorvidos foram 70 e 16 kg ha⁻¹ respectivamente (AMABILE et al., 1997, 1999). Em áreas de Cerrado do DF, observou-se que dos 152 kg ha⁻¹ de N absorvido por essa espécie, no período de chuva, 100 kg ha⁻¹ de N, o que corresponde a 66% resultaram da fixação simbiótica. A taxa de fixação biológica de N foi de 0,82 kg ha⁻¹ dia⁻¹ (CARSKY, 1989).

Quando semeada no final do período de chuva em áreas de Cerrado do Distrito Federal, a mucuna-preta acumulou, em sua parte aérea, entre 62 e 130 kg ha⁻¹ de N, em anos agrícolas distintos (BURLE et al., 1992). Possivelmente, a maior parte desse N foi proveniente de camadas inferiores do solo, pois, essa espécie apresenta enraizamento bastante profundo. Cabe ressaltar a importância dessa característica do sistema radicular, quanto à possibilidade de reciclagem de outros nutrientes que, também, são potencialmente lixiviáveis (por exemplo, K e Ca).

A semeadura pode ser efetuada em sulcos, com semeadeira de amendoim e semeadeira/adubadeira de cereais com discos adaptados ou a lança com espalhadeira tipo LELY. Em pequenas áreas, pode-se realizar a semeadura em covas e utilizar matraca ou planet (PEREIRA et al., 1992; CALEGARI, 1995).

A densidade de semeadura está relacionada ao uso e ao manejo (incorporação, cobertura ou produção de sementes) e ao sistema de produção empregado (consórcio ou solteiro). As densidades mais elevadas de 7 a 10 sementes viáveis/m e espaçamentos variando de 40 a 50 cm devem ser recomendados para uso em cobertura e com incorporação. No caso de produção de sementes, deve-se empregar menor densidade de semeadura, com 3 a 4 sementes viáveis/m e espaçamento de 100 cm entre linhas. O tutoramento favorece essa prática de produção de sementes, principalmente, pela menor competição entre plantas e facilidade de colheita, resultando em quantidades e qualidade superiores de sementes. No sistema de consórcio, gastam-se em torno de 30% a menos de sementes (PEREIRA, 1981), enquanto na semeadura a lanço esse gasto é 20% superior. No plantio em covas, recomenda-se 40 cm entre covas, com 2 ou 3 sementes por cova. Essa população de plantas resulta em gasto de 60 a 80 kg ha⁻¹ de sementes, no caso da adubação verde e cobertura de solo e de 15 a 20 kg ha⁻¹ para produção de sementes. O peso de mil sementes varia de 500 a 900 g (PEREIRA et al., 1992; CALEGARI, 1995; AMABILE et al., 2000).

As espécies de mucuna estão, também, entre o grupo de leguminosas que apresenta nodulação eficiente com as estirpes nativas de rizobio e pouca nodulação em solos de primeiro cultivo, recomendando-se, pois, a inoculação (VARGAS et al., 2002).

O manejo deve ser efetuado no início da floração que ocorre a partir de 90 dias. O ciclo completo é superior a 150 dias. Por causa da desuniformidade na germinação e, conseqüentemente, na floração, deve-se evitar a formação de vagens e, em especial, a sua maturação, pois elas podem permanecer no solo e rebrotar, transformando a espécie em uma planta invasora. O manejo da fitomassa pode ser efetuado com o rolo-faca, roçadeira, triton, grade leve fechada ou herbicidas. Feito o corte, o material deve ser deixado na superfície, permanecendo como cobertura para o sistema de plantio direto ou incorporado com o arado de discos durante o preparo de solo para o plantio da cultura comercial. Na incorporação, se a fitomassa for excessiva, recomenda-se o uso de

roçadeira ou grade pesada e, dois a três dias depois, uma aração. A incorporação favorece maior disponibilidade de nutrientes, enquanto o plantio direto proporciona maior proteção ao solo (PEREIRA et al., 1992; CALEGARI, 1995; AMABILE et al., 1996; CARVALHO et al., 1999a; ALCÂNTARA et al., 2000).

As vagens devem ser colhidas manualmente quando estiverem secas e trilhadas mecanicamente (PEREIRA et al., 1992; CALEGARI et al., 1993).

Além de utilizada como adubo verde e cobertura de solo, Calegari (1995) relata que ela pode ser empregada na alimentação animal como forragem (solteira ou consorciada com milho, milheto e sorgo), em pastejo direto e na forma de silagem ou feno, além dos grãos triturados. No entanto, alguns autores citam o caráter tóxico das sementes (SOUTO et al., 1992).

As principais vantagens dessa espécie são: a rápida e eficiente cobertura de solo, a rusticidade no período da seca em áreas de Cerrado, o controle de invasoras, de pragas, doenças e nematóides, além da ciclagem de nutrientes. Em relação ao controle de nematóides, deve-se considerar que a mucuna-preta é eficiente em controlar a espécie de *Meloidogyne javanica* que é a mais freqüente nessa região.

No entanto, a mucuna-preta pode multiplicar a população do *M. incognita*, espécie que comumente incide em regiões mais áridas (no Nordeste brasileiro)¹. Uma das principais limitações é a suscetibilidade à cercosporiose e às viroses. O tegumento duro e impermeável das sementes também constitui problema, à medida que reduz a porcentagem e promove a não-uniformidade de germinação, deslocando-a para períodos inadequados e podendo tornar essa espécie uma invasora. Para superar essa dormência, deve-se efetuar a escarificação das sementes pela imersão em água em ebullição por 30 segundos (CARVALHO et al., 1999a).

Em relação à mucuna-cinza e à mucuna conchinchinensis serão abordados os aspectos que as diferenciam da mucuna-preta.

¹ Comunicação pessoal do Dr. João Pereira da Embrapa Negócios Tecnológico aos autores em 2000.

MUCUNA-CINZA

Taxonomia

Nome científico:

Estilozobium pruriens Pers. ou
Mucuna pruriens DC.

Nome comum: Mucuna-cinza,
mucuna-fosqueada,
poroto aterciopelado leon
ou poroto leon (Argentina) (CALEGARI et al., 1993).



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

Filipinas

Descrição morfológica

Leguminosa trepadeira, folhas compostas de 3 folíolos ovais, pilosos; inflorescência e racemos longos (50 cm ou mais) e pendentes com flores brancas; vagem grossa e grande, com linhas proeminentes e muitos pêlos urticantes, contendo poucas sementes oblongas, grandes, de testa muito dura, de cor cinza (CORRÊA, 1984; CALEGARI, 1995).

Adaptação da espécie

No Cerrado do Brasil Central em ensaios visando comparar diferentes espécies de mucuna semeadas no início do período de chuva, observou-se que a mucuna-cinza não diferiu da mucuna-preta em relação à produção de fitomassa, apresentando produções de matéria seca que oscilaram entre 6 e 12 t ha⁻¹, em anos agrícolas diferentes (AMABILE et al., 1997).

A mucuna-cinza também se adapta ao sistema de cultivo na entressafra nessa região (período da seca). Em cultivo da entressafra realizado em áreas de Cerrado do Distrito Federal, a mucuna-cinza produziu 20 t ha⁻¹ de matéria verde e 3,4 t ha⁻¹ de matéria seca (CARVALHO et al., 1999b).

Nas condições relacionadas anteriormente (CARVALHO et al., 1999b), a mucuna-cinza apresentou teor de 27 g N kg⁻¹ na sua parte aérea, o que corresponde a 92 kg ha⁻¹ de nitrogênio absorvido.

Quanto à quantidade de nutrientes armazenada na parte aérea, Amabile et al. (1997) mostraram absorção menor da mucuna-cinza em relação à mucuna-preta para P, com 13,9 e 18,2 kg ha⁻¹ de fósforo absorvido respectivamente.

Essa espécie também apresenta acentuada capacidade de manter o solo coberto, destacando como cobertura durante a estação seca e início do período chuvoso do Cerrado do DF (CARVALHO et al., 1999a). A velocidade de decomposição do material vegetal dessa leguminosa é menor em relação a outras espécies como o feijão-bravo-do-ceará, porém, é comparável à dos resíduos vegetais de guandu. Carvalho (2005) mostrou que os resíduos vegetais de mucuna-cinza necessitam de 175 e 145 dias para sua completa reciclagem, com e sem incorporação no solo, respectivamente, aproximando-se do tempo necessário gasto para reciclar o material vegetal de guandu (196 e 154 dias, com e sem incorporação no solo) e de milheto (172 e 132 dias, com e sem incorporação no solo). Apesar da razão C/N relativamente baixa, seu material vegetal é constituído predominantemente de compostos de carbono dos grupos aromáticos e alquilas cujas cadeias são mais recalcitrantes e difíceis de serem quebradas (CARVALHO, 2005). Essa característica associada à elevada produção de fitomassa e à alta velocidade de crescimento confere um potencial de uso para cobertura de solo no Cerrado a essa leguminosa (SODRÉ FILHO et al., 2004).

A mucuna-cinza apresenta peso de mil sementes variando de 900 a 1110 g. O peso de suas sementes é mais elevado do que o da mucuna-preta, resultando em gastos de quantidades maiores de sementes. A produtividade média de sementes, segundo Calegari (1995) é de 1000 a 1500 kg ha⁻¹. Carvalho et al. (1999a) constataram rendimentos de 2500 kg ha⁻¹ de grãos dessa espécie no Cerrado do DF.

Observa-se que, em áreas de Cerrado, em relação à mucuna-preta, a mucuna-cinza apresenta-se menos suscetível à cercosporiose, doença que normalmente aparece no final do ciclo dessas espécies vegetais.

MUCUNA CONCHINCHINENSIS

Taxonomia

Nome científico:

Mucuna urens DC ou

Stilozobium urens Pers

Nome comum:

Mucuna conchinchinensis



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Descrição morfológica

Leguminosa trepadeira alta e agressiva, folhas compostas de 3 folíolos oval-oblongos curtos acuminados, membranáceos, seríceos na página inferior; flores grandes arroxeadas, dispostas em racemos umbeliformes, longo-pedunculado, fruto grande e grosso contendo poucas sementes, grandes, de testa muito dura. É planta venenosa. As vagens são cobertas por uma pilosidade cor de ferro que produz irritação e coceira sobre a pele semelhante às queimaduras (CORRÊA, 1984).

Adaptação da Espécie

A mucuna conchinchinensis apresenta ciclo mais longo em relação às demais espécies de mucuna. Para semeadura no início do período de chuva no Cerrado, observa-se média de 145 dias até a floração. Esse comportamento pode representar uma vantagem da espécie, considerando que ela permanecerá durante mais tempo como cobertura verde. Tal aspecto tem importância, principalmente, quando se considera seu uso como cobertura de solo na entressafra e no sistema de plantio direto.

Em áreas de Cerrado do Distrito Federal a mucuna conchinchinensis produziu entre 7,2 e 12,6 t ha⁻¹ de matéria seca, à semelhança da mucuna-preta e da mucuna-cinza (AMABILE et al., 1997).

Essa espécie de mucuna também representa excelente opção de cobertura do solo, considerando sua elevada produção de fitomassa e seu ciclo vegetativo mais longo.

Quanto à ciclagem de nutrientes Amabile et al. (1997) observaram que essa espécie absorveu teores de P mais elevados ($19,3 \text{ kg ha}^{-1}$) do que a mucuna-cinza e teores de Mg ($16,6 \text{ kg ha}^{-1}$) similares aos da mucuna-preta. Na Região Norte (Amazônia), essa espécie produziu 6 t ha^{-1} de matéria seca e acumulou 188 kg ha^{-1} de N (BURLE et al., 1992).

O peso das sementes dessa espécie se assemelha ao da mucuna-cinza, com peso de mil sementes entre 900 e 1110 g.

MUCUNA-ANÃ

Taxonomia

Nome Científico:

Mucuna deeringiana ou
Stilozobium deeringianum

Nome comum:

Mucuna-anã



Fotos: Arminida Moreira de Carvalho

Descrição morfológica

Leguminosa anual, herbácea ereta, com hábito de crescimento determinado; folhas trifolioladas, com folíolos grandes e membranosos; inflorescência em racemos, composta de inúmeras flores de coloração violácea que originarão cachos com vagens junto ao ramo inserido no solo, vagens de 5 a 8 cm de comprimento, com pubescência preta; sementes arredondadas de coloração rajada (mosqueada), pintalgadas de marron-preta sobre fundo branco, com hilo branco pouco saliente. As vagens e os tegumentos são mais macios e permeáveis do que as mucunas cinza e preta (CALEGARI, 1995).

Adaptação da Espécie

Possui hábito de crescimento determinado sem emitir talos longos. Apresenta ciclo mais curto e menor produção de fitomassa em relação às

demais espécies de mucuna. Para semeadura no final da estação chuvosa no Cerrado, observa-se média de 60 dias até a floração, enquanto a mucuna-preta floresce depois de 90 dias da emergência (CARVALHO et al., 1999).

Em área de Cerrado do Distrito Federal, a mucuna-anã apresentou a menor produção de fitomassa, entre os genótipos de mucuna avaliados, variando de 1,1 a 2,5 t ha⁻¹ de matéria seca em cultivo da estação chuvosa (AMABILE et al., 1997).

Assim, o menor rendimento de fitomassa em relação às demais espécies de mucuna e seu hábito de crescimento determinado permitem que a mucuna-anã seja intercalada em culturas perenes. Essa leguminosa necessita para seu estabelecimento de solos mais férteis do que a mucuna-preta e mucuna-cinza, porém, desenvolve-se em condições de baixa fertilidade (CALEGARI, 1995).

A densidade de semeadura recomendada para a mucuna-anã é de 8 sementes por metro linear em espaçamento de 50 cm. O peso de mil sementes é de 600 g, e o rendimento médio de grãos no Cerrado é de 2,2 t ha⁻¹. O manejo deve ser realizado na floração, entre 60 e 100 dias após emergência, o que depende da época de semeadura (CALEGARI, 1995; CARVALHO et al., 1999).

NABO-FORRAGEIRO

Taxonomia

Família: Cruciferae

Nome científico:

Raphanus sativus L.

var. *oleiferus* Metzg.

Nome comum: Nabo-forrageiro



Foto: Welmiton Fábio Ribeiro

Origem

Ásia

Descrição morfológica

Planta herbácea, ereta, muito ramificada, medindo de 100 a 180 cm; as folhas são alternas, as basais profundamente pinapartidas, de 12 a 15 cm de comprimento, com um longo lobo terminal e as superiores são caulinares alternas, liradas, com lobos arredondados; inflorescências terminais, em racemos longos, com flores predominantemente brancas, às vezes roxas ou brancas com matizes roxos ou lilases. Frutos em siliquas indeiscentes, de 3 a 5 cm de comprimento, de 2 a 10 sementes de coloração marrom-clara até avermelhada; a raiz é pivotante profunda, às vezes, tuberosa (CALEGARI et al., 1993).

Adaptação da espécie

O nabo-forrageiro é uma planta crucífera anual, cultivada no período de inverno, difundida principalmente na Região Sul do País.

No Estado de Mato Grosso do Sul, é cultivado, também, no período de inverno e, nessa região, recomenda-se a semeadura a partir de abril.

O crescimento inicial dessa espécie é rápido, podendo ser classificado como planta com capacidade de controlar invasoras. O nabo-forrageiro parece ter efeitos alelopáticos, pois mesmo com baixa produção de fitomassa exerce bom controle de invasoras, conforme foi verificado no Cerrado do Brasil Central.

O nabo-forrageiro apresentou, em áreas de Cerrado de Goiânia, ciclo de aproximadamente 45 dias até o florescimento seja em semeadura na fase inicial, seja na fase final do período de chuva (CARVALHO et al., 1999a).

Segundo Pitol (1993), o nabo-forrageiro é uma planta rústica para as áreas de Cerrado do Mato Grosso do Sul, adaptando a solos de baixa fertilidade dessa região, entretanto, em condições de boa fertilidade produz maior quantidade de fitomassa e de grãos. O mesmo não pode ser dito para as demais áreas de Cerrado (Distrito Federal, Goiás, Bahia) nas quais essa planta não se classifica como rústica, ao ser comparada a outras espécies condicionadoras de solo.

Em Mato Grosso do Sul, a sua produção de matéria seca está em torno de 4 t ha⁻¹ (PITOL, 1993), enquanto na Região Sul do País, sua produção pode ser um pouco maior (4,7 t ha⁻¹) (DERPSCH et al., 1985).

O nabo-forrageiro é uma planta eficiente na ciclagem de nutrientes. Em ensaios conduzidos no Paraná, Heinzmann (1985) observou que essa planta acumulou altos teores de N na parte aérea, quando comparado a outras espécies, inclusive, leguminosas e obteve excelente efeito na produção de culturas sucessivas de verão (milho, feijão e soja). Em áreas de Cerrado do DF, tem sido observado comportamento semelhante do nabo-forrageiro em relação ao elevado acúmulo de nutrientes da parte aérea. Carvalho et al. (1999a) observaram as seguintes quantidades de nutrientes absorvidas por essa espécie vegetal no período chuvoso: 273 kg ha⁻¹ de N; 29,2 kg ha⁻¹ de P; 276 kg ha⁻¹ de K; 111 kg ha⁻¹ de Ca; 38,7 kg ha⁻¹ de Mg; 40,9 kg ha⁻¹ de S; 40,3 g ha⁻¹ de Cu; 334,3 g ha⁻¹ de Zn e 197,8 g ha⁻¹ de Mn. Para o cultivo na estação seca, o teor de nitrogênio, na parte aérea, foi de 25 g kg⁻¹, correspondendo a 28 kg ha⁻¹ (CARVALHO et al., 1999b).

Segundo Calegari et al. (1993), na Região Sul, a cultura pode ser estabelecida usando preparo convencional de solo, preparo mínimo, com uso de escarificador ou plantio direto. A semeadura pode ser feita a lanço ou em linhas, com profundidade de 3 a 4 cm. Quando em linhas, Pitol (1993) sugere, para Mato Grosso do Sul, o espaçamento de 20 a 30 cm e densidade de semeadura de 40 a 50 sementes por metro linear (15 a 20 kg ha⁻¹). Menor densidade de semeadura incrementa a produção de grãos, enquanto maior densidade (espaçamento de 20 cm entre linhas) favorece a maior produção de fitomassa. O peso de mil sementes é, em média, 11 g, variando de 5 a 14 g.

Na Região Sul, segundo Calegari et al. (1993), temperaturas relativamente baixas favorecem a floração abundante e, consequentemente, o rendimento de sementes.

O manejo da biomassa em plantio direto pode ser realizado com roçadeira, herbicida e ou rolo-faca. Em plantio convencional, é recomendada,

inicialmente, uma gradagem para baixar a fitomassa, seguindo as operações de revolvimento do solo que se fizerem necessárias. Como no caso do feijão-bravodo-ceará e das mucunas, devem-se tomar os devidos cuidados ao manejá-la essa espécie para que ela não se torne planta invasora.

Segundo Calegari et al. (1993) o cultivo desse adubo verde não requer tratos culturais e não foram observados problemas com pragas e doenças. A cultura pode ser usada como forragem, exceto as sementes.

Para a produção de sementes em Mato Grosso do Sul, a melhor época de semeadura é o mês de maio, quando a cultura apresentará menor desenvolvimento vegetativo e maior uniformidade de maturação. O espaçamento deve ser de 40 cm ou mais entre linhas, pois elevadas densidades de semeadura podem causar acamamento. Um cuidado especial deve ser tomado para se evitar comprometimento da pureza varietal devido à alta taxa de fecundação cruzada dessa espécie. Os campos de produção de sementes devem ser isentos de nabiça (*Raphanus raphanistrum*) e outras crucíferas (nabo comestível, rabanete). É comum a utilização do corte de faixas (larguras em torno de 5 m) que circundam os campos de produção de sementes, a fim de se evitar o comprometimento da pureza varietal (PITOL, 1993).

As principais vantagens dessa espécie referem-se ao controle de plantas invasoras e à possibilidade de reciclar nutrientes.

As principais limitações do nabo-forrageiro, no Cerrado da Região Centro-Oeste, são a elevada exigência em fertilidade do solo e a não-associação com os fungos micorrízicos. A ausência de micorriza arbuscular representa uma limitação para seu uso em rotação com milho, pois essa cultura tem forte dependência micorrízica para absorção de nutrientes, como o fósforo (MIRANDA et al., 2001). No plantio direto, em que o fertilizante encontra-se bastante localizado, a associação com os fungos micorrízicos é fundamental para absorção de nutrientes de baixa mobilidade no solo, como o P e o Zn.

TREMOÇOS

Taxonomia

Família: Leguminosae

subfamília: Papilionoideae

Tribo: Genisteae

Nome científico: *Lupinus* sp.: *Lupinus albus* L. (tremoço branco), *Lupinus angustifolius* (tremoço-azul), *Lupinus luteus* L. (tremoço-amarelo)

Nome comum: Tremoço, lupino (espanhol)

Origem

As espécies mais utilizadas são encontradas na região do Mar Mediterrâneo. Outras espécies silvestres são encontradas no norte da África, Península Ibérica, Grécia, regiões andinas.

No Brasil existem muitas espécies silvestres entre as quais *Lupinus lanatus*, *Lupinus multiflorus*, *Lupinus linearis*, *Lupinus hilarianus*.

Descrição morfológica

Plantas herbáceas de crescimento ereto. Normalmente, apresentam folhas digitadas, de três a dez folólos; inflorescências em racemos multiflores terminais, flores hermafroditas bilabiadas, com dez estames; frutos em forma de vagem contendo de duas a sete sementes ovais. Os tremoços apresentam sistema radicular bastante desenvolvido, com a raiz pivotante podendo alcançar profundidades superiores a 2 m (CALEGARI et al., 1993).

Adaptação da espécie

O tremoço é uma leguminosa de inverno, cultivada principalmente na Região Sul do País. Existem três espécies cultivadas nessa região: *Lupinus albus* L. (tremoço-branco), *L. angustifolius* L. (tremoço-azul) e *L. luteus* L. (tremoço-amarelo).

Calegari et al. (1993) relatam antigas referências em relação ao cultivo do tremoço, por gregos e romanos, visando à adubação verde e à melhoria das propriedades físicas dos solos.

De forma geral, o crescimento dos tremoços é lento, podendo ocorrer infestação com plantas invasoras. Relata-se, também, que os tremoços necessitam de adequada condição de umidade na fase de germinação e de reprodução.

Pereira e Silva (1985) conduziram ensaios de competição de tremoços em áreas de Cerrado do Distrito Federal, com duas variedades de *Lupinus albus* L. (uma variedade denominada “branco” e uma variedade denominada “doce”), uma variedade de *Lupinus luteus* (amargo; tremoço-amarelo) e uma variedade *L. angustifolius* L. (azul), em dois solos da região. As espécies foram semeadas em julho, e as variedades de *L. albus* (“branco” e “doce”) e de *L. luteus* floresceram entre os 70 e 80 dias. A espécie *L angustifolius* apresentou ciclo até o florescimento bem mais longo de aproximadamente 120 dias.

Neste estudo, observou-se que o *L. albus* (branco) se destacou, produzindo 3,6 e 12,9 t ha⁻¹ de matéria seca no Latossolo Vermelho e no solo orgânico respectivamente. A variedade “doce” de *L. albus* produziu entre 1,8 e 2,6 t ha⁻¹ de matéria seca no Latossolo Vermelho e no solo orgânico respectivamente. O *Lupinus luteus* (amarelo) produziu 1,3 e 3,6 t ha⁻¹ de matéria seca nesses dois tipos de solos respectivamente. Já o *Lupinus angustifolius* (azul) acumulou 3,8 e 12,7 t ha⁻¹ de matéria seca nesses dois solos respectivamente, mas apresentou ciclo mais longo e um severo ataque de doenças ao final do seu ciclo que já coincidiu com a estação chuvosa. Ao final desse ensaio, Pereira e Silva (1985) concluíram que os tremoços podem ser uma opção como adubo verde de inverno no Cerrado, principalmente, para as áreas mais altas e, portanto, mais frias dessa região.

Segundo Pitol (1993) que desenvolveu estudos em áreas de Cerrado de Mato Grosso do Sul, o tremoço-branco é a espécie que mais se adapta a essa região. Esse autor relata a opção de cultivo de tremoço-branco associado com

aveia durante o período de inverno em Mato Grosso do Sul, semeados na proporção de 30 kg ha⁻¹ de sementes de aveia e 80 kg ha⁻¹ de sementes de tremoço. Nessas condições, as culturas de cobertura chegaram a cumular até 5,3 t ha⁻¹ de matéria seca nessa região.

Pereira e Silva (1985) observaram, ainda, que os tremoços produziram as seguintes quantidades de grãos, nos solos Latossolo Vermelho e orgânico de várzea, respectivamente: *L. albus* variedade doce: 239 e 1095 kg ha⁻¹; *L. albus* variedade branco 84 e 119 kg ha⁻¹; *L. luteus* (amarelo) 452 e 514 kg ha⁻¹. O *L. angustifolius* (azul) não chegou a produzir grãos, devido ao intenso ataque de doenças.

Segundo Calegari et al. (1993) o tremoço-azul comporta-se melhor em regiões mais frias, não sendo, portanto, indicado para o Cerrado. O tremoço-amarelo apresenta bom comportamento em solos ácidos e de baixa fertilidade, tolerando altos níveis de Al. Segundo esses autores, no Brasil, essa espécie pode ser cultivada desde o Rio Grande do Sul até São Paulo, abrangendo, portanto, a parte sul de áreas de Cerrado.

De forma geral, os tremoços apresentam elevada capacidade de fixar N e também de reciclar nutrientes, com efeitos positivos significativos em culturas sucessivas principalmente milho e feijão (DERPSCH et al., 1985; HEINZMANN, 1985).

Segundo Calegari et al. (1993), a semeadura dos tremoços pode ser feita a lanço, em linhas ou até com matraca. A profundidade de semeadura deve ser em torno de 3 a 5 cm. Pereira e Silva (1985) recomendam semeadura em linhas espaçadas de 60 cm, com 20 sementes viáveis por metro linear e uma taxa de semeadura em torno de 14 kg ha⁻¹.

As espécies de tremoço (*Lupinus* sp.) também estão entre o grupo de leguminosas que apresenta nodulação eficiente com as estirpes nativas de rizóbio no Cerrado e pouca nodulação em solos de primeiro cultivo, razão pela qual se recomenda sua inoculação nessa condição (VARGAS et al., 2002). Pereira e Silva (1985) observaram que, entre as variedades testadas em áreas de Cerrado

do Distrito Federal, em ensaio já mencionado, apenas a variedade *L. angustifolius* (azul) não nodulou na ausência de inoculação.

Entre as principais limitações do tremoço, estão as questões fitossanitárias. Diversas doenças atacam essa cultura, tais como a antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*; *Glomerula cingulata*), mancha-marrom (*Pleiochaeta setosa*), *Sclerotinia spp.*, transmitidas pelas sementes e restos culturais. Podem ocorrer, também, a podridão-radicular causada por *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* e *Verticillium spp.*, murcha por *Fusarium oxysporum*, o mofo-pardo por *Botrytis cinera* e *Phomopsis sp.* e, eventualmente, viroses. São relatadas, ainda, diversas pragas que podem acometer os tremoços, entre elas a *Volatica pachytaeniella*, *Delia platura*, *Epinotia aporema*, *Elasmopalpus lignosellus*, *Diabrotica speciosa*, *Peridroma saucia*.

No entanto, deve-se ressaltar que, apesar de alguns autores citarem essa vasta diversidade de doenças que podem incidir sobre os tremoços, Pereira e Silva (1985) mencionaram que as variedades de tremoço, cultivadas durante o período da seca em áreas de Cerrado do Distrito Federal, não apresentaram ataque de doenças, à exceção do tremoço-azul. Esses autores argumentam que o tremoço-azul sofreu intenso ataque de doenças apenas no início do período chuvoso (ciclo mais longo dessa variedade).

Devido a questões fitossanitárias, Pitol (1993) recomenda que o cultivo do tremoço seja feito em consórcio com aveia e sempre precedendo culturas de verão com gramíneas.

As variedades de tremoço podem ser doces ou amargas, conforme os teores de alcalóides (lupinina, luponina, oxilupanina, esparteína e lupinotoxina). As variedades são classificadas como doces quando apresentam conteúdo menor que 0,05% de alcalóides e como amargas quando apresentam teores superiores a esses valores.

As variedades amargas são as mais difundidas para a adubação verde e para produção de grãos quando se trata de alimentação humana ou animal. No entanto, para o uso dos grãos de variedades amargas para alimentação, eles

devem sofrer várias imersões em água, a fim de extrair os alcalóides. As variedades doces podem ser largamente utilizadas na alimentação animal, inclusive, como forrageiras.

Para a produção de sementes em Mato Grosso do Sul, recomenda-se o tratamento das sementes com fungicida, espaçamento de 40 cm entre linhas, de 12 a 15 sementes por metro linear (130 a 150 kg ha⁻¹ de sementes).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K. Phosphorus uptake mechanism of pigeonpea grow in Alfisols and Vertisols. In: JOHANSEN, C.; LEE, K.; SAHRAWAT, K. L. (Ed.). **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi arid tropics**. Patancheru: ICRISAT, 1991. p. 91-98.

AKINOLA, J. O.; WHITEMAN, P. C. Agronomic studies on pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millps.). I. Field responses to sowing time. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 26, p. 43-56, 1975.

ALCÂNTARA, F. A. de; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

ALVARENGA, R. C. **Potencialidade de adubos verdes para conservação e recuperação de solos**. 1993. 112 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AMABILE, R. F. **Coleção de espécies vegetais para cobertura e conservação dos solos sob vegetação de Cerrado**: projeto de pesquisa. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1993. 4 p.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de; DUARTE, J. B.; FANCELLI, A. L. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos Cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, 1996.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de; PEREIRA, J.; GOMES, A. C. Produção de fitomassa e exportação de nutrientes pela parte aérea e genótipos de mucuna. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÉNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **[Anais]**. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 837-845, 1999.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 47-54, 2000.

ASMUS, G. L.; ANDRADE, P. J. M. **Reprodução de nematóide de galhas em plantas forrageiras utilizadas em sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. 5 p. (Embrapa-CPAO. Comunicado Técnico, 28).

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PILION, C. N.; SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, n. 5, p. 1473-1478, 2001.

BONAMIGO, L. A. A cultura do milho no Brasil, implantação e desenvolvimento no Cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. p. 69-73.

BOWEN, W. T.; QUINTANA, J. O.; PEREIRA, J.; BOULDIN, D. R.; REID, W. S.; LATHWELL, D. J. Screening legume green manures as nitrogen sources to succeeding non-legume crops. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 111, p. 309-316, 1988.

BOX, J. M. M. **Leguminosas de grano**. Barcelona: Salvati, 1961. 523 p.

BURKART, A. **Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas**. Buenos Aires: Acme Agency Soc., 1952. 569 p.

BURLE, M. L.; SUHET, A. R.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S. Adubação verde no período da seca nos Cerrados: efeito na cultura do milho. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1987/90**, Planaltina, DF, p. 101-105, 1994.

BURLE, M. L.; SUHET, A. R.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S.; PERES, J. R. R.; CRAVO, M. S.; BOWEN, W.; BOULDIN, D. R.; LATHWELL, D. J. **Legume green manures:** dry-season survival and the effect on succeeding maize crops. Raleigh: Tim McBride, 1992. 35 p. (Bulletin, 92-04).

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (IAPAR. Circular, 80).

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubos verde. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 206-319.

CARSKY, R. J. **Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent maize crops using a buried bag technique**. 1989. 257 p. Thesis (Ph.D.) - Cornell University, Ithaca.

CARVALHO, A. M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo:** composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília.

CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. da. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1999a. 28 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 4).

CARVALHO, A. M. de; CARNEIRO, R. G.; AMABILE, R. F.; SPERA, S. T.; DAMASO, F. H. M. **Adubos verdes:** efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1999b. 20 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de pesquisa, 7).

CARVALHO, A. M. de; CORREIA, J. R.; BLANCANEUX, P.; FREITAS, L. R. S. da; MENEZES, H. A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R. F. Caracterização de espécies de adubos verdes para milho em Latossolo Vermelho-Escuro originalmente sob cerrado. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Embrapa-CPAC, 1996. p. 384-388.

CARVALHO, A. M. de; PEREIRA, J.; AMABILE, R. F.; GOMES, A. C. Teores de N, P, Ca, Mg na parte aérea de espécies de mucuna na região do Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Informação, globalização, uso do solo:** Anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

CARVALHO, A. M. de; SODRÉ FILHO, J. Decomposição de adubos verdes e efeitos no rendimento do milho em sistemas com preparo e sem preparo do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria, RS. **FertBio 2000:** [Resumos Expandidos]. [S.l.:s.n.], 2000a. CD-ROM.

CARVALHO, A. M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2000b. 20 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 11).

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional: Ministério da Agricultura: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1926-1978. 6 v.

DALAL, R. C. Nutrient element concentration and dry matter production by filed grow pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). **Tropical Agriculture**, Guildford, v. 57, n. 2, p. 107-112, 1980.

DALAL, R. C.; QUILT, P. Effects of N, P, liming, and Mo on nutrition and grain yield of pigeonpea. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, p. 854-857, 1977.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

DHINGRA, K. K.; SINGH, S.; TRIPATHI, H. P. Phenological behavior and yield of pigeonpea genotypes under different dates of planting and tow spacings. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PIGEONPEAS, 1981, Patancheru. **Proceedings...** Patancheru: ICRISAT, 1981. v. 2, p. 229-234.

DUKE, J. A. **Handbook of legumes of world economic importance.** New York: Plenum Press, 1981. 345 p.

EDWARDS, D. G. Development of research on pigeonpea nutrition. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PIGEONPEAS, 1980, Patancheru. **Proceedings...** Andhra Pradesh: ICRISAT, 1981. p. 205-211.

FORNASIERI FILHO, D.; VIEIRA, R. D.; BELLINGEIER, P. A.; FORNASIERI, J. L. Comportamento de algumas leguminosas em distintas épocas de semeadura. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 46, p. 257-274, 1989.

FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil.** Campinas, 1984. 363 p.

GOMES, R. P. **Forragens fartas na seca.** 4. ed. São Paulo: Nobel, 1977. 236 p.

GONÇALVES, L. C.; ARONOVICH, S.; BORGES, I.; ALMEIDA, O. C. Produção do guandu como fonte de forragem para o período seco no Triângulo Mineiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20., 1983, Pelotas. **Anais...** Pelotas: SBZ, 1983. p. 416.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.

JOHANSEN, C. Pigeonpea: mineral nutrition. In: NENE, Y. L.; HALL, S. D.; SHEILA, V. K. (Ed.). **The pigeonpea**. Wallingford: CAB International, 1990. p. 209-231.

KUMAR, A. O milheto como cultura granífera para ração. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. p. 113-130.

LE MARE, P. H.; PEREIRA, J.; GOEDERT, W. J. Effects of green manure in isotopically exchangeable phosphate is a Dark-red Latosol in Brazil. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 38, p. 199-209, 1987.

LINNAEUS, C. **Flora Zeylanica**. Holmiae, 354, 1747.

LINNAEUS, C. **Hortus Cliffortianus**. Amstelaedami, 354, 1737.

LINNAEUS, C. **Hortus Upsaliensis**. Stockolmiaea, 211, 1748.

MAFFIA, L. M.; EPSTEIN, M.; GOMES, J. C. Caracterização nutricional do isolado protéico do feijão-bravo. **Arq. Biol.**, v. 31, n. 4, p. 495-505, nov. 1988.

MINJAS, A. N. The taxonomy of *Crotalaria ochroleuca*. In: WRITERS' WORKSHOP ON THE ROLE OF MAREJEA (*CROTALARIA OCHROLEUCA*) IN AGRICULTURAL PRODUCTION IN TANZANIA, 1986, Paramiho. **Proceedings...** Paramiho: Benedictine Public. Ndanda Peramiho, 1987. p. 13-22.

MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA, L. N. de; VILELA, L.; VARGAS, M. A.; CARVALHO, A. M. de. **Manejo da micorriza arbuscular por meio de rotação de culturas nos sistemas agrícolas do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2001. 3 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 42).

MITIDIERI, J. **Manual de gramínea e leguminosas para pastos tropicais**. São Paulo: Nobel: EDUSP, 1983. 198 p.

MORTON, J. P. The pigeonpea (*Cajanus cajan* Millsp.), a high protein, tropical bush legume. **HortScience**, Alexandria, v. 11, n. 1, p. 11-19, 1976.

PANDEY, R. K. Growth, development and yield physiology of pigeonpea. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PIGEONPEAS, 1981, Patancheru. **Proceedings...** Patancheru: ICRISAT, 1981. v. 2, p. 203-208.

PEREIRA, J. Avaliação das características agronômicas de leguminosas adubos verdes nos Cerrado. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1985/1987**, Planaltina, DF, p. 111-112, 1991.

PEREIRA, J. Avaliação das características agronômicas de leguminosas adubos verdes nos Cerrados **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1982/1985**, Planaltina, DF, p. 194-197, 1987.

PEREIRA, J. **O feijão guandu:** uma opção para a agropecuária brasileira. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1985. 5 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 20).

PEREIRA, J. **Mucuna preta em solos de cerrados.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1981. 4 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 15).

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO, 1992, Goiânia, GO. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

PEREIRA, J.; KAGE, H. Manejo da matéria orgânica em solos de Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília, DF. **Cerrado:** uso e manejo. Brasília: Editerra, 1980. p. 581-591.

PEREIRA, J.; LOBATO, E. Efeito de adubo verde, restos culturais e associação de cultivos em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) de Cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1985/1987**, Planaltina, DF, p. 109-110, 1991.

PEREIRA, J.; SHARMA, R. D. Avaliação das características agronômicas de leguminosas “adubos verdes”. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil.** Campinas, 1984. p. 322-325.

PEREIRA, J.; SILVA, M. A. da S. **Cultivo do tremoço nos Cerrados:** observações preliminares. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1985. 5 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 43).

PITOL, C. **A cultura da aveia e sua importância para o MS.** Maracaju: COTRIJUÍ, 1986. 35 p. (Boletim Técnico, 1).

PITOL, C. **Espécies vegetais para safrinha e inverno visando cobertura do solo.** Maracaju: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 1993. 6 p. (Informativo Técnico, 2).

PITOL, C. O milheto em sistemas de plantio direto. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999. Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrdos, 1999. p. 69-73.

PITOL, C.; BORGES, E. P.; BROCH, D. L.; SIEDE, P. K.; ERBER, E. J.; CHIRATA, I. N. **Milheto:** o milheto na integração agricultura-pecuária. Maracaju: Fundação MS, 1997. Não paginado.

PURSEGLOVE, J. W. *Crotalaria juncea* L. In: PURSEGLOVE, J. W. **Tropical crops: dicotyledons.** London: Longman, 1968. v. 1, p. 250-254.

QUINTANA, J. O. **Evaluation of two procedures for screening legume green manures as nitrogen sources to succeeding corn.** 1987. Thesis (Ph.D.) - Cornell University, Ithaca, NY.

RUPPER, G. Cultivation of marejea (*Crotalaria ochroleuca*): The experience of Peramiho. In: WRITERS' WORKSHOP ON THE ROLE OF MAREJEA (*CROTALARIA OCHROLEUCA*) IN AGRICULTURAL PRODUCTION IN TANZANIA, 1986, Paramiho. **Proceedings...** Paramiho: Benedictine Public. Ndanda Peramiho, 1987. p. 9-12.

SALEMA, M. P. The potential of *Crotalaria ochroleuca* in soil improvement. In: WRITERS' WORKSHOP ON THE ROLE OF MAREJEA (*CROTALARIA OCHROLEUCA*) IN AGRICUTURAL PRODUCTION IN TANZANIA, 1986, Paramiho. **Proceedings...** Paramiho: Benedictine Public. Ndanda Peramiho, 1987. p. 23-29.

SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto: uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 45, p. 41-42, maio/jun. 1998.

SALTON, J. C.; PITOL, C.; ERBES, E. **Cultivo de primavera:** alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul. Maracaju: Fundação MS para Pesquisa e Difusão de Tecnologias Agropecuárias, 1993. 6 p. (Informativo Técnico, 1).

SANTOS, F. G. dos. Milheto no Brasil: desenvolvimento de cultivares. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. p. 75-82.

SCALÉA, M. A. cultura do milheto e seu uso no plantio direto no Cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. p. 75-82.

SEIFFERT, N. F.; THIAGO, L. R. L. de S. **Guandu - planta forrageira para a produção de proteína.** Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1983. 4 p. (Embrapa-CNPGC. Comunicado Técnico, 21).

SEIFFERT, N. F.; THIAGO, L. R. L. de S. Produção de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) de acessos de guandu (*Cajanus cajan*) cultivadas em solo de cerrado. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., Belo Horizonte, 1984. **Anais...** Belo Horizonte: SBZ, 1984. p. 357.

SHARMA, R. D.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S. **Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos cerrados.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1982. 30 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 13).

SIBUGA, K. P. Weed suppression by *Crotalaria ochroleuca*. In: WRITERS' WORKSHOP ON THE ROLE OF MAREJEA (*CROTALARIA OCHROLEUCA*) IN AGRICULTURAL PRODUCTION IN TANZANIA, 1986, Paramiho. **Proceedings...** Paramiho: Benedictine Public. Ndanda Peramiho, 1987. p. 30-31.

SKERMAN, P. J. **Tropical forage legumes.** Rome: FAO, 1977. 610 p.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. de. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 327-334, 2004.

SOLBRIG, O. T.; YOUNG, M. D. Economic and ecological driving forces affecting tropical savannas. In: YOUNG, M. D.; SOLBRIG, O. T. (Ed.). **The World's savannas:** economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use. Paris: UNESCO, 1993. p. 3 - 18.

SOUTO, S. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. de; DUQUE, F. F.; ASSIS, R. L. de; EIRA, P. A. da. **Outros usos de leguminosas convencionalmente utilizadas para adubo verde.** Itaguaí: Embrapa-CNPBS, 1992. 39 p. (Embrapa-CNPBS. Documentos, 11).

SPEHAR, C. R. Sistemas de produção de milheto nos Cerrados. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. p. 69-73.

SUHET, A. R.; RITCHIEY, K. D. Nitrogênio. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Cerrado 1982/1985,** Planaltina, DF, p. 107-109, 1987.

SUMMERFILED, R. J.; ROBERTS, E. H. *Cajanus cajan*. In: HALEVY, A. H. (Ed.). **CRC Handbook of flowering.** Boca Raton: CRC Press, 1985. v. 1, p. 61-73.

TANAKA, R. T. A adubação verde. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 81, p. 62-67, 1981.

TEIXEIRA, J. B.; OLIVA, M. A.; CAMBRAIA, J. Eficiência no uso de água em leguminosas forrageiras submetidas ao déficit hídrico. **Revista Ceres**, v. 30, n. 172, p. 463-470, 1983.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. de C.; CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUSA, D. M. G; LOBATO, E.

(Ed.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 97-127.

VAVILOV, N. I. The new systematics of cultivated plants. In: HUXLEY, J. (Ed.). **The new systematics.** London: Oxford University Press, 1939. p. 549-566.

WEBER, J. J. The role of green manure for agricultural production in the tropics with special reference to *Crotalaria ochroleuca* (Marejea). **Der Tropenlandwirt, Zeitschrift für die Landwirtschaft in den Tropen und Subtropen**, v. 92, p. 127-135, 1991.

WHYTE, R. O.; NILSSON-LEISSNER, G.; TRUMBLE, H. C. **Legumes in agriculture.** Rome: FAO, 1953. p. 256-257. (FAO. Agricultural Studies, 21).

WIJNBERG, C.; WHITEMAN, P. C. Effects of stocking rate of goats and stage of crop growth when grazed on grain yield and goat production from pigeon pea (*Cajanus cajan*). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 25, n. 4, p. 796-805, 1985.

ZEVEN, A. C.; ZHUKOVSKY, P. M. **Dictionary of cultivated plants and their centers of diversity.** Wageningen: Center for Agricultural Publishing and Documentation, 1975.

Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo

Arminda Moreira de Carvalho

Renato Fernando Amabile

INTRODUÇÃO

Um dos conceitos mais abrangentes para a tradicional adubação verde é o uso de plantas condicionadoras de solo em sucessão, rotação ou em consórcio com as culturas seja pela incorporação, seja deixando os resíduos vegetais na superfície do solo. O objetivo dessa prática é buscar a proteção da superfície, bem como a manutenção e a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo em todo seu perfil. Nesse contexto, partes das plantas utilizadas como condicionadoras de solo podem ser aplicadas a outros fins, como produção de sementes, fibras e alimentação animal (CALEGARI et al., 1993).

O termo condicionador de solo de acordo com Curi et al. (1993) refere-se a materiais que melhoram as propriedades do solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas. Assim, estudos visando à caracterização de espécies vegetais são importantes para selecionar aquelas que melhor se enquadrem nesse conceito, com a finalidade de proporcionar boa cobertura e aumentar os teores da matéria orgânica do solo, consequentemente, melhorar sua qualidade.

Além da diversificação das espécies, uma das principais contribuições das leguminosas condicionadoras de solo ao incremento da fertilidade é o

fornecimento de nitrogênio seja pela fixação biológica do ar atmosférico, seja pela incorporação de fitomassa (BOWEN et al., 1988; BURLE et al., 1992). O sistema radicular profundo e a razão C/N favorável à decomposição também são parâmetros considerados importantes no uso das leguminosas como condicionadoras de solo (SABADIN, 1984; CARVALHO et al., 1996a). Todavia, plantas de outras famílias podem ser utilizadas com essa finalidade, principalmente, se o objetivo for a manutenção de cobertura do solo e não a incorporação (CARVALHO; SODRÉ FILHO, 2000a).

Segundo Igue (1984), as gramíneas possuem maior volume de raízes, melhorando a porosidade e a agregação do solo, além de representar alternativa mais adequada na associação com leguminosas comerciais. A razão C/N mais elevada dessa família de plantas implica maior permanência dos seus resíduos no solo, favorecendo o estabelecimento de cobertura na superfície. No Bioma Cerrado, a cobertura eficiente do solo representa forte limitação ao plantio direto, principalmente, pela baixa produção de fitomassa na entressafra e decomposição acelerada dos resíduos vegetais (CARVALHO, 2005). Nessas condições, o uso de espécies vegetais com decomposição mais lenta representa uma estratégia para aumentar a eficiência de cobertura do solo.

Para viabilizar o uso de plantas condicionadoras de solo em áreas de Cerrado, é necessário associar os parâmetros agronômicos com as condições edafoclimáticas, além dos sistemas de manejo (incorporação e plantio direto) e de cultivo (rotação, sucessão e consórcio) visando melhorar o aproveitamento do potencial das espécies vegetais utilizadas.

As principais características agronômicas a serem consideradas na escolha de uma planta condicionadora de solo para seu uso em sistemas agrícolas são: elevado rendimento de fitomassa e de sementes, ciclo compatível com o sistema de produção, sementes de fácil obtenção e colheita, baixa suscetibilidade a doenças e a pragas, enraizamento profundo, tolerância ao alumínio, eficiência na extração e na ciclagem de nutrientes, elevada fixação de N₂ atmosférico, tolerância ao estresse hídrico, eficiência no controle de plantas invasoras e de

nematóides, consequentemente, aumento na produtividade das culturas subsequentes (PEREIRA et al., 1992). Quando o objetivo for cobertura e não incorporação, deve-se buscar, ainda, material com capacidade mais elevada de permanência no solo, de menores taxas de decomposição, razão C/N mais alta e maior proporção de compostos orgânicos contendo carbono mais recalcitrante como os de grupos aromáticos e alquilas (CARVALHO; SODRÉ FILHO, 2000b; CARVALHO, 2005).

Um dos principais parâmetros morfoagronômicos utilizados para avaliar as plantas condicionadoras de solo é a produção de fitomassa, pois ela é considerada eficaz para quantificar a capacidade de transformação da energia lumínica em química e o potencial de extração e de ciclagem de nutrientes. A floração seja na metade, seja na sua fase plena é o estádio de desenvolvimento mais indicado para efetuar a amostragem das plantas e seu manejo (IGUE et al., 1984; MIYASAKA, 1984; CALEGARI, 1995). Todavia, para algumas espécies que apresentam problemas de dormência das sementes, como a mucuna-preta e o feijão-bravo-do-ceará, deve-se dar preferência para o início dessa fase, de modo a evitar que se tornem plantas invasoras. As plantas condicionadoras de solo podem ser manejadas em outras fases fenológicas em função do sistema agrícola (PEREIRA; KAGE, 1980; BURLE et al., 1990), da finalidade de sua aplicação, tais como uso alelopático e controle de invasoras (RODRIGUES et al., 1992) e do seu desenvolvimento fisiológico (BULISANI et al., 1987).

Os rendimentos de fitomassa variam com o genótipo, época de semeadura, condições edafoclimáticas e práticas de manejo, além da população de plantas em uso por trabalhos desenvolvidos no Bioma Cerrado (AMABILE et al., 1996; 2000; CARVALHO et al., 1999).

CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS DE CERRADO E PRODUÇÃO DE FITOMASSA DE ADUBOS VERDES

Na maioria das pesquisas, observa-se expressiva variabilidade de comportamento das diferentes espécies vegetais em função do ambiente seja

por meio dos efeitos do clima, principalmente da temperatura e precipitação pluviométrica, seja por meio do fotoperíodo e dos atributos químicos, físico-hídricos e biológicos do solo, resultando em oscilações significativas na produção de fitomassa.

No Cerrado da região de Goiânia, Chagas et al. (1987) obtiveram produções de 3,3 t ha⁻¹ de matéria seca, quando a semeadura da crotalária juncea foi realizada em outubro, enquanto, em áreas de Cerrado do DF, essa espécie produziu 10,5 t ha⁻¹ para semeadura efetuada nesse mesmo mês (SHARMA et al., 1982).

Dentre as espécies que sobreviveram e produziram quantidades relevantes de fitomassa, com precipitação pluviométrica de apenas 348 mm em um Latossolo Vermelho argiloso do Distrito Federal, destacaram-se o feijão-bravo-do-ceará, a mucuna-preta e o guandu, com rendimentos de matéria seca de 5,5 t ha⁻¹, 4,7 t ha⁻¹ e 4,5 t ha⁻¹ respectivamente. Sob condições de precipitação pluviométrica semelhantes, mas, em Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, essas espécies reduziram drasticamente suas produções de fitomassas. Neste solo, o feijão-bravo-do-ceará produziu 2,8 t ha⁻¹, a mucuna-preta 2,9 t ha⁻¹ e o guandu 1,6 t ha⁻¹ (BURLE et al., 1992).

Em Latossolo Vermelho argiloso do Distrito Federal, para cultivo durante a estação chuvosa, destacaram-se as espécies crotalária paulina, crotalária striata, crotalária spectabilis, crotalária ocroleuca, crotalária juncea, nabo-forrageiro e indigófera tinctoria com as maiores produções de fitomassa verde nem sempre correspondendo às quantidades mais elevadas de matéria seca. A crotalária juncea, a indigófera tinctoria, a crotalária ocroleuca, o guandu cv. kaki, a crotalária spectabilis, a crotalária striata e o guandu cv. preto apresentaram as maiores produções de matéria seca (Tabela 1). Algumas espécies como a crotalária paulina e o nabo-forrageiro contêm altos teores de H₂O no tecido vegetal e, assim, apesar da elevada produção de fitomassa verde, não resultam em quantidades de matéria seca muito elevada.

Tabela 1. Período de emergência/floração e produção de fitomassa verde e produção de matéria seca da parte aérea de plantas condicionadoras de solo semeadas no período chuvoso, Planaltina, DF.

Espécie	Floração (Dias)	Matéria verde	Matéria seca
		t ha ⁻¹	
Calopogônio	127	20,2	3,5
Crotalária anagiróide	90	50,2	8,7
Crotalária grantiana	90	6,8	2,2
Crotalária juncea	72	77,3	17,6
Crotalária ocroleuca	100	82,0	15,8
Crotalária paulina	130	139,0	5,4
Crotalária sp. 2	110	39,3	8,1
Crotalária spectabilis	72	101,0	14,9
Crotalária striata	103	107,0	14,4
Cunhã	83	9,7	2,6
Dolichos labe-labe	147	34,2	7,3
Feijão-bravo-do-ceará	147	16,0	3,8
Guandu-anão	81	30,2	8,2
Guandu-comum	91	17,3	5,7
Guandu cv. kaki	130	58,3	15,6
Guandu-preto	110	41,8	11,9
Indigófera hirsuta	81	29,0	6,3
Indigófera tinctória	115	60,3	15,9
Mamona	84	16,2	3,8
Milheto	93	17,5	3,0
Mucuna-cinza	112	30,3	5,1
Mucuna conchinchinensis	112	25,7	5,4
Mucuna jaspeada	112	30,7	5,3
Mucuna-preta	112	31,5	6,4
Mucuna-rajada	83	29,2	4,5
Nabo-forrageiro	45	72,7	7,3
Niger	134	58,5	7,9
Sesbânia aculeata	79	12,3	3,7
Sesbânia rostrata	93	19,5	4,6
Sesbânia sp.	93	18,3	5,2
Soja perene	110	8,8	1,8

Fonte: Carvalho et al. (1999).

A produção de matéria seca das seguintes plantas condicionadoras de solo, cultivadas em Latossolo Vermelho argiloso do Cerrado de Goiânia, na estação seca, destacaram-se durante dois anos agrícolas consecutivos: indigófera tinctória, guandu cv. kaki, feijão-bravo-do-ceará, mucuna jaspeada, mucuna-preta, crotalária ocroleuca, guandu-vermelho, guandu-preto, crotalária striata e macrotiloma. A indigófera tinctória foi avaliada apenas no segundo ano porque seu florescimento ocorreu nesse período (272 dias) depois da emergência. A mucuna jaspeada e a crotalária juncea produziram quantidades elevadas de matéria seca, respectivamente, no primeiro e no segundo ano agrícola (Tabela 2).

Tabela 2. Período de emergência-floração e produção de matéria seca da parte aérea de plantas condicionadoras de solo, semeadas na estação seca, em dois anos agrícolas, Senador Canedo, GO.

Espécie	Floração (Dias)	Matéria seca	
		1993/1994	1994/1995 t ha ⁻¹
Aveia-preta	70	*	1,4
Cassia rotundifolia	81	3,6	*
Chicharo	70	1,2	1,3
Colza	40	1,9	1,9
Crotalária anagiróide	95	4,0	4,1
Crotalária juncea	60	2,3	4,9
Crotalária ocroleuca	80	4,6	3,9
Crotalária paulina	115	3,3	3,9
Crotalária sp. 2	60	1,5	1,3
Crotalária spectabilis	60	1,7	1,5
Crotalária striata	115	4,3	*
Cunhã	60	2,0	0,8
Dolichos labe-labe	90	2,6	3,3
Ervilha pisum sativum	70	2,7	1,5

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Espécie	Floração (Dias)	Matéria seca	
		1993/1994	1994/1995
		t ha ⁻¹	
Ervilha vicia-villosa	60	2,7	2,9
Feijão-seridó	65	*	1,3
Feijão-bravo-do-ceará	90	4,9	5,1
Feijão-de-porco	85	3,6	2,4
Guandu-anão	90	2,7	2,0
Guandu cv. kaki**	100	6,1	*
Guandu-preto	90	4,2	4,0
Guandu-vermelho	90	4,5	4,2
Indigófera tinctoria	272	*	14,2
Jureminha	65	1,0	2,0
Macroptilium	130	3,5	*
Macrotíloma	130	4,3	*
Miliniela	60	0,5	0,9
Mucuna-anã	60	2,5	1,4
Mucuna jaspeada	90	6,1	4,1
Mucuna-preta	90	4,9	4,3
Mungo-preto	45	1,0	1,8
Mungo-verde	45	2,0	2,3
Nabo-forrageiro	45	2,6	2,9
Porto Rico	90	3,1	1,4
Sesbânia sp.	55	1,1	1,4
Soja perene	110		1,8
Tefrósia cândida	272	*	14,5

* No primeiro ano agrícola, as espécies não foram avaliadas devido à falta de germinação ou por que não atingiram o estádio de florescimento. No segundo ano agrícola, a ausência de germinação foi a principal causa da não-avaliação de algumas espécies.

** O guandu cv. kaki não foi semeado no segundo ano para evitar polinização cruzada com as demais variedades dessa espécie.

Fonte: Carvalho et al. (1999).

As seis espécies de mucuna, avaliadas durante três anos agrícolas num Latossolo Vermelho argiloso do Distrito Federal, diferenciaram-se quanto à produção de matéria seca. A mucuna *conchinchinensis*, a mucuna-cinza e a mucuna-preta destacaram-se, exceto no terceiro ano, quando a mucuna-rajada apresentou a maior produção de matéria seca (Tabela 3). A distribuição diferenciada de chuvas, principalmente, nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, deve ter contribuído para as alterações de comportamento das mucunas entre os anos agrícolas (Figura 1). O gênero mucuna é tolerante ao estresse hídrico, portanto, a alta concentração de chuvas em determinados estádios de desenvolvimento da planta pode afetar negativamente seu crescimento e produção de fitomassa.

Tabela 3. Produção de matéria seca de espécies de mucuna, cultivadas na estação chuvosa, em três anos agrícolas, Planaltina, DF.

Espécie	Matéria seca		
	1993/1994	1994/1995	1995/1996
		kg ha ⁻¹	
Mucuna-anã	1104 c A	1522 d A	2474 c A
Mucuna-cinza	6072 ab B	12063 a A	7137 b B
<i>M. conchinchinensis</i>	7684 a A	12619 a B	7175 b B
Mucuna jaspeada	5572 b B	9666 b A	7105 b A
Mucuna-preta	6038 ab B	11312 ab A	7546 b B
Mucuna-rajada	5370 b B	6715 c B	10029 a A

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Fonte: Amabile et al. (1997).

Costa (1989) avaliou a produção de fitomassa de guandu em duas condições edafoclimáticas distintas do Cerrado de Rondônia. Foram obtidos rendimentos de 11,5 t ha⁻¹ de fitomassa verde em Vilhena e 6,2 t ha⁻¹ em

Presidente Médici onde Costa e Oliveira (1992) obtiveram 15,4 a 17,1 t ha⁻¹ de matéria verde.

Dentre as diversas leguminosas consideradas promissoras para uso como condicionadoras de solo em áreas de Cerrado, destacam-se: mucuna (*Mucuna aterrima*, *Mucuna pruriens* e *Mucuna urens*); guandu (*Cajanus cajan*); algumas crotalárias (*Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Crotalaria paulina* e *Crotalaria spectabilis*); feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*); feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*); estilosantes (*Stylosanthes guianensis*) (PEREIRA; PERES, 1986; BURLE et al., 1988; PEREIRA et al., 1992). Cada uma dessas espécies deve ser usada em sistema agrícola adequado para mostrar seu potencial máximo de produção (CARVALHO et al., 1999).

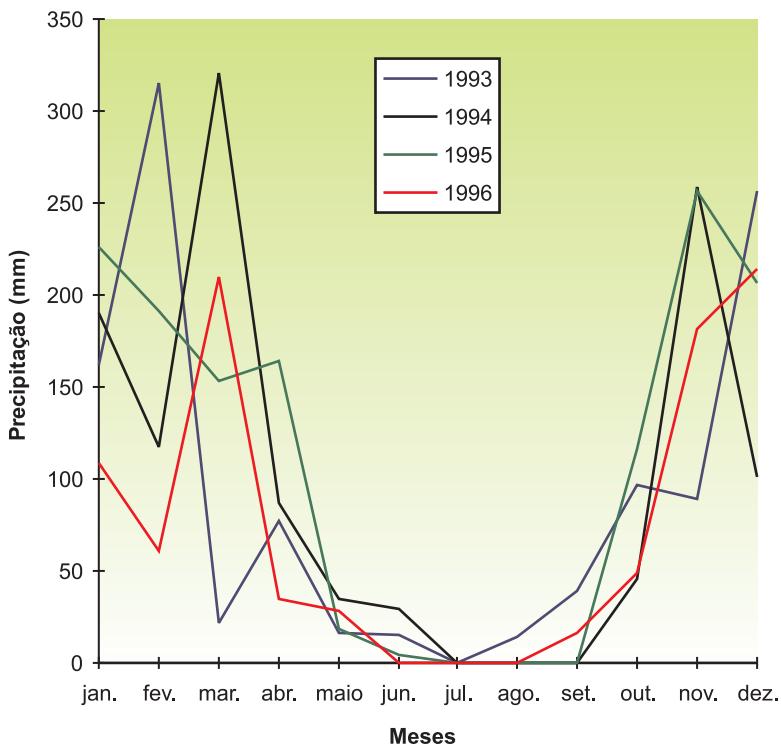


Figura 1. Distribuição de chuvas na área experimental da Embrapa Cerrados durante os três anos de avaliações das espécies de mucuna, Planaltina, DF.

ÉPOCA DE SEMEADURA DAS ESPÉCIES DE ADUBO VERDE

A interação entre a espécie vegetal e a época de semeadura constitui excelente instrumento para avaliar e melhorar a capacidade agronômica de plantas leguminosas tropicais, consequentemente, seu potencial como condicionadoras de solo. Todavia, um dos fatores limitantes ao uso dessas plantas em áreas de Cerrado é a época de semeadura, já que o agricultor não pode deixar de cultivar sua área com culturas comerciais. Uma estratégia para esse fim é a semeadura no final da estação chuvosa, em sucessão à cultura econômica (PEREIRA et al., 1992). Para se adaptar a esse sistema, as plantas condicionadoras de solo devem ter crescimento inicial rápido e tolerância à seca, pois, no Cerrado, é comum até seis meses sem ocorrência de chuva (BURLE et al., 1988).

A semeadura poderá ser realizada, ainda, no início do período chuvoso, quando o cultivo da cultura principal puder ser feito mais tarde, e o ciclo da planta condicionadora for curto. O cultivo em consórcio, nesse período, é uma alternativa para as espécies com sensibilidade ao estresse hídrico e ao fotoperíodo. A crotalária spectabilis e o guandu-anão são exemplos de plantas condicionadoras de solo com essas características de baixa tolerância e que se adaptam ao consórcio (CARVALHO et al., 1999).

Recomenda-se a semeadura da mucuna-preta desde o início das chuvas até o final de março no Cerrado do Centro-Oeste (PEREIRA; KAGE, 1980; PEREIRA, 1985; BURLE et al., 1988; PEREIRA et al., 1992). Os gêneros *Mucuna* e *Canavalia*, além do guandu, são indicados para semeadura no final da estação chuvosa por causa do sistema radicular que favorece a extração de água e de nutrientes das camadas mais profundas (BURLE et al., 1988; PEREIRA et al., 1992). No caso da crotalária spectabilis e da crotalária paulina, a semeadura nesse período pode comprometer o desenvolvimento dessas plantas devido à diminuição de chuvas no estádio crítico dessas espécies vegetais e ao fotoperíodo desfavorável. O atraso na semeadura do guandu compromete seu crescimento em consequência do efeito do fotoperíodo. Para a crotalária juncea, espécie de ciclo curto, o período do início das chuvas até o final do mês de janeiro

representa uma época adequada a seu cultivo (PEREIRA; SHARMA, 1984; PEREIRA, 1985; AMABILE et al., 1996, 2000). Normalmente, o alongamento das noites favorece a indução ao florescimento da crotalária juncea, da crotalária ocroleuca e do guandu.

O desenvolvimento fenológico de algumas espécies vegetais é afetado pela interação fotoperíodo x temperatura e, assim, pela época de semeadura e latitude (SPENCE; WILLIAMS, 1972; WALLIS et al., 1981). Wallis et al. (1979) atribuíram essa interação à redução no desenvolvimento vegetativo do guandu quando há atraso em sua semeadura.

Esse atraso na semeadura, do início até o final da estação chuvosa, reduziu a produção de fitomassa verde e de matéria seca das leguminosas crotalária juncea, crotalária ocroleuca e guandu cv. kaki, o que foi atribuído à sensibilidade dessas espécies ao fotoperíodo e ao estresse hídrico (Tabelas 4 e 5). Entretanto, a mucuna-preta manteve a quantidade de fitomassa produzida nas três épocas de semeadura, já que não é afetada pela reação fotoperiódica e apresenta tolerância à diminuição da precipitação pluviométrica. O feijão-bravo-do-ceará também manteve rendimentos semelhantes de matéria seca no início dessa estação ($5,1 \text{ t ha}^{-1}$), em plena estação chuvosa ($4,9 \text{ t ha}^{-1}$), e no final desse período ($4,8 \text{ t ha}^{-1}$). Essas duas espécies condicionadoras de solo apresentam potencial para uso em agroecossistemas, entretanto, para se alcançar maior eficiência do sistema de produção, devem ser semeadas mais tarde, como no final da estação chuvosa (AMABILE et al., 1996, 2000).

Avaliações desenvolvidas em áreas de Cerrado têm mostrado que leguminosas como crotalária spectabilis, crotalária paulina e crotalária striata sofrem o efeito de estresse hídrico e do fotoperíodo e, assim, são recomendadas para cultivo no período chuvoso. A crotalária juncea, crotalária ocroleuca e os guandus são sensíveis ao fotoperíodo e, à medida que a semeadura dessas espécies vegetais é feita mais tarde, ocorre redução no seu desenvolvimento. O feijão-bravo-do-ceará, o feijão-de-porco, o gênero mucuna, apresentam potencial para uso na estação seca, pois são tolerantes ao estresse hídrico e não sofrem efeitos fotoperiódicos. O milheto e o nabo-forrageiro são

espécies vegetais pertencentes às famílias de gramíneas e das crucíferas respectivamente e, também, toleram as condições de estresse hídrico que ocorrem no Bioma Cerrado (CARVALHO et al., 1999).

Tabela 4. Produção de matéria verde das plantas condicionadoras de solo, em três épocas de semeadura¹, Senador Canedo, GO.

Espécie	Épocas de semeadura		
	12 de novembro	7 de janeiro	4 de março
	t ha ⁻¹		
Crotalária juncea	50,6 Aa	30,1 Ab	24,2 A b
Guandu cv. kaki	46,6 Aa	32,6 Ab	14,3 C c
Crotalária ocroleuca	23,2 Bb	34,7Aa	18,2 B c
Mucuna-preta	14,3 Ca	13,9 Ba	15,8 BC a
CV. (%)	23	5	6

¹ Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Fonte: Amabile et al. (2000).

Tabela 5. Produção de matéria seca das plantas condicionadoras de solo, em três épocas de semeadura¹, Senador Canedo, GO.

Espécie	Épocas de semeadura		
	12 de novembro	7 de janeiro	4 de março
	t ha ⁻¹		
Crotalária juncea	17,3 Aa	8,0 Bb	6,0 Ab
Guandu cv. kaki	12,7 Ba	11,1 Ab	5,8 Ac
Crotalária ocroleuca	8,8 Ca	5,6 Cb	4,4 Bc
Mucuna-preta	3,5 Da	4,0 Da	4,0 Ba
CV. (%)	14	8	7

¹ Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Fonte: Amabile et al. (2000).

ESPAÇAMENTO E POPULAÇÃO DE PLANTAS

A competição pelos recursos disponíveis no ambiente pode promover desequilíbrio entre os componentes de produção, comprometendo a produtividade que vai depender, entre outros fatores, da densidade e da maximização da interação genótipo x população de plantas (CHAUHAN et al., 1987; LAWN; WILLIAMS, 1987). Combinações entre época de plantio e genótipo com baixo potencial de produção, necessariamente, requerem alta densidade de semeadura para assegurar a maximização da fitomassa a ser produzida (LAWN, 1989).

A resposta à densidade de semeadura é consequência da inter e intracompetição de plantas por água e nutrientes, além daquela ocorrida acima do solo, principalmente, por luz. Essa resposta é afetada, também, pelo período de semeadura e pelas características dos genótipos utilizados (AKINOLA; WHITEMAN, 1975). Nesse aspecto, outro fator importante para o desenvolvimento e o estabelecimento das espécies condicionadoras de solo é a definição da população de plantas e dos espaçamentos adequados à espécie em cada ambiente.

Um número relevante de trabalhos relacionados ao espaçamento e à população refere-se ao guandu, já que é uma espécie utilizada como forragem. O espaçamento e a densidade de semeadura variam segundo o objetivo do uso, sendo indicado o espaçamento até 2,00 m entre as linhas, caso seja para formação de banco de proteína e 0,35 m quando se deseja maior produção de fitomassa (COSTA, 1989). Peres e Favoretto (1987) testaram três populações de guandu com os espaçamentos entre as linhas de 0,60 e 0,90 m e concluíram que a maior densidade de semeadura proporciona rendimentos mais elevados. O guandu pode ser semeado no espaçamento de 0,8 a 1,0 m entre linhas, porém, como as plantas apresentam desenvolvimento inicial lento, é necessário controle mais rigoroso das plantas daninhas (ALMEIDA, 1989).

Hammerton (1971), Sinha et al. (1989) constataram a influência significativa do arranjo populacional, porém, Hammerton (1976), Buxo (1985), Kapur et al. (1987), Puste (1988), Goyal et al. (1989), Amabile et al. (2000) demonstram ausência ou pequenos efeitos desse arranjo sobre o crescimento, rendimento e demais componentes da produção do guandu.

Tayo (1982, 1983, 1985) por sua vez, constatou que o crescimento, o desenvolvimento e o rendimento do guandu foram alterados quando se utilizaram de densidades populacionais muito variáveis. Houve progressiva redução na produção de matéria seca das folhas, das raízes e do tamanho das plantas à medida que o espaçamento entre as linhas diminuiu de 0,60 para 0,30 m, e a população aumentou de 27.000 para 83.000 plantas.ha⁻¹. Esse autor observou que, além da densidade e do espaçamento, a configuração das plantas no terreno influenciou a produção total de matéria seca e seus componentes. A redução do espaçamento entre as linhas diminuiu o peso das folhas secas, do caule, das raízes e o peso total da matéria seca.

Reddy et al. (1991), mantendo a mesma densidade dentro das linhas, observaram, para duas cultivares de guandu, um estímulo no rendimento com o incremento populacional de 83.000 para 332.000 plantas.ha⁻¹. Akinola e Whiteman (1975) constataram que a produção de matéria seca diminuiu com o incremento da densidade de semeadura, acompanhado da mortalidade de plantas.

Chauhan et al. (1993) relacionaram efeito da população no rendimento do guandu com o genótipo, a época de semeadura e o tipo de solo, confirmando a premissa de que a população afeta a produção de uma espécie de acordo com o material e as condições edafoclimáticas sob as quais ele se estabelece.

Em um mesmo espaçamento, recomenda-se população diferenciada de plantas para as espécies condicionadoras de solo. Para o espaçamento de 0,50 m

entre as linhas, foi indicada a população de 400.000 plantas.ha⁻¹ para o guandu e de 100.000 plantas.ha⁻¹ para a crotalária juncea e para a mucuna-preta (CORDEIRO et al., 1983). Para o mesmo espaçamento, Campo et al. (1979) definiram uma população de 500.000 plantas.ha⁻¹ para o guandu e a crotalária juncea e de 200.000 plantas.ha⁻¹ para a mucuna-preta.

Quando o objetivo for a maior produção de fitomassa ou a cobertura do solo, pode-se adotar, também, a semeadura a lanço (SABADIN, 1984; CALEGARI, 1995). Sabadin (1984) recomenda o espaçamento de 0,40 m entre as linhas para o guandu e de 0,30 m para a mucuna-preta. Segundo Calegari (1995), na semeadura da mucuna-preta, crotalária juncea e do guandu, o espaçamento recomendável entre as linhas é de 0,50; 0,25 e 0,50 m respectivamente.

Em solos de baixa fertilidade, Salgado et al. (1984) sugerem em torno de 600.000 plantas.ha⁻¹ e em solo com condições ótimas de fertilidade 500.000 plantas.ha⁻¹ para a crotalária juncea. O IAC (1987) indica o espaçamento de 0,40 a 0,60 m para essa mesma espécie quando seu cultivo destinar-se à incorporação ao solo. Quanto ao guandu, o espaçamento entre as linhas varia de 0,50 a 0,70 m para maior produção de fitomassa.

Em áreas de Cerrado do Brasil Central, Pereira e Kage (1980) e Pereira (1982) relataram que a semeadura da mucuna-preta pode ser feita a lanço ou em sulcos. Em sulcos distanciados de 0,50 m, preconizam população de 70.000 a 100.000 plantas.ha⁻¹. Quanto a crotalária juncea, Pereira et al. (1992) propuseram população de 300.000 a 500.000 plantas.ha⁻¹ e para o guandu de 100.000 a 120.000 plantas.ha⁻¹.

Em áreas de Cerrado da região de Goiânia, avaliaram-se, no espaçamento entre as linhas 0,40 m, população de 625.000 plantas para a crotalária ocroleuca e a crotalária juncea; 750.000 plantas para o guandu; e 250.000 plantas.ha⁻¹ para

a mucuna-preta. No espaçamento de 0,50 m, a população das plantas estudadas para a crotalária ocroleuca e crotalária juncea foi de 500.000 plantas.ha⁻¹. Para o guandu, foi de 600.000 plantas.ha⁻¹ e para a mucuna-preta de 200.000 plantas.ha⁻¹. Não foram constatadas diferenças entre os espaçamentos testados em relação ao período de florescimento, produção de fitomassa verde e de matéria seca dessas espécies vegetais (AMABILE et al., 2000).

A população de plantas deve variar conforme o sistema de produção e disponibilidade de máquinas e implementos da propriedade. Para a produção de sementes, recomendam-se espaçamentos maiores, enquanto para a incorporação e para a cobertura do solo densidades mais elevadas de plantas. No sistema plantio direto, cuja maior limitação ao estabelecimento em áreas de Cerrado é a formação de palha, os espaçamentos podem ser reduzidos em relação à incorporação para favorecer a cobertura do solo. No caso de consórcio, a população de plantas é bastante inferior para não competir com a cultura principal. Quanto à compatibilização com as condições da propriedade, devem-se utilizar espaçamentos similares aos das culturas comerciais, desde que não interfiram muito no desempenho das plantas condicionadoras, facilitando a operacionalização dessa prática, inclusive, em grandes áreas. Necessita-se, ainda, considerar o custo das sementes que está relacionado ao rendimento e à quantidade utilizada por unidade de área (Tabela 6).

Em cultivo realizado no período de chuva, em Latossolo Vermelho do DF (Tabela 6), a maior produção de grãos foi do feijão-de-porco, seguido de guandu cv. kaki, feijão-bravo-do-ceará, mucuna-cinza, mucuna-anã, mucuna cochinchinenses, milheto, crotalária juncea e crotalária anagiróide.

Tabela 6. Densidade de semeadura recomendada e rendimento de grãos das espécies condicionadoras de solo cultivadas em Latossolo Vermelho, ano agrícola 1995/1996, Planaltina, DF.

Espécie	Estande	Peso de 100 sementes	Produção
	(Plantas m ⁻¹)	(g)	(kg ha ⁻¹)
Calopogônio	40	0,9	729
Crotalária anagiróide	30	3,0	1771
Crotalária grantiana	30	0,8	260
Crotalária juncea	20	6,0	1927
Crotalária ocroleuca	20	0,6	1510
Crotalária paulina	30	1,5	937
Crotalária spectabilis	20	6,0	73
Cunhã	40	5,0	1146
Dolichos labe-labe	15	33,0	625
Feijão-bravo-do-ceará	8	61,0	2604
Feijão-mungo-verde-grande	40	7,0	1354
Feijão-de-porco	8	160,0	4167
Guandu-anão	25	10,0	781
Guandu cv. kaki	20	20,0	2760
Guandu-comum	20	20,0	1146
Guandu-preto	20	20,0	1354
Indigófera hirsuta	40	2,0	417
Milheto	20	3,0	1875
Mucuna-cinza	8	103,0	2500
Mucuna conchinchinensis	8	95,7	1979
Mucuna jaspeada	8	130,0	1667
Mucuna-preta	8	63,0	1354
Mucuna-rajada	8	69,0	1615
Mucuna-anã	10	60,0	2188
Nabo-forrageiro	40	0,5	260
Sesbânia aculeata	40	1,0	312
Sesbânia rostrata	40	1,6	417
Sesbânia sp.	40	1,5	469
Trigo sarraceno	20	2,5	833
Níger	20	2,0	417

Fonte: Carvalho et al. (1999).

COBERTURA DO SOLO E DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS

No Bioma Cerrado, a exposição do solo pode acarretar sérios problemas de degradação devido à incidência de radiação solar, à erosão eólica e à erosão hídrica, em especial, durante o período da seca de aproximadamente seis meses e no início do período das águas, quando são comuns chuvas de intensidade elevada. Na determinação da cobertura do solo, devem-se considerar, além da produção de fitomassa, parâmetros como composição química dos tecidos vegetais, razão C/N, relação caule e folha, superfície de contato com o solo e taxa de decomposição dos resíduos (CARVALHO, 2005).

A avaliação da cobertura do solo, realizada em áreas de Cerrado do DF, resultou em baixa eficiência de cobertura para o girassol, espécie que se destacou em relação à produção de matéria seca, confirmando que nem sempre ocorre relação direta entre essas duas variáveis. As maiores porcentagens de cobertura na entressafra foram proporcionadas pela mucuna-cinza, feijão-bravo-do-ceará e milheto que, também, produziram quantidades mais elevadas de massa seca. A mucuna-cinza e o feijão-bravo-do-ceará destacaram-se quanto ao controle de invasoras, mostrando o efeito que a cobertura do solo exerce sobre essas plantas, possivelmente, devido à competição ou ao sombreamento (Tabela 7). Nessa mesma área, o plantio direto resultou em cobertura significativamente superior ao sistema com preparo convencional por causa do acúmulo sucessivo de resíduos da cultura do milho e das plantas condicionadoras na superfície do solo (CARVALHO; SODRÉ FILHO, 2000a).

Observou-se, também, maior eficiência de cobertura do solo com mucuna-preta em área de Cerrado da região de Goiânia, durante dois anos agrícolas, tanto na estação seca quanto no início do período chuvoso. No primeiro ano, a cobertura proporcionada pela mucuna-preta e *Brachiaria ruziziensis* praticamente igualou-se, mas, no segundo ano, a competição dessa gramínea e do milho pelo nitrogênio reduziu bastante a produção de matéria seca da *Brachiaria ruziziensis*, comprometendo seu desempenho como cobertura do solo. Houve, ainda, redução da cobertura do solo depois do início

do período chuvoso devido ao incremento na decomposição dos resíduos vegetais (CARVALHO et al., 1996a).

Tabela 7. Porcentagem de cobertura do solo e de plantas invasoras, na estação seca e início do período chuvoso, ano agrícola 1996/1997, Planaltina, DF.

Espécie	Estação seca	Início da estação chuvosa	
	Cobertura do solo	Cobertura do solo	Invasoras
		% ——————	
Mucuna-cinza	93 a	85 a	4 c
Feijão-bravo-do-ceará	92 ab	88 a	5 c
Milheto	75 bc	61 abc	25 b
Guandu kaki	64 cd	52 bc	25 bc
Vegetação espontânea	59 d	-	72 a
Crotalária ocroleuca	58 d	38 c	35 b
Girassol	38 e	31 cd	29 b
Nabo-forrageiro	14 f	7 d	33 b
C.V.(%)	13	27	34

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Fonte: Damaso et al. (1999).

Carvalho e Sodré Filho (2000b) avaliaram a decomposição de material vegetal de diferentes espécies nos sistemas com preparo e sem preparo do solo, durante as estações seca e chuvosa, em um Latossolo Vermelho-Amarelo do Distrito Federal. Na estação seca, o girassol (*Helianthus annuus* L.), a crotalária ocroleuca (*Crotalaria ochroleuca* G. Don) e o nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* L.) apresentaram 51,2%; 50,1% e 48,5% de decomposição, respectivamente, constituindo os maiores índices obtidos. No período chuvoso, os resíduos vegetais do girassol e do nabo-forrageiro resultaram nas taxas mais elevadas de decomposição, com 88,0% e 86,6% respectivamente. No período de chuva, o preparo convencional do solo resultou em maior decomposição (81,1%) em relação ao sistema plantio direto (74,1%). A média de decomposição dos

resíduos vegetais no período chuvoso (77,6%) foi de aproximadamente o dobro da relativa à estação seca (38,7%).

As avaliações da decomposição dos resíduos vegetais nas estações seca e chuvosa resultaram no maior índice de decomposição na época seca para os resíduos de *Brachiaria ruziziensis*, seguida de *Canavalia ensiformes*, *Mucuna aterrima*, *Crotalaria juncea* e *Cajanus cajan* (Tabela 8). As proporções mais elevados de compostos de carbono de grupos aromáticos e alquilas do *Cajanus cajan*, possivelmente, expliquem as menores taxas de decomposição obtidas dessa leguminosa (CARVALHO, 2005). Concentração mais alta de compostos de carbono recalcitrante (grupo de aromáticos e alquilas) tem sido estudada como um fator que pode tornar o processo de decomposição mais lento. Na estação seca, a decomposição do material foi positivamente influenciada pela cobertura morta daquelas plantas condicionadoras de solo que mantiveram a umidade do solo mesmo com precipitação pluviométrica muito baixa.

Tabela 8. Taxa de decomposição de resíduos vegetais de plantas condicionadoras de solo em cobertura (TD1) e durante o desenvolvimento da cultura do milho (TD2), ano agrícola de 1993/1994, Senador Canedo, GO.

Espécie	TD1	TD2
	%	
Brachiária ruziziensis	75,20a	78,87ab
<i>Cajanus cajan</i>	51,57 c	61,27 c
<i>Canavalia ensiformes</i>	57,65 c	69,18abc
<i>Crotalária juncea</i>	51,75 c	61,94 c
<i>Crotalária ocroleuca</i>	66,26 b	76,20ab
<i>Mucuna aterrima</i>	52,48 c	65,58 bc
Vegetação espontânea ¹	73,50a	81,79a
C.V. (%)	5,8	8,7

¹ Litter bags contendo predominantemente *Brachiaria ruziziensis*.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 1% de probabilidade.

Fonte: Carvalho et al. (1996a).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas condicionadoras exercem funções relevantes nos agroecossistemas seja nas propriedades químicas, físico-hídricas e biológicas do solo, seja como cobertura de sua superfície. O incremento da matéria orgânica e o fornecimento de nutrientes principalmente de nitrogênio pelas leguminosas e de fósforo por meio de mecanismos específicos de algumas espécies, como exudados excretados pelas raízes do guandu, têm impactos relevantes nos solos do Bioma Cerrado. O uso das plantas condicionadoras de solo resulta na maior diversidade biológica nesses solos. A cobertura do solo protege contra os principais agentes de degradação.

A expansão da agricultura orgânica em áreas de Cerrado demandará o uso mais intensivo de plantas condicionadoras de solo, principalmente, das leguminosas com vistas ao fornecimento biológico do nitrogênio. O controle de invasoras por meio de algumas dessas espécies vegetais também é relevante nos agroecossistemas.

Neste capítulo observa-se um comportamento diferenciado das plantas condicionadoras devido à diversidade de solos e, principalmente, de clima do Bioma Cerrado. Assim, pesquisas devem ser conduzidas com a finalidade de definir a adaptação das espécies condicionadoras de solo aos diferentes agroecossistemas do Cerrado buscando a sustentabilidade deles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKINOLA, J. O.; WHITEMAN, P. C. Agronomic studies on pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millps.). II. Responses to sowing density. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 26, p. 57-66, 1975.
- ALMEIDA, E. X. Legumineira: fonte de proteína para a pequena propriedade. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 2, n. 1, p. 48-51, 1989.
- AMABILE, R. F.; CARVALHO, A.M. de; DUARTE, J. B.; FANCELLI, A. L. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos Cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, 1996.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos num latossolo vermelho-escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 837-845, 1999.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de plantas condicionadoras do solo em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 47-54, 2000.

AMABILE, R. F.; PEREIRA, J.; CARVALHO, A. M. de; GOMES, A. C. Produção de fitomassa e exportação de nutrientes pela parte aérea em genótipos de mucuna. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

BOWEN, W. T.; QUINTANA, J. O.; PEREIRA, J.; BOULDIN, D. R.; REID, W. S.; LATHWELL, D. J. Screening legume green manures as nitrogen sources to succeding non-legume crops. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 111, p. 309-316, 1988.

BULISANI, E. A.; BRAGA, N. A.; ROSTON, A. V. Utilização de leguminosas, como cobertura de solo em sistemas de adubação verde ou rotação de culturas. In: ENCONTRO PAULISTA DE PLANTIO DIRETO, 1., 1987, Piracicaba. Piracicaba: FEALQ, 1987. p. 63-70.

BURLE, M. L.; BOWEN, W. T.; PEREIRA, J.; SUHET, A. R.; RESCK, D. V. S. **Identificação de leguminosas adubo verde tolerantes à seca nos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. 4 p. (Embrapa-CPAC. Pesquisa em Andamento, 22).

BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; BOWEN, W. T.; SUHET, A. R.; RESCK, D. V. S.; PERES, J. R. R. **Comportamento de leguminosas no período da seca em um Latossolo Vermelho-Amarelo de Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1990. 3 p. (Embrapa-CPAC. Pesquisa em Andamento, 48).

BURLE, M. L.; SUHET, A. R.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S. Adubação verde no período da seca nos Cerrados: efeito na cultura do milho. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - 1987/1990**, Planaltina, DF, p. 101-105, 1994.

BURLE, M. L.; SUHET, A. R.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S.; PERES, J. R. R.; CRAVO, M. S.; BOWEN, W.; BOULDIN, D. R.; LATHWELL, D. J. **Legume green manures**: dry-season survival and the effect on succeeding maize crops. Raleigh: Tim McBride, 1992. 35 p. (Bulletin, 92-04).

BUXO, D. A. Effect of planting date and spacing on growth and yield of pigeon pea, *Cajanus cajan*. **Technical Report**, n. 4, p. 8-16, 1985.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (IAPAR. Circular, 80).

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais de adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. p. 1-55.

CAMPO, R. J.; CORDEIRO, D. S.; SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; PALHANO, J. B. **Algumas leguminosas de verão indicadas para adubação verde**. Londrina: Embrapa-CNPSO, 1979. 4 p. (Embrapa-CNPSO. Comunicado Técnico, 1).

CARVALHO, A. M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo:** composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília.

CARVALHO, A. M. de; ANDRADE, L. R. M. de. Biomassa e teores de nutrientes na parte aérea de adubos verdes. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu, MG. **Resumos...** Caxambu: UFLA, 1998. p. 343.

CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. da. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1999. 28 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 4).

CARVALHO, A. M. de; CORREIA, J. R.; BLANCANEUX, P.; FREITAS, L. R. S. da; MENEZES, H. A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R. F. Caracterização de espécies de adubos verdes para milho em Latossolo Vermelho-Escuro originalmente sob cerrado. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996a. p. 384-388.

CARVALHO, A. M. de; FREITAS, L. R. S. da; CORREIA, J. R.; BLANCANEUX, P.; HERMES, L. C.; LIGO, M. A. V.; PESSOA, M. C. P. Y.; MAIA, A. H. N. de. Avaliação da dinâmica de decomposição da matéria orgânica utilizando o método dos "litter bags". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, MG. **Resumos...** Viçosa: UFV, 1995. p. 2039.

CARVALHO, A. M. de; SANTOS, R. A. dos; CORREIA, J. R.; VIVALDI, L. J. Eficiência de cobertura de espécies vegetais utilizadas como adubos verdes em região dos cerrados. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia, SP. **Resumos...** Águas de Lindóia: USP, 1996b. CD-ROOM.

CARVALHO, A. M. de; SODRÉ FILHO, J. Decomposição de adubos verdes e efeitos no rendimento do milho em sistemas com preparo e sem preparo do solo. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRICAO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria, RS. FertBio, [Resumos], 2000a. p. 58. CD-ROM.

CARVALHO, A. M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2000b. 20 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 11).

CHAGAS, J. M.; VIEIRA, R. F.; ARAÚJO, G. A. de A.; ARAÚJO, J. P. P. de. Efeitos da incorporação da *Crotalaria juncea* sobre a cultura do feijão no cerrado. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 34, n. 192, p. 152-161, 1987.

CHAUHAN, Y. S.; JOHANSEN, C.; SINGH, L. Adaptation of extra short duration pigeonpea to rainfed semi-arid environments. **Experimental Agriculture**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 29, p. 233-242, 1993.

CHAUHAN, Y. S.; VENKATARATNAM, N.; SHELDRAKE, A. R. Factors affecting growth and yield of short-duration pigeonpea and its potential for multiple harvests. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 109, p. 519-529, 1987.

CORDEIRO, D. S.; KICHEL, A. N.; PAULETTO, A. E.; ASSIS, V. G. de; SILVEIRA JÚNIOR, P. **Produção de matéria seca de espécies de verão e de inverno, utilizadas como adubação verde na encosta do Sudeste do Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa-UEPAE Pelotas, 1983. 7 p. (Embrapa-UEPAE Pelotas. Comunicado Técnico, 15).

COSTA, N. de L. **Competição de cultivares de guandu sob dois níveis de adubação fosfatada.** Porto Velho: Embrapa-UEPAE Porto Velho, 1989. 5 p. (Embrapa-UEPAE Porto Velho. Comunicado Técnico, 81).

COSTA, N. de L.; ALVES, P. M. P. **Avaliação de cultivares de guandu sob dois níveis de fertilização fosfatada em Porto Velho - RO.** Porto Velho: Embrapa-UEPAE Porto Velho, 1988. 7p. (Embrapa-UEPAE Porto Velho. Comunicado Técnico, 51).

COSTA, N. de L; OLIVEIRA, J. R. da C. Avaliação de cultivares de guandu em Rondônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 88.

CURI, N.; ITURRI LARACH, J. O.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: SBCS, 1993. 90 p.

DAMASO, F. H. M.; CARVALHO, A. M. de; MOURA; L. L.; SODRÉ FILHO, J. Eficiência de cobertura do solo por espécies vegetais na região dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília, DF. [Resumos]. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. CD-ROM.

GOYAL, S. N.; PATEL, N. L.; TIKKA, S. B. S.; AHLAWAT, R. P. S. Row spacing and plant population for rainfed pigeonpea cultivars. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 34, n. 4, p. 502-503, 1989.

HAMMERTON, J. L. A spacing/planting date trial with *Cajanus cajan* (L.) Millsp. **Tropical Agriculture**, Guildford, v. 48, n. 4, p. 341-350, 1971.

HAMMERTON, J. L. Effects of planting date on growth and yield of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L) Millsp.). **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 87, p. 649-660, 1976.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 232-267.

IGUE, K.; ALCOVER, M.; DERPSCH, R.; PAVAN, M. A.; MELLA, S. C.; MEDEIROS, G. B. **Adubação orgânica**. Londrina: IAPAR, 1984. (Informe da Pesquisa, 59).

IAC. **Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo**. Campinas, 1987. 231 p. (IAC. Boletim, 200).

KAPUR, R.; SATIJA, D. R.; DAHIYA, B. S. Influence of plant population on agronomic traits in pigeon pea varieties. **Agricultural Science Digest**, Karnal, v. 7, n. 3, p. 159-162, 1987.

LAWN, R. J. Agronomic and physiological constraints to the productivity of tropical grain legumes and prospects for improvement. **Experimental Agriculture**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 25, p. 509-528, 1989.

LAWN, R. J.; WILLIAMS, J. H. Limits imposed by climatological factors. In: FOOD LEGUME IMPROVEMENT FOR ASIAN FARMING SYSTEMS, Camberra, 1987. **Proceedings...** Camberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1987. p. 38-98.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 64-123.

PEREIRA, J. **Adubação com mucuna preta em solos de cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1982. 3 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 15).

PEREIRA, J. **Adubação verde aumenta a produtividade**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1984. 2 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 75).

PEREIRA, J. **Avaliação de características agronômicas de leguminosas adubos verdes no Cerrado**: projeto de pesquisa. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. 12 p.

PEREIRA, J. **O feijão guandu**: uma opção para a agropecuária brasileira. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1985. 27 p. (Embrapa-CPAC. Circular Técnica, 20).

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1992, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

PEREIRA, J.; KAGE, H. Manejo da matéria orgânica em solos de Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília. **Uso e manejo**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1980. p. 581-591.

PEREIRA, J.; PERES, J. R. R. Manejo da matéria orgânica. In: GOEDERT, J. W. (Ed.). **Solos dos Cerrados**: tecnologias e estratégias de manejo. Brasília: Embrapa-CPAC, 1986. p. 261-284.

PEREIRA, J.; SHARMA, R. D. Avaliação das características agronômicas de leguminosas “adubos verdes”. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 322-325.

PERES, R. M.; FAVORETTO, V. Efeito do espaçamento e da época de plantio sobre a produção de matéria seca utilizável, composição química e a digestibilidade “in vitro” de duas variedades de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 24., 1987, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1987. p. 198.

PUSTE, A. M. Growth analyses of pigeonpea varieties grown during winter season as influenced by spacing. **Environment and Ecology**, Calcutta, v. 6, n. 2, p. 414-417, 1988.

PUSTE, A. M.; JANA, P. K. Effects on dates of sowing and growth patterns of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L) Millsp.) in winter season. **Madras Agricultural Journal**, Coimbatore, v. 77, n. 5/6, p. 208-211, 1990.

REDDY, M. G.; GROSH, B. C.; SUDHAKAR, N. Effect of time of sowing and plant population on performance of winter pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 61, n. 6, p. 425-426, 1991.

RODRIGUES, L. R. de A.; RODRIGUES, T. de J. D.; REIS, R. A. **Alelopacia em plantas forrageiras**. Jaboticabal: UNESP: FUNEP, 1992. 18 p.

SABADIN, H. C. Adubação verde, **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 37, n. 354, p. 19-26, 1984.

SALGADO, A. L. de B.; AZZINI, A.; PIMENTEL, J. M.; POTASCHEFF JÚNIOR, J. **Instruções para a cultura da crotalária júncea visando à produção de fibras**. Campinas: IAC, 1984. 27 p. (IAC. Boletim, 198).

SHARMA, K. N.; BHANDARI, A. L.; RANA, D. S.; KAPUR, M. L.; SODHI, J. S. Crop yield, nutrient uptake and soil properties as influenced by components of crop technology in a pigeon pea - wheat sequence. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, New Delhi, v. 38, p. 520-523, 1990.

SHARMA, R. D.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S. **Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1982. 30 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 13).

SINHA, A. C.; MANDAL, B. S.; JANA, P. K. Effect of time of sowing, row spacing and weed control measures on production of pigeon pea. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 34, n. 3, p. 283-285, 1989.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. de S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 142 p. (Embrapa-CNPaf. Documentos, 45).

SPENCE, J. A.; WILLIAMS, S. J. A. Use of photoperiod response to change plant design. **Crop Science**, Madison, v. 12, p. 121-122, 1972.

TAYO, T. O. Assessment of the effect of ratooning pigeon pea pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in the lowland tropics. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 104, p. 589-593, 1985.

TAYO, T. O. Growth, development and yield of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in the lowland tropics. 1. Effect of plant population density. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 98, p. 65-99, 1982.

TAYO, T. O. Growth, development and yield of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in the lowland tropics. 5. Effect of planting configuraton. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, Grã-Bretanha, v. 101, p. 441-445, 1983.

WALLIS, E. S.; SAXENA, K. B.; BYTH, D. E. Flowering responses of thirty-seven early maturing lines of pigeonpea. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PIGEONPEAS, 1981, Patancheru. **Proceedings...** Patancheru: ICRISAT, 1981. v. 2, p. 143-150.

WALLIS, E. S.; WHITEMAN, P. C.; BYTH, D. E. Pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) production systems in Australian. In: REGIONAL WORKSHOP ON TROPICAL GRAIN LEGUMES, 1981, St. Augustine. **Proceedings...** St. Augustine: University of the West Indies, 1979. n.p.

Fixação biológica de nitrogênio em espécies para adubação verde

Walter Quadros Ribeiro Júnior
Maria Lucrecia Gerosa Ramos

INTRODUÇÃO

A deficiência do nitrogênio é fato comum em áreas de Cerrado, uma vez que ocorre aumento significativo de produtividade em função da adubação nitrogenada (FREITAS et al., 1963; BRITTO et al., 1971; FREITAS et al., 1971; GROVE et al., 1980). Entretanto, uma avaliação precisa do balanço de nitrogênio no solo de Cerrado depende de fatores que envolvem as plantas (eficiência de extração e necessidade das culturas) e do balanço entre os ganhos (adubação, matéria orgânica/mineralização, fixação de nitrogênio, adição pela chuva) e as perdas (imobilização, lixiviação, perdas gasosas e exportação pelas culturas). Esses fatores são influenciados pelo clima, tipo e manejo do solo.

Quando se pensa em balanço de nitrogênio no Cerrado, devem-se discutir, separadamente, os períodos de seca e de chuva. No período seco, há maior volatilização de nitrogênio aplicado como fertilizante por causa da falta de umidade, ocorrendo, pelo mesmo motivo, baixa mineralização, assim como baixa fixação de N₂ em razão da diminuição da atividade dos microrganismos. Entretanto, diminuem-se as perdas por lixiviação e por emissões gasosas em forma de óxidos nítrico e nitroso em relação ao período chuvoso (CARVALHO, 2005).

No período de chuvas, a perda mais significativa de nitrogênio ocorre por lixiviação. Isso se dá, em solos tropicais, porque há rápida mineralização (40% a 60% em quatro semanas depois da incorporação) da planta condicionadora (BOWEN, 1987; QUINTANA, 1987). Devido à alta solubilidade e mobilidade do íon nitrato, ocorre, em seguida, lixiviação, levando o nitrogênio para as camadas mais profundas do solo, longe do alcance do sistema radicular das plantas.

Em geral, pelo fato de haver boa drenagem em solos de Cerrado, no período de chuvas, não há os inconvenientes causados pela anaerobiose que afetam tanto a atividade dos microrganismos quanto a mineralização e disponibilidade de nutrientes.

Especificamente, em relação à adubação verde, a incorporação da leguminosa no solo é o método mais eficiente de transferir o nitrogênio para a cultura (BOWEN, 1987). Nessa região, no período chuvoso, quando as condições de temperatura e de umidade são favoráveis à mineralização, a cobertura morta pode ser opção viável sempre que não se deseja uma liberação muito rápida dos nutrientes principalmente, se a leguminosa for de fácil decomposição, como o feijão-bravo-do-ceará (CHADDA; DE POLLI, 1988; MAGALHÃES et al., 1991; CARVALHO, 2005).

Deve-se ressaltar, ainda, que a baixa razão C:N das leguminosas permite rápida liberação no solo do N fixado simbioticamente. É desejável que haja sincronização dessa mineralização, com a demanda da cultura subsequente, levando a um mínimo de perdas tanto do nitrogênio quanto de outros nutrientes. Estudos que podem ser desenvolvidos em solos de Cerrado, com plantas condicionadoras, possibilitam a identificação de leguminosas com padrões de mineralização que se aproximem da curva de demanda de N da cultura seguinte.

Um manejo adequado a cada sistema agrícola, envolvendo o uso das espécies vegetais para adubação verde e a fixação biológica de nitrogênio, depende ainda do conhecimento mais preciso da dinâmica do nitrogênio nesses solos em diferentes tipos de manejo e períodos do ano.

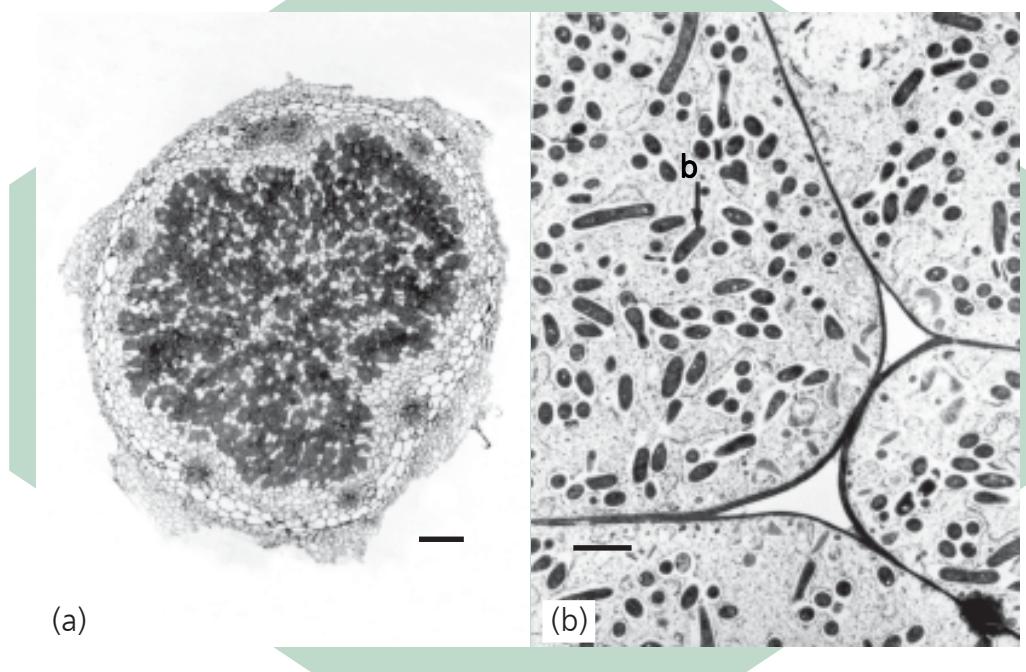
DEFINIÇÃO DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO (FBN) E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA SIMBIÓTICO

A fixação biológica do nitrogênio é a transformação do nitrogênio atmosférico elementar (N_2) em forma assimilável pelas plantas através de microrganismos procarióticos. Quando o sistema envolve além do microrganismo uma planta hospedeira, é chamado “fixação simbiótica do nitrogênio” que tem na associação *Rhizobium-leguminosas* o exemplo agronômico mais notável. Em leguminosas, há várias etapas para a formação dos nódulos, desde os sinais moleculares entre a planta hospedeira e o microssimbionte até o funcionamento dos nódulos radiculares. Dependendo da planta hospedeira, a ela são associadas bactérias dos gêneros: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizoibium*, *Sinorhizobium* e *Allorhizobium*. O rizóbio é uma bactéria aeróbia e pode viver saprofiticamente no solo sem a presença da leguminosa hospedeira. Por isso, em termos práticos, muitas vezes não é necessária a inoculação uma vez que a bactéria já se encontra no solo.

A interação entre a planta e o microssimbionte é bastante complexa. Antes da formação do nódulo, ocorre a troca de sinais moleculares entre a planta hospedeira e o microssimbionte. Cada espécie de leguminosa libera compostos fenólicos (flavonóides) que ativam os genes de nodulação das bactérias, estimulando sua multiplicação e aderência às raízes. Em seguida, há o encurvamento do pelo radicular que é causado pela liberação de moléculas pela bactéria. Deve-se ressaltar que, em algumas associações simbióticas, a penetração da bactéria dá-se nas raízes emergentes, não formando o cordão de infecção.

As enzimas bacterianas degradam parte da parede celular e permitem a entrada da bactéria no pelo radicular; em seguida, forma-se o cordão de infecção (contendo as bactérias envoltas por uma membrana) que vai em direção ao córtex. As células do córtex dividem-se, e as bactérias são liberadas no citoplasma e estimulam a divisão de algumas células, levando-as à proliferação

dos tecidos e formando o nódulo maduro (Figura 1a); as bactérias passam à forma imóvel chamada de bacteróide. Os bacteróides ocorrem geralmente no citoplasma das células infectadas e em grupos rodeados pela membrana peribacteróide (Figura 1b). A fixação biológica do nitrogênio ocorre dentro dos bacteróides; a planta hospedeira disponibiliza carboidratos (principalmente a sacarose) que servem como fonte de energia, através de sua oxidação.



Fotos: Walter Quadros R. Júnior

Figura 1. (a) Corte transversal de nódulo de leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) mostrando o córtex e a região central infectada pelos bacteróides. Barra = 100 mm. (b) Fotomicrografia eletrônica de transmissão mostrando a região central do nódulo de leguminosa.

b = bacteróide. Barra = 2 mm.

Para que ocorra a fixação biológica do nitrogênio, é necessário que o microrganismo tenha o complexo enzimático chamado nitrogenase, e o primeiro produto produzido por essa reação é a amônia. Para o funcionamento desse complexo enzimático, são também necessários: Mg, Fe, Mo, Co e ATP. Ao

mesmo tempo que ocorre a redução do N₂, a nitrogenase reduz prótons de hidrogênio em H₂, levando-os a um gasto de pelo menos 25% dos elétrons destinados à nitrogenase. De acordo com Hungria et al. (1989) e Bergersen et al. (1995) há estirpes de *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* que contêm a enzima hydrogenase a qual recupera parte da energia perdida pela redução do hidrogênio.

A reação enzimática é a seguinte:

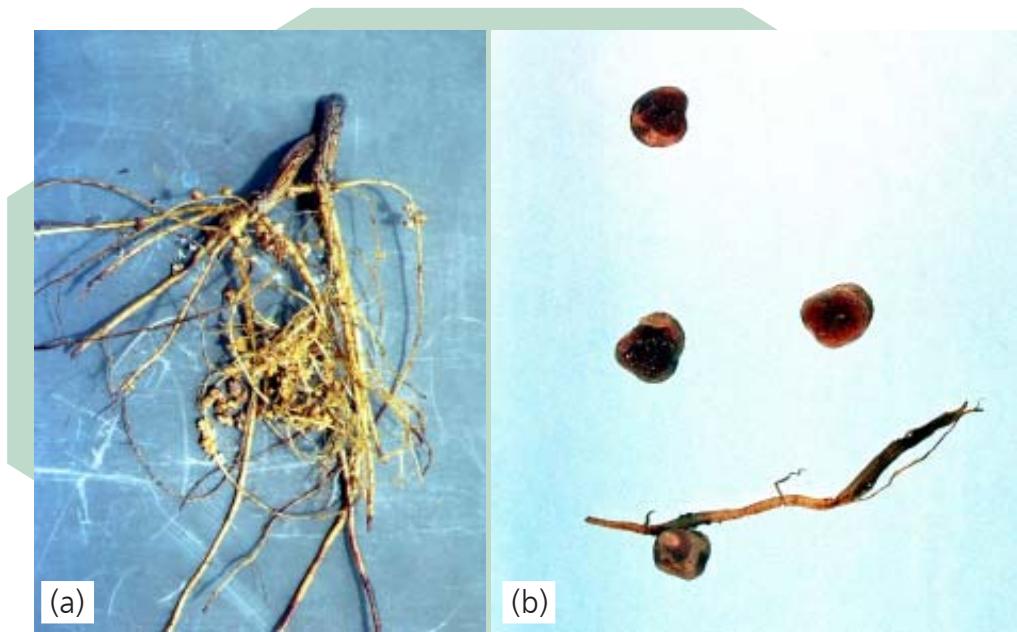


A amônia é liberada dos bacteróides e no citosol é metabolizada a glutamina, ácido glutâmico e asparagina ou ureídos (em geral, em plantas tropicais). A asparagina (C₄N₂H₇O₄) ou os ureídos (alantoína - C₄N₄H₆O₃ e ácido alantóico - C₄N₄H₈O₄) são os principais compostos translocados dos nódulos para o xilema, através do sistema vascular. Plantas que transportam ureídos cuja razão C:N é baixa (p. exemplo, C:N = 1) em relação às amidas e aos aminoácidos levam a uma economia de esqueletos de carbono pela planta, mas também a um menor gasto de ATP na síntese de ureídos (MINCHIN et al., 1981; THOMAS; SCHRANDER, 1981). Entre as leguminosas utilizadas como plantas condicionadoras de solo, sabe-se que a mucuna-preta (*M. aterrima*), a mucuna-anã (*M. deeriagiasum*) e o feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*) estão entre as leguminosas que transportam ureídos nos vasos do xilema (AGUIAR et al., 1997), além da *Leucaena leucocephala* (GOI; NEVES, 1987), *Gliricida sepium*, *Mimosa scabrella* e *Sesbania grandiflora* (KESSEL et al., 1988).

A fixação do nitrogênio é sensível ao O₂, pois as duas proteínas que compõem a nitrogenase (Fe proteína e Fe-Mo proteína) são desnaturadas pelo O₂. A leghemoglobina que dá a coloração rósea aos nódulos, quando as bactérias estão fixando o nitrogênio atmosférico, só é sintetizada se a planta e a bactéria estiverem em simbiose (ELLFOLK, 1972) e localizarem-se no citoplasma das células infectadas do nódulo (VERMA; BAL, 1976). Essa hemeprteína controla parcialmente a disponibilidade de O₂ nos bacteróides, mas outras características anatômicas do nódulo, também, são importantes para o controle e a

manutenção de baixos teores de oxigênio na região central dos nódulos como: presença de glicoproteínas nos espaços intercelulares do córtex e conformação das células do córtex (JAMES et al., 1993; PARSONS; DAY, 1990; WITTY et al., 1986).

O nódulo é uma estrutura que tem, entre outras funções, a de proteger a nitrogenase (responsável pela FBN) contra o oxigênio que inativa a enzima. O oxigênio fica adsorvido à leghemoglobina, evitando a inativação dela. Essa ligação oxigênio-leghemoglobina fornece o oxigênio para os bacteróides sem afetar a atividade da nitrogenase, promovendo uma coloração rósea internamente na região central do nódulo que é utilizada como indicativo de eficiência simbiótica (Figura 2). Em termos práticos, empiricamente, os agricultores podem determinar se a inoculação das sementes ou a nodulação natural são eficientes, cortando os nódulos ao meio e observando a coloração rósea deles.



Fotos: Walter Quadros R. Júnior

Figura 2. (a) Raiz de *Mucuna aterrima* nodulada. (b) Corte transversal de nódulo de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) mostrando a produção de leghemoglobina (coloração rósea na região central do nódulo).

IMPORTÂNCIA DA FBN EM PLANTAS CONDICIONADORAS DE SOLO

Apesar de o N₂ atmosférico representar 78% da composição dos gases da atmosfera, ele é inerte, estável quimicamente e insolúvel.

A perda que ocorre no solo e o alto custo da adubação nitrogenada, aliados à baixa eficiência das plantas na extração desse nutriente no solo, que, para a maioria das culturas não chega a 50%, agravam o quadro de deficiência de nitrogênio, principalmente, em pequenas propriedades.

A aquisição do nitrogênio via simbiose, portanto, reduz a perda do nitrogênio, descrita anteriormente, evitando, também, a poluição do lençol freático por nitrato.

Como a produção do adubo nitrogenado depende de energia não-renovável, e como o agravamento da crise energética, no futuro, é previsível, a fixação biológica do nitrogênio é uma alternativa viável e energeticamente gratuita já que essa energia ocorre via fotossíntese.

Especificamente, em sistemas que utilizam adubação verde, a fixação biológica do nitrogênio é vantajosa porque essas leguminosas fixadoras desenvolvem-se com baixa utilização de insumos, disponibilizam o nitrogênio e outros nutrientes para a cultura subsequente e mantêm parte do nitrogênio do solo na forma orgânica evitando perdas por lixiviação.

RESPOSTA À INOCULAÇÃO E CAPACIDADE DE FBN EM PLANTAS CONDICIONADORAS DE SOLO

De maneira geral, a maioria das leguminosas utilizadas como condicionadoras de solo nodula sem haver necessidade de inoculação, pois há, no Bioma Cerrado, uma população nativa de *Rhizobium* em torno de 10⁶ células/g de solo (VARGAS et al., 1984). A abundância de leguminosas na vegetação original desse Bioma (SILVA, 1977) deve ter estimulado o *Rhizobium* autóctone (nativo) do solo. Como consequência, raramente se observam respostas à inoculação (RODRIGUES et al., 1994; VARGAS et al., 2004) para a

maioria das espécies usadas como condicionadoras de solo. Entre as leguminosas que nodulam com estirpes específicas de *Rhizobium*, ou seja, respondem à inoculação, está a leucena (SUHET et al., 1986) que, quando inoculada, pode fixar entre 98 e 134 kg N ha⁻¹, em seis meses, dependendo da estirpe inoculada (MULONGOY; SANGINGA, 1990). Apesar de o gênero *Stylosanthes* ser considerado específico (DÖBEREINER, 1970; SOUTO et al., 1972), em solo de Cerrado, não se tem observado resposta à inoculação e à adubação nitrogenada, sugerindo que as estirpes nativas são eficientes na fixação do nitrogênio (VARGAS et al., 1994, 2004). Xavier et al. (1990) também não observaram diferenças na nodulação, desenvolvimento e teor de N total de vários acessos de *S. guianensis*, exceto para o IPF 388/75 em que a inoculação com a estirpe CIAT 572 foi inferior aos tratamentos sem inoculação. Entre as espécies promíscuas, ou seja, de baixa especificidade hospedeira, citam-se algumas leguminosas utilizadas como condicionadoras de solo ou com duplo propósito (condicionador do solo e forragem) como: *Galactia*, *Calopogonium*, *Pueraria*, *Neotia*, *Macroptilium*, *Dolichos*, *Vigna*, *Zornia* etc. (SÁ; VARGAS, 1997; VARGAS et al., 2004).

Pesquisas desenvolvidas por Rodrigues et al. (1994) mostraram que a inoculação da mucuna-preta e do feijão-de-porco com *Rhizobium*, selecionado para essas leguminosas, não promoveu aumento da matéria seca dos nódulos ou da parte aérea, no entanto, esses rendimentos foram inferiores ao tratamento com 60 mg N/kg de solo, sugerindo que é possível obter estirpes com maior eficiência e com capacidade de fixar maiores quantidades de nitrogênio atmosférico.

Em experimentos desenvolvidos em solos de Cerrado de Goiânia, GO por Carvalho et al. (1996), as diversas espécies condicionadoras de solo (Tabela 1) apresentaram boa nodulação natural (peso e número de nódulos), principalmente, a mucuna-preta que produziu entre 390 e 800 mg de nódulos/planta em dois anos agrícolas consecutivos. Deve-se considerar que no ano agrícola em que se obteve peso mais elevado dos nódulos da mucuna (800 mg/planta) houve maior precipitação pluviométrica. Bowen (1987) estimou para a

mucuna-preta, cultivada durante o período chuvoso, que 60% do nitrogênio acumulado na planta foi devido à fixação biológica.

Tabela 1. Peso (mg/planta) e número de nódulos (unidade/planta) de diferentes espécies de plantas condicionadoras de solo, cultivados na entressafra, no Cerrado de Goiânia, GO.

Espécie	Peso de nódulos		Número de nódulos	
	1993/1994	1994/1995	1993/1994	1994/1995
<i>Cajanus cajan</i>	96,7 b	37,7 c	9,50 b	5,00 d
<i>Canavalia ensiformis</i>	84,9 b	179,9 b	5,70 b	20,25 bc
<i>Crotalaria juncea</i>	45,8 b	66,1 c	20,60 a	26,25 ab
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	85,7 b	62,9 c	27,15 a	12,50 cd
<i>Mucuna aterrima</i>	811,4 a	391,0 a	23,30 a	35,50 a

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

Fonte: modificado de Carvalho et al. (1996).

Essa alta nodulação natural explica parcialmente a boa adaptabilidade de algumas leguminosas utilizadas como adubos verdes e/ou plantas de cobertura em solos pobres em nitrogênio. O fato de as leguminosas usadas como condicionadoras de solo apresentarem alta nodulação com estirpes nativas não significa que aquelas bactérias tenham eficiência máxima, pois muitas dessas estirpes nativas têm alta capacidade competitiva, dificultando a introdução de outras estirpes via inoculação das sementes. Uma das maneiras de avaliar a eficiência da população nativa (ou autóctone) de *Rhizobium* é estudar a resposta da leguminosa à adubação mineral mostrando que a associação simbiótica pode não fixar o nitrogênio atmosférico suficientemente e que a eficiência da associação ainda pode ser melhorada. Com essa tendência nessa região, citam-se as leguminosas *Centrosema pubescens*, *Galactia striata*, *Calopogonium muconoides* e *Macroptilium atropurpureum* (PAULINO, 1984; VARGAS et al., 1984; CHADDA; DE POLLI, 1988).

Por sua vez, o fato de a adubação nitrogenada não aumentar a produção de matéria seca e N total na planta indica que as estirpes nativas são eficientes na fixação do nitrogênio atmosférico, como ocorre com o *Stylosanthes* no Cerrado (VARGAS et al., 1984; 2004).

NITROGÊNIO ACUMULADO EM LEGUMINOSAS CONDICIONADORAS DE SOLO E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A CULTURA SUBSEQUENTE

Há várias metodologias para quantificar a importância de uma leguminosa como fonte de nitrogênio. Bouldin et al. (1979) estimaram a variabilidade de fixação de N₂ em leguminosas de climas tropical e temperado entre 20 e 822 kg de N ha⁻¹ ano. Esses autores, trabalhando com leguminosas tropicais utilizadas como condicionadoras de solo, estimaram o nitrogênio fixado entre 86 e 535 kg de N ha⁻¹ano⁻¹. É importante salientar que muitas diferenças podem ser atribuídas parcialmente à densidade populacional e aos estádios de maturidade fisiológica a que essas plantas foram submetidas.

Em termos práticos, não somente a fixação de N₂ deve ser considerada, mas também a capacidade de a leguminosa extrair o N mineral do solo que está fora de alcance das raízes da maioria das culturas. Nesse caso, a leguminosa condicionadora de solo, além de fixar N₂, deve, necessariamente, ter sistema radicular profundo e ser eficiente na extração de nutrientes.

A produção de fitomassa e o nitrogênio incorporado pela planta, via fixação biológica de nitrogênio, ou a capacidade de absorção desse nutriente pelas raízes, além da razão C:N, são importantes parâmetros para a seleção de plantas colonizadoras de solo. Em um levantamento bibliográfico, verificou-se que o nitrogênio acumulado nas diversas leguminosas, variou entre 23 e 600 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 2).

A razão C:N determina a velocidade com que o N-orgânico será liberado no solo. As leguminosas utilizadas como condicionadoras de solo, normalmente, têm uma razão C:N menor que 20, facilitando sua decomposição e liberação mais rápida de nutrientes.

Também devem ser considerados a concentração e o acúmulo de N total na cultura subsequente (STAMFORD et al., 1994; CERETTA et al., 1994). Segundo Ceretta et al. (1994), uma planta condicionadora é eficiente em relação à incorporação de nitrogênio no solo quando a concentração de N na cultura subsequente está entre 2,2 % e 2,7% de N.

Tabela 2. Avaliações do nitrogênio fixado ou incorporado ao solo, dados obtidos da literatura.

Espécie	Quantidade incorporada ou fixada (kg N ha ⁻¹)	Período	Critério	Fonte
<i>Cajanus cajan</i>	230	1 ciclo	4	Carsky (1989) *
<i>Calopogonium mucunoides</i>	142	1 ciclo	4	Carsky (1989) *
<i>Canavalia brasiliensis</i>	213	1 ciclo	4	Burle et al. (1992) *
<i>Canavalia ensiformis</i>	107 - 119	1 ciclo	1	Franco e Souto (1984), De Polli e Chadda (1989)
<i>Canavalia ensiformis</i>	230	1 ciclo	4	Carsky (1989) *
<i>Crotalaria juncea</i>	23 - 154	1 ciclo	1	Franco e Souto (1984), De Polli e Chadda (1989)
<i>Crotalaria paulina</i>	170	1 ciclo	4	Carsky (1989) *
<i>Leucaena leucocephala</i>	220-600	Anual	4	Duguma et al. (1988), Guevara et al. (1978)
<i>Mucuna aterrima</i>	148-200	1 ciclo	1	Franco e Souto (1984)
<i>Mucuna aterrima</i>	242	1 ciclo	2	Bowen (1987) *
<i>Mucuna aterrima</i>	184	1 ciclo	3	Bowen (1987) *
<i>Mucuna aterrima</i>	313	1 ciclo	4	Sanginga et al. (1996)
<i>Pueraria phaseoloides</i>	116	1 ciclo	4	Carsky (1989) *

1 - N fornecido para a próxima cultura; 2 - Quantidade de N aplicado na forma de condicionador de solo, para um ganho de 1 t ha⁻¹; 3 - Nitrogênio fixado; 4 - Acumulação total de N na espécie condicionadora de solo.

Fonte: * Dados obtidos da literatura em condições de solos do Bioma Cerrado.

O cultivo de adubos verdes antes da cultura em sucessão (por exemplo, milho) pode substituir a adubação nitrogenada entre 80 e 130 kg N ha⁻¹ (DE POLLI; CHADDA, 1989; CERETTA et al., 1994).

Em solos de Cerrado, várias leguminosas, além de produzir matéria seca em quantidade elevada (5 a 8,5 t ha⁻¹), fixaram nitrogênio atmosférico entre 60 e 173 kg N ha⁻¹ (CARSKY, 1989). As taxas de fixação de nitrogênio ficaram entre 0,83 e 1,93 kg N ha⁻¹ dia⁻¹ (Tabela 3) para um período de 122 dias depois da emergência da maioria das plantas.

Tabela 3. Fixação simbiótica de plantas condicionadoras, cultivadas em solo de Cerrado.

Espécie	N acumulado	N-via fixação	Proporção de N da fixação	Taxa de fixação ⁽¹⁾ (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)
	(kg ha ⁻¹)			
<i>Canavalia ensiformis</i>	228,7b	173,2	76,1	1,42
<i>Cajanus cajan</i>	229,4b	168,0	73,2	1,38
<i>Canavalia ensiformis</i>	230,8b	181,4	78,6	1,47
<i>Calopogonium mucunoides</i>	141,7c	81,4	57,4	0,67
<i>Crotalaria striata</i>	305,8a	235,4	77,0	1,93
<i>Mucuna aterrima</i>	151,8c	100,2	66,0	0,82
<i>Pueraria phaseoloides</i>	116,2c	59,9	51,5	0,52

⁽¹⁾ Taxa calculada desde a emergência até a colheita: 123 dias para *C. ensiformis*; 116 para *P. phaseoloides* e 122 para as outras espécies.

Fonte: Modificado de Carsky (1989).

Dentre as leguminosas utilizadas como condicionadoras de solo, têm-se destacado a mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) e o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), pois elas incorporam altos teores de nitrogênio que são absorvidos pela cultura subsequente. Essas leguminosas têm crescimento bastante rápido, produzindo matéria seca de 4426 a 6040 kg ha⁻¹ para mucuna e feijão-de-porco respectivamente (CARSKY, 1989). Há dados na literatura mostrando que a

mucuna pode acumular, em 12 semanas, até 313 kg N ha⁻¹ e que até 74% do nitrogênio incorporado por meio dessa leguminosa é devido à fixação biológica (SANGINGA et al., 1996).

O padrão de mineralização das espécies vegetais, citadas anteriormente, em condições de Cerrado, apresenta três fases características: (1) fase inicial muito rápida de aproximadamente 40 dias; (2) fase lenta, entre 40 e 100 dias; (3) fase estável entre 100 e 170 dias (QUINTANA, 1987). A demanda da cultura subsequente deve coincidir com a mineralização e o fornecimento do N da espécie condicionadora de solo, porque podem ocorrer perdas desse nutriente no perfil do solo e/ou perdas gasosas por volatilização e emissões na forma de óxidos (NO e N₂O) (CARVALHO, 2005).

Para as condições de solo de Cerrado, Bowen (1987) estimou que 30% do total de N inorgânico foi liberado em duas semanas depois da incorporação da mucuna-preta ao solo com umidade favorável. Passado esse período inicial de rápida liberação de nitrogênio, a taxa de mineralização permaneceu linear, com liberação de aproximadamente 6 kg N ha⁻¹ por semana, entre 9 e 78 dias depois da semeadura da cultura subsequente que, no caso, foi o milho.

Portanto, deve haver um sincronismo entre a liberação de nutrientes, principalmente do nitrogênio, pela leguminosa (parte aérea e raízes) e a absorção desses nutrientes pela cultura subsequente.

A liberação e a disponibilidade de nutrientes para a cultura em sucessão podem ser manipuladas pelo controle da quantidade e da qualidade dos resíduos das plantas condicionadoras adicionadas ao solo. Os principais parâmetros envolvidos nesse controle são: teor de nitrogênio, lignina, polifenóis e razão C:N (MYERS et al., 1994) .

Os mecanismos que determinam a regulação desse sincronismo são mostrados no modelo simplificado da Figura 3. São apresentadas as vias de imobilização e mineralização de N, C e outros nutrientes nos resíduos orgânicos adicionados ao solo, nos *pools* orgânicos e inorgânicos do solo.

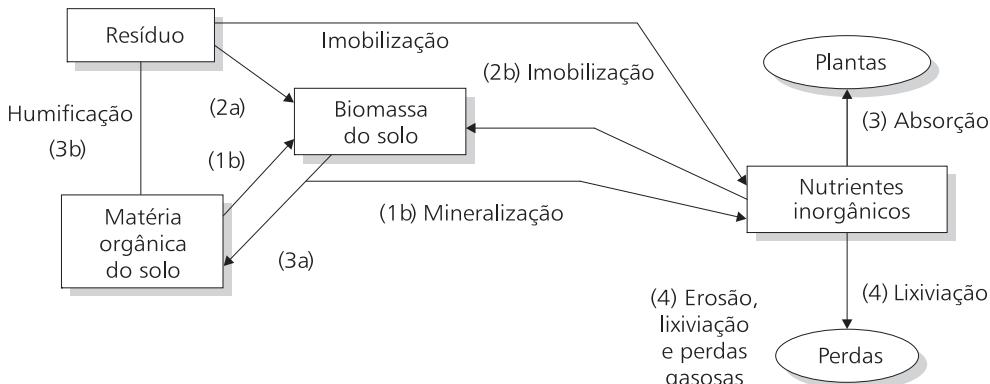


Figura 3. Modelo conceitual da imobilização e da mineralização de nutrientes no solo.

Fonte: Myers et al. (1994).

Na via 1, parte do C, N e de outros nutrientes são mineralizados imediatamente ou são imobilizados pela microbiota do solo (via 2a) e são transformados em outros *pools* orgânicos do solo (via 3b). Os resíduos recalcitrantes de plantas podem entrar no reservatório do material orgânico do solo (via 3b). O C, N e outros nutrientes dos vários reservatórios orgânicos do solo podem ser decompostos e assimilados pelos microrganismos (via 1b) e serem mineralizados. Os nutrientes inorgânicos liberados pela mineralização podem ser assimilados pela biota do solo e imobilizados (via 2). A imobilização e a mineralização de N e de outros nutrientes ocorrem simultaneamente, e a disponibilidade desses para as plantas depende do balanço entre a mineralização e a imobilização (via 2). O N e outros nutrientes podem também ser absorvidos pelas plantas (via 3), perdidos por volatilização (NH_3), emissão de óxidos de nitrogênio (NO e N_2O) e lixiviação (via 4) ou permanecerem no solo.

Bowen (1987) observou, em condições de solo do Cerrado, que a maior parte do N liberado pela mucuna-preta estava a uma profundidade de 30 cm no perfil do solo, aos nove dias depois da semeadura do milho, mas, aos 20 dias, grande parte do N havia sido lixiviada entre 30 e 60 cm. Aos 35 dias da semeadura, 75% do N inorgânico liberado pela mucuna-preta estava entre 60 e 120 cm de profundidade. O autor observou ainda que, apesar de o N ter sido

lixiviado no perfil do solo, as raízes do milho se desenvolveram suficientemente para utilizar esse nutriente.

Os principais fatores que determinam o sucesso do uso de leguminosas como condicionadoras de solo, em relação ao fornecimento de nitrogênio, estão listados na Tabela 4.

Tabela 4. Fatores que determinam o sucesso do uso de espécies condicionadoras de solo.

Fator	Fonte
Capacidade de fixar N ₂	Hunter et al. (1995), Sanginga et al. (1996)
Época e modo de incorporação	Stamford et al. (1994)
Composição química do material vegetal	Carvalho (2005)
Relação caule/folha	Ceretta et al. (1994)
Relação lignina/N	Melillo et al. (1982)
Relação polifenóis/N	Palm e Sanchez (1991)
Produção de fitomassa	De Polli e Chadda (1989)
Manejo do solo	Ceretta et al. (1994)
Razão C:N	Magalhães et al. (1991), Ceretta et al. (1994)
Sincronismo entre a liberação do N e a demanda da cultura subsequente	Bowen (1987), Carsky (1989), Myers et al. (1994)
% N na cultura subsequente	Ceretta et al. (1994), Stamford et al. (1994)

FATORES LIMITANTES À FBN NO CERRADO

Qualquer fator que afete o crescimento das plantas, certamente, influenciará na fixação biológica do nitrogênio e vice-versa já que a associação é um sistema simbiótico em que ambos os parceiros são interdependentes. Para o Cerrado especificamente, os fatores limitantes mais evidentes são acidez, deficiências de fósforo e zinco, toxidez de alumínio e, em menor escala, de manganês, além da deficiência hídrica e alguns fatores bióticos, como antagonismo microbiano ao rizóbio pela produção de antibióticos por actinomicetos (RAMOS et al., 1987).

ACIDEZ DO SOLO E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES

A baixa disponibilidade de nutrientes e a toxidez de alumínio, além de limitar o desenvolvimento da leguminosa hospedeira (RAMOS, 1985; GUILLER; WILSON, 1993), podem afetar a sobrevivência do rizóbio nativo, bem como aquele inoculado nas sementes. Tem-se observado grande variabilidade de tolerância a condições de acidez do solo tanto da planta (MUNNS; FOX, 1977; KEYSER et al., 1979) quanto das espécies de *Rhizobium* (LOWENDORF et al., 1981; BROCKWELL et al., 1995).

O excesso de alumínio e o baixo pH são prejudiciais à iniciação dos nódulos e/ou eficiência da simbiose e ao crescimento da maioria das plantas (MUNNS, 1968; JACOB-NETO, 1993; POOLPIPATANA; HUE, 1994).

As etapas iniciais da formação dos nódulos são bastante afetadas pela acidez, podendo alterar tanto a formação dos pêlos radiculares nas leguminosas (MUNNS, 1968), quanto o número e o comprimento destes (FRANCO; MUNNS, 1982).

As leguminosas utilizadas como condicionadoras de solo respondem diferentemente à acidez do solo e à toxidez de alumínio (ABBOUD, 1986; RODRIGUES et al., 1994; PAULINO et al., 1996). O guandu (*Cajanus cajan*), por exemplo, pode tolerar concentrações de até 80 mg Al/kg de matéria seca da parte aérea, enquanto outras leguminosas, como espécies de *Sesbania*, toleram somente 30 mg Al/kg de matéria seca, provocando redução significativa da sua fitomassa (POOLPIPATANA; HUE, 1994). Entre as espécies de *Stylosanthes*, o *S. capitata* parece ser o mais tolerante ao baixo pH, seguido de *S. hamata* e *S. guianensis* (PAULINO et al., 1996).

O feijão-de-porco parece ser mais tolerante à acidez que a mucuna-preta (RODRIGUES et al., 1994). Por sua vez, Abboud (1986) observou que o feijão-de-porco, o feijão-bravo-do-ceará e a mucuna-preta não responderam à calagem e produziram mais matéria seca do que outras leguminosas em condições de pH 4,5 e de 54% de saturação por alumínio. O autor observou ainda que as outras

leguminosas mais tolerantes a baixo pH foram: caupi (*Vigna unguiculata*), labe-labe (*Dolichos lablab*), guandu cv. kaki (*Cajanus cajan*), guandu comum e crotalária (*Crotalaria paulina*). Essas leguminosas não responderam à calagem, na produção de matéria seca até a dose equivalente a 2 t ha⁻¹. Das 13 espécies testadas, somente a crotalária juncea e a crotalária anagiróide responderam à calagem.

Os baixos níveis de fósforo nos solos de Cerrado, também afetam a fixação biológica do nitrogênio, direta e indiretamente, sendo que as leguminosas respondem diferentemente à aplicação desse nutriente. Em experimentos conduzidos em casa de vegetação, Abboud (1986) e Magalhães et al. (1991) observaram que as leguminosas crotalária juncea, guandu e feijão-bravo-do-ceará responderam à aplicação de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, promovendo maior acúmulo de fitomassa na parte aérea, enquanto a crotalária anagiróide e a mucuna-preta não responderam a essa dose de P na produção de matéria seca. Esses resultados sugerem que a crotalária anagiróide e a mucuna-preta sejam mais tolerantes a baixos níveis de P ou têm alta capacidade de extração de P do solo. A mucuna-preta também parece ser bastante eficiente na utilização de fosfato de rocha, acumulando teores de P semelhantes ao tratamento com termofosfato, na dose de 400 kg ha⁻¹ (SILVA et al., 1985). O guandu é capaz de remover P retido nos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio por meio de exudados radiculares (AE et al., 1991) aumentando a concentração de fósforo lável no solo (CARVALHO, 2005).

A acidez e os fatores associados também afetam a sobrevivência do microssimbionte no solo, o processo de infecção da bactéria nas plantas e a eficiência dos nódulos em fixar o nitrogênio atmosférico.

A sobrevivência da bactéria no ato da inoculação pode ser mantida com a utilização de peletização com calcário, fontes de fósforo e micronutrientes, aplicados adequadamente (RUSCHEL; EIRA, 1969; LOWTHER; MCDONALD, 1973; KERRIDGE et al., 1973; COLOZZA; WERNER, 1982; FARIA et al., 1985). A nodulação inicial na raiz, quando as sementes germinam (região do colo da raiz)

pode ser melhorada com a peletização. Entretanto, a nodulação mais tardia que implica sobrevivência da bactéria no solo, colonização da rizosfera e competição com outros microrganismos pode ser afetada pela acidez. A calagem e a correção química do solo podem evitar problemas ligados à acidez, mas como a adubação verde deve reduzir a necessidade de insumos, a utilização de um sistema simbiótico tolerante a esses fatores seria mais conveniente. Esses fatores adversos, associados à acidez, entretanto, não seriam problema se a população nativa de *Rhizobium*, tolerante aos efeitos em questão, tivesse eficiência máxima.

Estudos realizados com a seleção de estirpes de *Rhizobium* que toleram acidez já foram realizados em meio de cultura (RIBEIRO JÚNIOR et al., 1985), não obstante os resultados obtidos, muitas vezes, não se confirmam em solos. Esse insucesso ocorre porque muitas das estirpes modificam o pH do meio de cultura para compensar a acidez, porém, mudam de comportamento no solo, devido a diferentes fontes de carbono, entre outros fatores. Os solos, por sua vez, possuem composição química e física complexa e, dependendo da fração coloidal, apresentam alto poder tampão.

DEFICIÊNCIA HÍDRICA

No Cerrado do Brasil Central, além do período seco de inverno, na estação chuvosa há veranicos (períodos sem chuva) de até 20 dias consecutivos. Esses veranicos, mesmo quando não afetam o desenvolvimento das plantas, podem comprometer a fixação de N₂, pois os nódulos são bastante sensíveis à falta de água. O excesso de água também é prejudicial à simbiose porque provoca senescênci a precoce dos nódulos.

Estudos com estresse hídrico são mais comuns em leguminosas de grãos, como soja e feijão (RAMOS, 1996). Há poucas informações com leguminosas para adubação verde.

Sabe-se que a deficiência hídrica pode provocar diminuição da colonização bacteriana (ZAHRAN; SPRENT, 1976), assim como deformações nos pêlos radiculares nas leguminosas (WORRAL; ROUGHLEY, 1976).

Em feijão-mungo (*Vigna radiata*), tem-se observado que a atividade de várias enzimas é diminuída com o estresse hídrico, principalmente, aquelas relacionadas à assimilação de amônia e fixação do nitrogênio. A enzima asparagina sintetase foi mais afetada que a glutamina sintetase (KAUR et al., 1985).

A diminuição em 10% do peso de matéria fresca de nódulos leva à diminuição da atividade da nitrogenase (SPRENT, 1971). Dados mais recentes com a cultura do feijão mostraram, em plantas submetidas a estresse hídrico por cinco dias, a ruptura da membrana peribacteróide, levando à liberação de bacteróides nos espaços intercelulares. Células corticais também tornam-se flácidas. A atividade da nitrogenase tem sido afetada com redução de 50% nas plantas com cinco dias de estresse hídrico e 80% a 93% quando sujeitas a oito dias de estresse, dependendo da cultivar estudada (RAMOS, 1996).

Em experimentos conduzidos nos solos do Cerrado, Burle et al. (1992) estudaram a nodulação e a atividade da nitrogenase em cinco espécies condicionadoras de solo inoculados com *Rhizobium*. Os autores observaram que houve baixa nodulação quando as espécies vegetais foram semeadas no final do período de chuvas (março). As duas exceções foram a mucuna-preta e a trefósia (*Trefosia candida*) que até 40 dias depois da semeadura apresentaram boa nodulação (entre 50 e 150 mg de nódulo/planta respectivamente) (Figura 4a). A mucuna-preta foi a única leguminosa que manteve boa nodulação até 80 dias depois da semeadura. A atividade da enzima nitrogenase também foi maior na mucuna-preta que nas outras leguminosas, mas 30 dias depois do plantio, houve uma drástica redução da atividade da enzima. Para as outras leguminosas (*Canavalia brasiliensis*, *Tephrosia candida*, *Cajanus cajan* e *Stylosanthes guianensis*), observou-se baixa atividade da nitrogenase aos 30 dias e depois desse período a atividade foi praticamente nula (Figura 4b). Esses dados sugerem que a associação simbiótica mucuna-*Rhizobium* parece ser mais tolerante ao estresse hídrico e evidenciam a importância de se obter espécies de leguminosas para adubação verde mais tolerantes ao estresse hídrico no Cerrado. Durante o período seco, essas espécies poderiam funcionar como cobertura vegetal

(minimizando os impactos negativos do solo descoberto) e como fonte alternativa de nutrientes para a cultura subsequente.

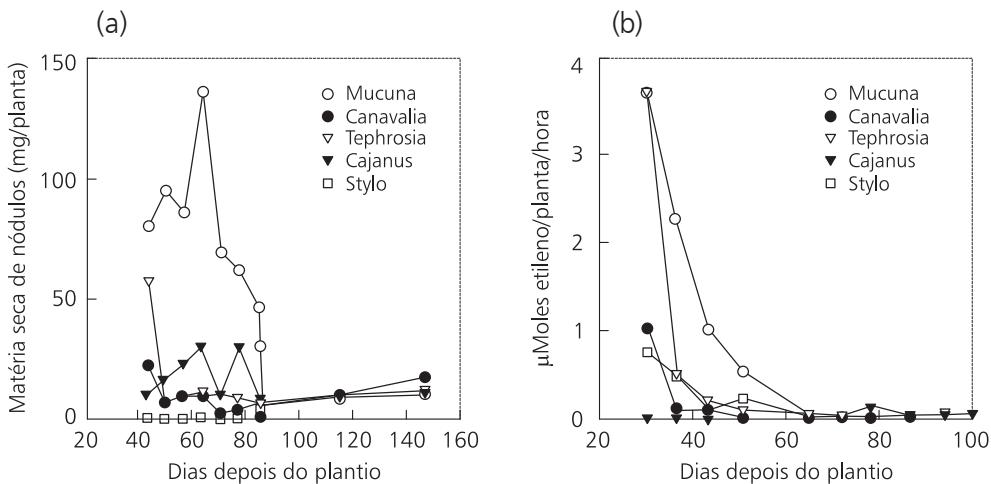


Figura 4. (a) Peso de nódulos e (b) atividade da nitrogenase de leguminosas coletadas durante o período seco de 1988, Planaltina, DF.

Fonte: Modificado de Burle et al. (1992).

FATORES BIÓTICOS

Entre os diversos fatores bióticos que afetam a sobrevivência do *Rhizobium* no solo, a nodulação e, consequentemente, a eficiência simbiótica, o mais importante é a competição do *Rhizobium* com outros microrganismos na rizosfera das plantas.

No Cerrado, os actinomicetos ocorrem em grande proporção na microflora. Por meio de contagens em placas, Coelho e Drozdowicz (1978) estimaram que de 77% a 98% da microflora do solo era composta por actinomicetos, principalmente, a espécie *Streptomyces griseus* que produz o antibiótico estreptomicina. Os actinomicetos destacam-se por seu potencial de produção de antibióticos (PATEL, 1974) e sabe-se que eles também são antagônicos a bactérias do gênero *Rhizobium* (FOO; VARMA, 1976; PUGASHETTI et al., 1982). A prática da calagem normalmente aumenta a população dos actinomicetos do solo (TSAO et al., 1960; BALDANI et al., 1982).

Há predominância de estirpes ou isolados de *Rhizobium* resistentes à estreptomicina em solos com calagem (SÁ, 1983), e as bactérias resistentes a antibióticos predominam nos nódulos de leguminosas (SCOTTI et al., 1982; RAMOS et al., 1987).

Pouco se conhece das características das estirpes autóctes ou aquelas inoculadas em sementes de leguminosas utilizadas para adubação verde. Há, portanto, necessidade de estudos mais detalhados sobre as características das estirpes que nodulam essas leguminosas.

A capacidade de essas leguminosas associarem-se eficientemente com micorrizas é, também, fator biótico importante já que a fixação biológica do nitrogênio é muito dependente do fósforo cuja eficiência aumenta com essa associação micorrízica. Há inúmeros trabalhos que mostram o efeito benéfico da interação micorriza-*Rhizobium* em várias espécies de plantas cultivadas e arbóreas na produção de matéria seca, nodulação e absorção de P e outros nutrientes (HUANG et al., 1985; MINHONI et al., 1993; FARIA et al., 1996). Há poucas informações sobre o efeito sinergístico de *Rhizobium* e micorrizas arbusculares, em leguminosas, em solo de Cerrado. Os poucos resultados obtidos de experimentos têm mostrado aumento da nodulação e da fixação de nitrogênio em feijão colonizado com fungo micorrízico (FARIA, 1998). A associação de micorrizas com leguminosas utilizadas para adubação verde está contemplada no capítulo 6.

FBN EM SISTEMAS DE CULTIVOS QUE UTILIZAM ADUBAÇÃO VERDE

Há vários sistemas de cultivos no Cerrado, com leguminosas que, mesmo não recebendo manejo específico como condicionador de solo, tanto em sistema convencional quanto em plantio direto, fornecem nitrogênio ao solo. Um dos sistemas com resultados experimentais promissores é o cultivo em alamedas (alley cropping) em que se plantam fileiras de leguminosas arbóreas espaçadas de 8 m e as culturas anuais entre as linhas (Figura 5). A fitomassa produzida é incorporada uma ou mais vezes durante o ciclo da cultura ou

simplesmente utilizada como cobertura morta. O cultivo em alamedas favorece a reciclagem de nutrientes, pois as leguminosas arbóreas são mantidas vivas durante os cultivos. O solo está sempre sob a influência dessas leguminosas que restauram e mantêm a fertilidade e, como o sistema radicular das árvores explora uma área maior lateral e verticalmente, acaba atingindo zonas ricas em suprimento de água e nutrientes (VAN NOORDWIJK, 1996). Logo, a principal característica do cultivo em alamedas é a capacidade de as raízes profundas das leguminosas absorver água e nutrientes das camadas mais profundas do perfil do solo, não disponíveis para a cultura anual. No período seco, as leguminosas arbóreas continuam em atividade, reciclando os nutrientes e fixando o nitrogênio atmosférico, além de sombrear o solo e manter um microclima mais favorável (BRENNER, 1996) para a sobrevivência dos organismos do solo.

Foto: Walter Quadros R. Júnior



Figura 5. Cultivo em alamedas mostrando a leguminosa arbórea *Leucaena leucocephala* e a cultura do feijão entre as árvores, Senador Canedo, GO.

No sistema de cultivo em alamedas, as leguminosas devem produzir grande quantidade de fitomassa para ser usada como condicionadora de solo. Há também a necessidade de podas regulares diminuindo o sombreamento e reduzindo a competição com a cultura anual associada (ONG, 1996). As raízes das árvores podem atingir mais de 30 m de profundidade (HUXLEY, 1996). Tem-se observado que o cultivo em alamedas no solo ácido, de baixa fertilidade e sem o uso de adubação química, resulta em produção de fitomassa e ciclagem de nutrientes insuficientes (MATHEWS et al., 1992; SZOTT; KASS, 1993).

Nos sistemas agroflorestais, ocorrem diversas interações que podem ser positivas ou negativas. As mais importantes, segundo Van Noordwijk (1996) são:

- Produção de cobertura morta, aumentando a disponibilidade de N e de outros nutrientes para a cultura intercalar.
- Sombreamento reduzindo a intensidade luminosa na cultura anual (dependendo da cultura intercalar, pode ser vantajosa ou não).
- Competição da árvore com a cultura por água e nutrientes na camada superficial do solo.
- Suprimento de N da árvore para a cultura, pela morte de raízes, poda ou pela transferência direta, se as raízes noduladas estiverem em contato com as raízes da cultura intercalar.
- Controle das ervas daninhas, pragas e doenças.
- Benefícios, em longo prazo, do controle da erosão e da manutenção da matéria orgânica do solo.

As leguminosas arbóreas possuem nódulos perenes, podendo fixar mais nitrogênio atmosférico que as leguminosas anuais, incorporando elevadas quantidades desse nutriente, tanto simbiótico quanto mineral, recuperado das camadas mais profundas do perfil do solo. O uso de leguminosas fixadoras de nitrogênio, como a *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium*, nos trópicos, pode aumentar a fertilidade do solo depois de dois ou três anos (KANG et al.,

1990). Há relatos de fixação de nitrogênio de até 800 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ com leucena, mas, no Cerrado, com espaçamento para cultivo em alamedas, Kluthcouski (1982) observou incorporação anual de 210 Kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Esse mesmo autor, observou que a incorporação de 7,5 t ha⁻¹ de fitomassa de leucena no solo, promoveu uma tendência de aumento de produtividade da ordem de 200 a 400 kg ha⁻¹ na cultura do feijão, em relação a outros tratamentos com fertilizantes (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados médios da produção de feijão utilizando leucena como condicionadora de solo e fertilizante químico em Cerrado do Brasil Central, Goiânia, GO.

Tratamento ⁽¹⁾	Produção de feijão (kg ha ⁻¹)
Leucena + Nitrogênio	2206
Leucena + Fósforo	2134
Leucena + Nitrogênio + Fósforo	2394
Leucena	2151
Nitrogênio	1944
Fósforo	1582
Nitrogênio + Fósforo	1713
Testemunha	1381

⁽¹⁾ A adubação corresponde a 7,5 t ha⁻¹ de matéria seca de leucena, 30 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples).

Fonte: Dados modificados de Kluthcouski (1982).

Nos países da África, como a Nigéria, a leucena também se destaca no cultivo em alamedas, chegando a produzir fitomassa verde de 30 t ha⁻¹ que, quando incorporada ao solo, pode substituir a adubação nitrogenada em 80 kg ha⁻¹ de N mineral. Tem-se observado, ainda, que essa leguminosa fixa entre 448 e 548 kg N ha⁻¹ ano, representando até 61% do N total da planta (SANGINGA et al., 1996).

A leguminosa *Gliricidia sepium* pode produzir até 6 t ha⁻¹ de matéria seca e a *Sesbania grandiflora*, 4 t ha⁻¹ de matéria seca (DUGUMA et al., 1988). A

altura e a freqüência de podas das leguminosas afetam o rendimento da cultura anual. Por isso, deve-se fazer podas constantes, dependendo da produção de fitomassa da leguminosa, para se evitar crescimento excessivo e interferência negativa sobre a cultura anual.

No Bioma Cerrado, várias leguminosas têm sido utilizadas tanto como fonte de N e outros nutrientes quanto como cobertura do solo, em sistema de preparo convencional e plantio direto. Carvalho et al. (2000) observaram que, em parcelas com mucuna-cinza e com feijão-bravo-do-ceará, aproximadamente 93% do solo estava coberto com as leguminosas na estação seca, evitando-se a presença de plantas invasoras. Foi observado, também, aumento da produtividade da cultura subsequente (milho) devido à adubação verde, tanto no sistema de plantio direto quanto com a incorporação das espécies vegetais condicionadoras de solo (Tabela 6).

Tabela 6. Rendimento do milho cultivado em sucessão às espécies condicionadoras de solo, em sistemas de plantio direto e com incorporação, ano agrícola 1997/1998, Planaltina, DF.

Espécie	Incorporado	Plantio direto	Médias
	Kg ha ⁻¹		
Feijão-bravo-do-ceará	9623	9198	9410a
Mucuna-cinza	9001	9445	9223a
Crotalária ocroleuca	8668	8936	8802ab
Guandu cv. kaki	7871	8272	8071bc
Milheto	7703	8362	8032bc
Nabo-forrageiro	7934	7917	7925c
V. espontânea	6860	7672	7266c
Girassol	6868	7596	7232c
Média dos sistemas	8066B	8427A	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Carvalho et al. (2000).

No Cerrado, há várzeas que têm servido ao cultivo do arroz inundado. Para esses sistemas, entre as linhas da cultura, podem consorciar-se plantas aquáticas do gênero *Azolla*. Essa planta associa-se simbioticamente com bactéria fixadora de nitrogênio (*Anabaena*) que se aloja no lóbulo da folha. A associação *Azolla-Anabaena* tem sido empregada como adubação verde na China e no Vietnã por séculos (PETERS; MEEKS, 1989) e possui potencial para ser cultivada no Cerrado, principalmente, por pequenos produtores.

A *Azolla*, cultivada durante o período de pousio, pode ser usada como planta condicionadora de solo na cultura do arroz sob três tipos de manejo: (1) incorporação antes da semeadura do arroz; (2) em consórcio com o arroz; e (3) combinação dos dois manejos anteriores.

A *A. fuliculoides* tem uma taxa de acumulação média de $2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, num período de 46 dias, produzindo fitomassa que contém 93 kg N ha^{-1} (TALLEY; RAINS, 1980; PETERS; MEEKS, 1989). Há uma simbiose perfeita entre a planta e a cianobactéria, pois as células de *Anabaena* são encontradas no esporo de *Azolla*, não sendo necessário inoculação inicial da cianobactéria, como no caso das leguminosas (RUSCHEL, 1990). Apesar do potencial para se utilizar a *Azolla* como condicionadora de solo na cultura do arroz, a disponibilidade de água e fósforo, geralmente, limitam a acumulação de fitomassa dessa planta (PETERS; MEEKS, 1989).

No Cerrado, tem-se observado que a melhor época para a *Azolla* desenvolver-se é entre maio e outubro e das várias espécies avaliadas, a *A. fuliculoides* foi considerada a mais promissora (RUSCHEL, 1987) por sua capacidade de acumular fitomassa e nitrogênio. A taxa de crescimento relativo de *Azolla* pode variar entre $0,232$ e $0,466 \text{ g/g inóculo/dia}^{-1}$ (RUSCHEL et al., 1989).

Em Goiânia, GO foram obtidos de 3 a 20 kg de N em 10 dias de crescimento em tanques (RUSCHEL, 1987). Em Goiás e Minas Gerais, Abreu et al. (1986), Ruschel (1990), observaram que *Azolla* substituiu entre 30 e 40 kg de N ha^{-1} . Essa prática, entretanto, ainda não é adotada pelos agricultores de regiões de Cerrado.

FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO EM GRAMÍNEAS UTILIZADAS COMO COBERTURA DE SOLO

Com a expansão e a consolidação do plantio direto no Cerrado, esperava-se que as leguminosas fossem utilizadas como cobertura de solo pela alta capacidade simbiótica. Entretanto, o milheto (*Pennisetum glaucum*) tem ocupado grandes áreas como planta de cobertura, precedendo ao plantio direto, principalmente da soja, que ocorre após dessecação dessa planta.

Essa gramínea tropical e de rápido crescimento tornou-se conveniente no sistema por causa de sua rusticidade, fácil manejo e baixo custo de estabelecimento. Essa rusticidade, entre outros fatores, deve-se à sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico em associação com *Azospirillum* spp., que são bactérias de vida livre, estimuladas na rizosfera das plantas embora possam ocorrer dentro delas. Adicionalmente, promovem enraizamento com conseqüente aumento da absorção de nutrientes em razão dos efeitos hormonais (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).

Okon e Labandera-Gonzales (1994) avaliaram dados acumulados nos últimos 20 anos de gramíneas, em várias partes do mundo, sobre a inoculação de *Azospirillum* spp., observando que houve aumentos significativos na produtividade entre 5% e 30%, em 60% a 70% dos casos avaliados.

Gautam e Kaushik (1992) obtiveram, na Índia, aumento de produção do milheto devido à inoculação de *Azospirillum brasiliense*. Como se obteve através de marcadores moleculares alto polimorfismo genético nessa espécie (LIU et al., 1994), com conseqüente variabilidade, pode-se prever sucesso na seleção do hospedeiro para maior fixação de nitrogênio.

Reis et al. (2001) trabalhando com vários genótipos do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) do mesmo gênero do milheto e utilizando N¹⁵ obtiveram entre 17% e 42% do nitrogênio total acumulado e até 165 Kg ha⁻¹ fixado da atmosfera. Quesada (2001), em pesquisa, também, com capim-elefante, obteve até 57% do nitrogênio, via atmosfera.

Além do milheto, alguns produtores estão utilizando braquiária, em áreas de Cerrado, em sistemas integrados lavoura-pecuária que pode ser também uma planta condicionadora de solo. Reis Júnior (2002), trabalhando com *Brachiaria humidicula*, *B. decumbens* e *B. brizantha*, observaram estímulo à diversidade de *Azospirillum lipoferum*, *A. brasiliense* e *A. amazonense* com uma população variando de 10^3 a 10^7 células por grama de raiz $^{-1}$. Boddey e Victória (1986), Loureiro e Boddey (1988) obtiveram de 30 a 45 kg de N fixado ha $^{-1}$.

Considerando a variabilidade genética tanto do macro quanto do microssimbionte, a fixação de nitrogênio, associada a microrganismos rizosféricos em um manejo adequado e favorável a ambos, pode incrementar o nitrogênio fixado e aumentar a sustentabilidade do sistema de produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos resultados de pesquisa, têm-se observado que o uso de espécies condicionadoras beneficia o solo, principalmente, através da fixação biológica do nitrogênio. Há leguminosas, como a mucuna-preta e a leucena que fixam altas quantidades de nitrogênio atmosférico e que podem ser utilizadas amplamente no Cerrado.

Há também outras leguminosas bastante promissoras, como o feijão-bravo-do-ceará e o feijão-de-porco que produzem grande quantidade de fitomassa no Cerrado e fixam na mesma proporção o nitrogênio atmosférico.

Essas plantas condicionadoras de solo podem aumentar os níveis de N no solo e, em muitos casos, substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada da cultura subsequente e, possivelmente, os níveis de adubação de outros nutrientes como P, K, Ca e Mg podem ser diminuídos.

No Cerrado, já existem informações quanto à quantidade de nitrogênio fixado para várias espécies condicionadoras de solo, entretanto, faltam informações sobre a dinâmica desse nitrogênio no solo, de modo a compatibilizar a sua mineralização para a cultura subsequente, diminuindo as

perdas desse nutriente. Entretanto, deve-se considerar separadamente os períodos seco e chuvoso e os diferentes agroecossistemas da região.

Gramíneas apesar de, normalmente, fixar quantidade menor de nitrogênio atmosférico que as leguminosas, não podem ser desconsideradas uma vez que ocupam grande extensão de áreas de Cerrado, sendo que braquiárias também estão sendo utilizadas com duplo propósito, ou seja, em sistema integração agricultura-pecuária e como cobertura do solo.

Uma análise econômica em longo prazo, da relação custo/benefício é necessária. Deve-se também levar em consideração as implicações ecológicas e socioeconômicas do uso dessa prática que vêm corroborar a visão sistêmica de pesquisa e de uso sustentável do Cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOUD, A. C. de S. **Eficiência da adubação verde associada a fosfato natural de Patos de Minas**. 1986. 296 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

ABREU, C. A.; PURCINO, J. R. C.; PURCINO, A. A. C. **Azolla, fonte alternativa e nitrogênio para o cultivo em várzeas inundáveis**. Belo Horizonte: Epamig, 1986. 20 p. (Epamig. Boletim Técnico, 20).

AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K. Phosphorus uptake mechanism of pigeonpea grow in Alfisols and Vertisols. In: JOHANSEN, C.; LEE, K.; SAHRAWAT, K. L. (Ed.). **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi arid tropics**. Patancheru: ICRISAT, 1991. p. 91-98.

AGUIAR, L. F. de; BEZERRA, V. da S.; OLIVEIRA, A. F. de. Avaliação de nitrogênio em algumas espécies de leguminosas tropicais pela análise de compostos nitrogenados exportados pelo xilema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém, PA. **Resumos...** Belém: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1997. p. 91.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D.; XAVIER, D. F.; BODDEY, R. M.; DÖBEREINER, J. Efeito da calagem no número de actinomicetos e na porcentagem de bactérias resistentes à estreptomicina na rizosfera de milho, trigo e feijão. **Revista de Microbiologia**, São Paulo, v. 13, p. 250-263, 1982.

BERGERSEN, F. J.; GIBSON, A. H.; LICIS, I. Growth and N₂ fixation of soybeans inoculated with strains of *Bradyrhizobium japonicum* differing in energetic efficiency and PHB utilization. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 27, p. 611-616, 1995.

BODDEY, R. M.; VICTORIA, R. L. Estimation of biological nitrogen-fixation associated with *Brachiaria* and *Paspalum* grasses using ¹⁵N-labeled organic matter and fertilizer. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 90, p. 265-294, 1986.

BOULDIN, D. R. **The influence of subsoil acidity on crop yield potential**. Ithaca: Cornell University, 1979. (Cornell International Agricultural Bulletin, 34).

BOWEN, W. T. **Estimating the nitrogen contribution of legumes to succeeding maize on a oxisol in Brazil**. 1987. 178 p. Thesis (Ph.D.) – Cornell University, Ithaca.

BRENNER, A. J. Microclimatic modifications in agroforestry. In: ONG, C. K.; HUXLEY, P. (Ed.). **Tree-crop interactions: a physiological approach**. Nigeria: CAB International, 1996. p. 159-187.

BRITTO, D. P. P. S.; CASTRO, A. F.; COSTA, F. A.; NERY, C. Ensaio de adubação de milho em Latossolo Vermelho-Amarelo sob vegetação de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Rio de Janeiro, v. 6, p. 203-207, 1971.

BROCKWELL, J.; BOTTOMLEY, P. J.; THIES, J. E. Manipulation of rhizobia microflora for improving legume productivity and soil fertility: a critical assessment. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 174, p. 143-180, 1995.

BURLE, M. L.; SUHET, A. R.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S.; PERES, J. R. R.; CRAVO, M. S.; BOWEN, W.; BOULDIN, D. R.; LATHWELL, D. J. **Legume green manures:** dry-season survival and the effect on succeeding maize crops. Raleigh, NC: Soil Management CRSP, 1992. 35 p. (Soil Management CRSP Bulletin 92-04).

CARVALHO, A. M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo:** composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 199 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília.

CARVALHO, A. M. de; CARNEIRO, R. G.; AMABILE, R. F.; SPERA, S. T.; DAMASO, F. H. M. **Condicionadores do solo:** efeitos no rendimento e no nitrogênio do milho em plantio direto e convencional. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2000. 20 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 7).

CARVALHO, A. M. de; CORREIA, J. R.; BLANCANEAUX, P.; FREITAS, L. R. da S.; MENEZES, H. A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R. Caracterização de espécies de condicionadores do solo para o cultivo de milho em Latossolo Vermelho-Escuro originalmente sob Cerrado. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasilia, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais / Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas**: proceedings. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 384-388.

CARSKY, R. J. **Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent maize crops using a buried bag technique**. 1989. 257 p. Thesis (Ph.D.) - Cornell University, Ithaca.

CERETTA, C. A.; AITA, C.; BRAIDA, J. A.; PAVINATO, A.; SALET, R. L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 215-220, 1994.

CHADDA, S. de S.; DE POLLI, H. Ondulação de leguminosas tropicais promissoras para adubação verde em solo deficiente em fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 11, p. 1197-1202, 1988.

COELHO, R. R. R.; DROZDOWICZ, A. The occurrence of actinomycetes in a Cerrado soil in Brazil. **Révue D'Ecologie et de Biologie du Sol**, Montrouge, v. 15, p. 459-473, 1978.

COLOZZA, M. T.; WERNER, J. C. Peletização com inoculante, molibdênio e hiperfosfato combinados com adubação fosfatada, no estabelecimento da centrosema em solo de cerrado. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 39, p. 117-130, 1982.

DE POLLI, H.; CHADDA, S. de S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 287-293, 1989.

DÖBEREINER, J. Inoculação cruzada e eficiência na simbiose de leguminosas tropicais. In: SEMINÁRIO SOBRE METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE PESQUISA COM LEGUMINOSAS TROPICAIS, 1970, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Ipeacs, 1970. p. 181-192.

DUGUMA, B.; KANG, B. T.; OKALI, D. U. U. Effects of pruning intensities of three woody leguminous species grown in alley cropping with maize and cowpea on an Alfisol. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 6, p. 19-35, 1988.

ELLFOLK, N. Leghaemoglobin, a plant haemoglobin. **Endeavour**, Oxford, v. 31, p. 139-142, 1972.

FARIA, F. C. **Efeito de associações micorrízicas na eficiência e competitividade de estirpes de rizóbio no feijoeiro.** 1998. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília.

FARIA. M. P.; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R.; CURI, N. Crescimento inicial da Acácia em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 209-216, 1996.

FARIA, S. M. de; DE POLLI, H.; FRANCO, A. A. Adesivos para inoculação e revestimento de sementes de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 20, n. 2, p. 169-176, 1985.

FOO, E. L.; VARMA, A. K. Inhibitory effect of *Streptomyces antibiotics* and other microorganisms on *Rhizobium*. **Folia Microbiologica**, Praga, v. 21, p. 315-319, 1976.

FRANCO, A. A.; MUNNS, D. Nodulation and growth of *Phaseolus vulgaris* in solution culture. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 66, p. 149-160, 1982.

FRANCO, A. A.; SOUTO, S. M. Contribuição da fixação biológica de N₂ na adubação verde. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 199-217.

FREITAS, L. M. M. de; LOBATO, E.; SOARES, W. V. Experimentos de calagem e adubação em solos sob vegetação de cerrado do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 6, p. 81-88, 1971.

FREITAS, L. M. M. de; MIKKELSEN, D. S.; McLUNG, A. C.; LOTT, W. L. Efeito de calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 1., 1963, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Edgard Blucher, 1963. p. 283-314.

GAUTAM, R. C.; KAUSHIK, S. K. Technologies to step up pearl millet yield. **Indian Farming**, New Delhi, p. 13-14, Jan. 1992.

GOI, S. R.; NEVES, M. C. P. Efeito da cultivar, estirpe de *Rhizobium* e nitrogênio mineral na produção de ureídos em soja, feijão e leucaena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 163-170, 1987.

GROVE, L. T.; RITCHIEY, K. D.; NADERMAN JUNIOR, C. Nitrogen fertilization of maize on an Oxisol of the Cerrado of Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, p. 261-265, 1980.

GUEVARA, A. B.; WHITNEY, A. S.; THOMPSON, A. R. Influence of intrarow spacing and cutting regimes on growth and yield of Leucaena. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, p. 1033-1037, 1978.

GUILLER, K. E.; WILSON, K. J. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems.** Wallingford: CAB International, 1993. 313 p.

HUANG, R. S.; SMITH, W. K.; YOST, R. S. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth, water relations and leaf orientation in *Leucaena leucocephala* (Lam.) De wit. **New Phytologist**, Oxford, v. 99, p. 229-243, 1985.

HUNGRIA, M.; NEVES, M. C. P.; DÖBEREINER, J. Relative efficiency, ureide transport and harvest index in soybeans inoculated with isogenic HUP mutants of *Bradyrhizobium japonicum*. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 7, p. 325-329, 1989.

HUNTER, D. J.; YAPA, L. G. G.; HUE, N. V.; EAQUB, M. Comparative effects of green manure and lime on the growth of sweet corn and chemical properties of an acid oxisol in Western Samoa. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 3/4, p. 375-388, 1995.

HUXLEY, P. Biological factor affecting form and function in wood-non woody plant mixtures. In: ONG, C. K.; HUXLEY, P. (Ed.). **Tree-crop interactions: a physiological approach.** Nigeria: CAB International, 1996. p. 235-298.

JACOB-NETO, J. **The interaction of H⁺/OH⁻ exchanges between roots and rhizosphere with plant nutrition and aluminium effects.** 1993. Thesis (Ph.D.) – University of Dundee, Dundee.

JAMES, E. K.; SPRENT, J. I.; HAY, G. T.; MINCHIN, F. R. The effect of irradiance on the recovery of soybean nodules from sodium chloride-induced senescence. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 44, p. 997-1005, 1993.

KANG, B. T.; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A. N. Alley farming. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 43, p. 315-359, 1990.

KAUR, A.; SHEORAN, I. S.; RANDHIR, S. Effect of water stress on the enzymes of nitrogen metabolism in mung bean (*Vigna radiata* Wilczek) nodules. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 8, p. 195-200, 1985.

KERRIDGE, P. C.; COOK, B. J.; EVERETT, M. L. Application of molybdenum trioxide in the seed pellet for subtropical pasture legumes. **Tropical Grasslands**, Saint Lucia, v. 7, p. 229-232, 1973.

KESSEL, C.; ROSKOSKII, J. P.; KEANE, K. Ureide production by N₂-fixing and non-N₂-fixing leguminous trees. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 20, p. 891-897, 1988.

KEYSER, H. H.; MUNNS, D. N.; HOHENBERG, J. S. Acid tolerance of rhizobia in culture and in symbiosis with cowpea. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 43, p. 719-722, 1979.

KLUTHCOUSKI, J. **Leucena**: alternativa para a pequena e média agricultura. 2. ed. Brasília: Embrapa-DID, 1982. 12 p. (Embrapa-CNPaf. Circular Técnica, 6).

LIU, C. J.; WITCOMBE, J. R.; PITTAWAY, T. S.; NASH, M.; HASH, C. T.; BUSSO, C. S.; GALE, M. D. An RFLP-based genetic map of pearl millet (*Pennisetum glaucum*). **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 89, n. 4, p. 481-487, 1994.

LOUREIRO, M. F.; BODDEY, R. M. Balanço de nitrogênio em quatro gramíneas do gênero Brachiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 12, p. 1343-1353, 1988.

LOWENDORF, H. S.; BAYA, A. M.; ALEXANDER, M. Survival of *Rhizobium* in acid soils. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, DC, v. 42, n. 6, p. 951-957, 1981.

LOWTHER, W. L.; McDONALD, T. R. Inoculation and pelleting of clover for oversowing. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v. 1, p. 175-179, 1973.

MAGALHÃES, J. C. A. J. de; VIEIRA, R. F.; PEREIRA, J.; PERES, J. R. R. Efeito da adubação verde na disponibilidade de fósforo de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 329-337, 1991.

MATHEWS, R. B.; LUNGU, S.; VOLK, J.; HOLDEN, S. T.; SOLBERG, K. The potential of alley cropping in improvement of cultivation systems in the high rainfall areas of Zambia. II. Maize production. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 17, p. 241-262, 1992.

MELILLO, J. M.; ABER, J. D.; MURATORE, J. F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, Durham, v. 63, p. 621-626, 1982.

MINCHIN, F. R.; SUMMERFIELD, R. J.; HARDLEY, P.; ROBERTS, E. H.; RAWSTHORNE, S. Carbon and nitrogen nutrition of nodulated roots of grain legumes. **Plant and Cell Environment**, Oxford, v. 4, p. 5-26, 1981.

MINHONI, M. T. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; EIRA, A. F. Efeitos da interação de fosfato de rocha, bagaço de cana-de-açúcar, fosfato solúvel e fungo micorrízico no crescimento e na absorção de nutrientes pela soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, p. 19-23, 1993.

MULONGOY, K.; SANGINGA, N. Nitrogen contribution by leucaena in alley cropping. **IITA Research**, Ibadan, v. 1, p. 1, 1990

MUNNS, D. N. Nodulation of *Medicago sativa* in solution cultures. I. Acid-sensitive steps. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 28, p. 129-146, 1968.

MUNNS, D. N.; FOX, R. L. comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 71, p. 533-548, 1977.

MYERS, R. J. K.; PALM, C. A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I. U. N.; BROSSARD, M. The synchronization of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. Chichester: J. Wiley, 1994. p. 81-116.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALES, C. A. Agronomic applications of azospirillum:na evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 1591-1601, 1994.

ONG, C. K. A framework for quantifying the various effects of tree-crop interactions. In: ONG, C. K.; HUXLEY, P. (Ed.). **Tree-crop interactions: a physiological approach**. Nigeria: CAB International, 1996. p. 1-23.

PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Nitrogen release from some tropical legumes as affected by lignin and polyphenol contents. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 23, p. 83-88, 1991.

PARSONS, R.; DAY, D. A. Mechanism of soybean nodule adaptation to different oxygen pressures. **Plant and Cell Environment**, Oxford, v. 13, p. 501-512, 1990.

PATEL, J. J. Antagonism of actinomycetes against rhizobia. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 41, p. 395-402, 1974.

PAULINO, V. T. Importância da nutrição mineral na eficiência de fixação simbiótica do nitrogênio por leguminosas forrageiras em solo de cerrado do Estado de São Paulo. **Zootecnia**, Nova Odessa, v. 22, p. 195-235, 1984.

PAULINO, V. T.; COLOZZA, M. T.; WERNER, J. C.; OTSUK, I. P. Efeito dacalagem e de alguns nutrientes sobre o desenvolvimento de três espécies de *Stylosanthes* cultivadas em solo de cerrado. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasilia, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados**: anais / **Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas**: proceedings. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996. p. 357-363.

PETERS, G. A.; MEEKS, J. C. The *Azolla-Anabaena* symbiosis: basic biology. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 40, p. 193-210, 1989.

POOLPATANA, S.; HUE, N. V. Differential acidity tolerance of tropical legumes grown for green manure in acid sulfate soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 163, p. 131-139, 1994.

PUGASHETTI, B. K.; ANGLE, J. S.; WAGNER, G. H. Soil microorganism antagonistic towards *Rhizobium japonicum*. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 14, p. 45-49, 1982.

QUESADA, D. M. **Seleção de genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) para alta produção de fitomassae eficiência da fixação biológica do nitrogênio (FBN)**. 2001. 119 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

QUINTANA, J. O. **Evaluation of two procedures for screening legume green manure as nitrogen sources to succeeding corn**. 1987. 179 p. Thesis (Ph.D.) – Cornell University, Ithaca.

RAMOS, M. L. G. **Influência do calcário e cobertura morta na competitividade e persistência da estirpe CO5 e nas características da população nativa de *Rhizobium phaseoli***. 1985. 134 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

RAMOS, M. L. G. **Physiological responses of crop legumes to water stress**. 1996. 228 p. Thesis (Ph.D.) – University of Dundee, Dundee, UK.

RAMOS, M. L. G.; MAGALHÃES, N. F.; BODDEY, R. M. Native and inoculated rhizobia from field grown *Phaseolus vulgaris*: effects of liming and acid soil on antibiotic resistance. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 179-185, 1987.

REIS, V. M.; REIS JÚNIOR, F. B.; QUESADA, D. M.; OLIVEIRA, O. C. A.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. Biological nitrogen fixation associated with tropical pasture grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 28, p. 837-844, 2001.

REIS JÚNIOR, F. B. Ecologia e diversidade de bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com pastagens de *Brachiaria* spp. 2002. 98 f. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

REUTER, D. J.; ROBISON, J. B. **Plant analysis**: an interpretation manual. Melbourne: Inkata, 1986. p. 62-63.

RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; FRANCO, A. A.; LOPES, E. S. Tolerância de *Bradyrhizobium* sp. de Mimosoideae à acidez em meio de cultura. **Bragantia**, Campinas, v. 47, p. 333-340, 1985.

RODRIGUES, E. F. da G.; DE POLLI, H.; EIRA, P. A. da. Inoculação, calagem e adubação para mucuna-preta e feijão-de-porco num solo Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 807-814, 1994.

RUSCHEL, A. P. **Seleção de espécies e ecótipos de Azolla**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1987. 20 p. (Embrapa-CNPAF. Boletim de Pesquisa, 6).

RUSCHEL, A. P. **A Azolla e a cultura arrozeira**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1990. 16 p. (Embrapa-CNPAF. Circular Técnica, 25).

RUSCHEL, A. P.; EIRA, P. A. da. Fixação simbiótica do nitrogênio na soja (*Glycine max* (L) Merril): influência da adição de cálcio ao solo e molibdênio ao revestimento da semente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 103-107, 1969.

RUSCHEL, A. P.; SILVEIRA FILHO, A.; SANTOS, A. B. dos; ZIMMERMANN, F. J. P. Pigmentação e composição mineral de diferentes espécies de *Azolla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 431-436, 1989.

SÁ, N. M. H. **Resistência a antibióticos e eficiência de estirpes de Rhizobium nativas em solos de cerrados associadas a Stylosanthes**. 1983. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SÁ, N. M. H.; VARGAS, M. A. T. Fixação biológica do nitrogênio por leguminosas forrageiras. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p. 127-152.

SANGINGA, N.; IBEWIRO, B.; HOUNGNANDAN, P.; VANLAUWE, B.; OKOGUN, J. A.; AKOBUNDU, I. O.; VERSTEEG, M. Evaluation of symbiotic properties and nitrogen contribution of mucuna to maize grown in the derived savanna of Western Africa. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 179, p. 119-129, 1996.

SCOTTI, M. R. M. M. L.; SÁ, N. M. H.; VARGAS, M. A. T.; DÖBEREINER, J. Resistência natural à streptomicina de estirpes de *Rhizobium* e sua possível influência na nodulação de leguminosas em solos de cerrados. In: SEMINARIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasilia. **Anais...** Londrina: Embrapa-CNPSO, 1982. p. 723-733.

SILVA, A. R. da. Cerrado: região de alto potencial agrícola e carente de nitrogênio. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE LIMITAÇÕES E POTENCIAIS DA FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DE NITROGÊNIO NOS TRÓPICOS, 1977, Brasilia. **Resumos dos trabalhos...** Brasília: UnB, 1977. p. 5-15.

SILVA, E. M. R. da; ALMEIDA, D. L. de; FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. Adubação verde no aproveitamento de fosfato em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 1, p. 85-88, 1985.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Brasília: MEC: ABEAS: Lavras: Esal: FAEPE, 1988. 235 p.

SOUTO, S. M.; COSER, A. V.; DÖBEREINER, J. Especificidade de uma variedade nativa de alface do nordeste na simbiose com *Rhizobium*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Zootecnia, Rio de Janeiro, v. 7, p. 1-5, 1972.

SPRENT, J. I. The effects of water stress on nitrogen fixing root nodules. I. Effects on the physiology of detached soybean nodules. **New Phytologist**, Oxford, v. 70, p. 9-17, 1971.

STAMFORD, N. P.; ALBUQUERQUE, M. H.; SANTOS, D. R. Aproveitamento do nitrogênio pelo sorgo em sucessão a leguminosas incorporadas em diferentes épocas de corte. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 221-227, 1994.

SUHET, A. R.; PERES, J. R. R.; VARGAS, M. A. T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados**: tecnologia e estratégias de manejo. Brasília: Embrapa-CPAC, 1986. p. 167-202.

SZOTT, L. T.; KASS, D. C. I. Fertilizers in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 23, p. 157-176, 1993.

TALLEY, S. N.; RAINS, D. W. *Azolla filiculoides* Lam, as a fallow-green manure for rice in a temperate climate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 1, p. 11-18, 1980.

THOMAS, R. J.; SCHRANDER, L. E. Ureide metabolism in higher plants. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 20, p. 361-371, 1981.

TSAO, P. H.; LEBEN, C.; KEITT, G. W. New enrichment method for isolating actinomycetes that produce diffusible antifungal antibiotics. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 50, p. 88-89, 1960.

VAN NOORDWIJK, M. Mulch and shade model for optimum alley-cropping design depending on soil fertility, In: ONG, C. K.; HUXLEY, P. (Ed.). **Tree-crop interactions**: a physiological approach. Nigeria: CAB International, 1996. p. 51-72.

VARGAS, M. A. T.; PERES, J. R. R.; SUHET, A. R. Fixação de N₂ por leguminosas forrageiras e de condicionador do solo em solos de cerrados. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 50-63.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R.; MENDES, I. C.; PERES, J. R. R. **Fixação biológica de nitrogênio em solos de Cerrados.** [Planaltina,DF]: Embrapa-CPAC; [Brasília]: Embrapa-SPI, 1994. 83 p.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. de C.; CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; HUNGRIA, M. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado:** correção do solo e adubação. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. p. 97-127.

VERMA, D. P. S.; BAL, A. K. Intracellular site of synthesis and localization of leghemoglobin in root nodule. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, DC, v. 73, p. 3843-3847, 1976.

WARMAN, P. R. Effect of incorporated green manure crops on subsequent oat production and acid, infertile silt loam. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 134, p. 115-119, 1991.

WITTY, J. F.; MINCHIN, F. R.; SKOT, L.; SHEEHY, J. E. Nitrogen fixation and oxygen in legume root nodules. **Oxford Surveys of Plant Molecule and Cell Biology**, Oxford, v. 3, p. 277-314, 1986.

WORRAL, V. S.; ROUGHLEY, R. J. The effect of moisture stress on infection of *Trifolium subterraneum* L. by *Rhizobium trifolii* Dang. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 27, p. 1233-1241, 1976.

XAVIER, D. F.; SOUTO, S. M.; CARVALHO, M. M.; FRANCO, A. A. Resposta de acessos nativos de *Stylosanthes guianensis* à inoculação com rizóbio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 12, p. 1733-1738, 1990.

ZAHRAN, H. H.; SPRENT, J. I. Effects of sodium chloride and polyethylene glycol on root-hair infection and nodulation of *Vicia faba* L. plants by *Rhizobium leguminosarum*. **Planta**, New York, v. 167, p. 303-309, 1976.

Micorriza arbuscular e uso de adubos verdes em solos do Bioma Cerrado

Jeanne Christine Claessen de Miranda

Leo Nobre de Miranda

INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas nos solos de Cerrado requer a aplicação de nutrientes, sobretudo, de fósforo e nitrogênio, devido a sua baixa fertilidade natural e à elevada retenção de fósforo (GOEDERT, 1983; SANCHEZ; UEHARA, 1986). A viabilização econômica desse cultivo está vinculada ao manejo adequado da adubação, com aplicações menores e mais eficientes de fertilizantes fosfatados e nitrogenados (SANCHEZ; SALINAS, 1981). Além disso, o sucesso dessas estratégias de manejo dos insumos e das culturas depende, também, de outros processos biológicos, como as associações micorrízicas que são componentes naturais dos ecossistemas e desempenham papel fundamental na sua funcionalidade e na sua sustentabilidade.

A micorriza é uma associação simbiótica, não-patogênica, entre fungos benéficos e específicos do solo e raízes de plantas superiores que proporciona acréscimo na absorção de nutrientes pelas plantas, principalmente, do fósforo. Desse modo, a associação micorrízica aumenta a eficiência de utilização do fósforo natural e do fósforo adicionado ao solo por meio da adubação (SIQUEIRA, 1990; ROBSON, 1991; MIRANDA; MIRANDA, 1997).

Os efeitos benéficos dessa associação, no crescimento e na ciclagem de nutrientes em plantas e na estrutura do solo, têm sido amplamente

demonstrados (VARMA; HOCK, 1995; SIQUEIRA, 1996; MIRANDA; MIRANDA, 1997). Alguns resultados de pesquisa mostram que práticas agrícolas como calagem e adubação adequadas, rotação de culturas e utilização de plantas condicionadoras nos sistemas de produção podem favorecer a propagação dos fungos micorrízicos no solo, bem como estimular seus efeitos (BETHLENFALVAY, 1992; JOHNSON; PFLEGER, 1992). Por sua vez, os fungos micorrízicos podem influenciar o desenvolvimento das culturas e das plantas usadas como condicionadoras de solo, ampliando a magnitude de seus benefícios para as culturas subsequentes (DODD et al., 1990a, 1990b; ESPÍNDOLA et al., 1998).

TIPOS DE MICORRIZA E OCORRÊNCIA

Tomando por base a anatomia das raízes colonizadas, as micorrizas podem ser classificadas de forma simplificada em ectomicorriza, quando o fungo não penetra nas células do córtex da raiz da planta hospedeira, e endomicorriza, quando o fungo entra nas células do córtex e forma estruturas fúngicas específicas. A ectomicorriza e a endomicorriza do tipo arbuscular são as mais importantes nas atividades agroflorestais devido a sua maior ocorrência natural nos ecossistemas. Os fungos ectomicorrízicos são essenciais para o crescimento de espécies arbóreas e, consequentemente, para o aumento de sua produtividade (ALEXANDER; HÖGBERG, 1986; VIEIRA; PERES, 1988, 1990; VIEIRA; CARVALHO, 1994). A endomicorriza e, especificamente, a micorriza arbuscular, formada pela associação da planta hospedeira com fungos micorrízicos arbusculares, apresenta uma distribuição geográfica e vegetal mais ampla do que a ectomicorriza (HARLEY; SMITH, 1983) e ocorre em cerca de quatro quintos das plantas vasculares (TRAPPE, 1977).

Os fungos micorrízicos arbusculares (MA) estão presentes na maioria dos solos, desde as regiões árticas até os trópicos, colonizando raízes de plantas nativas e cultivadas, anuais e perenes (GERDEMANN, 1968, 1975; HAYMAN, 1978). Segundo Sieverding (1991), há indicações de que certas espécies desses fungos ocorrem unicamente nos solos tropicais.

A ocorrência e a densidade dos fungos MA dependem das características da planta hospedeira, do próprio fungo micorrízico, do solo e do clima (ABBOTT; ROBSON, 1982; JOHNSON et al., 1992; SYLVIA; WILLIAMS, 1992). Sua população pode ser reduzida ou inexistente nos solos em pousio, inundados e nos alterados negativamente pela mineração ou agricultura intensiva (HARINIKUMAR; BAGYARAJ, 1988; BRUNDRETT, 1991; MARTINS et al., 1999). Em geral, a população dos fungos MA é alta nos agroecossistemas que empregam quantidades reduzidas de agroquímicos, cultivo mínimo e rotação de culturas (JASPER et al., 1989; JOHNSON; PFLEGER, 1992). Essa população pode ser diversificada, encontrando até seis ou mais espécies na mesma rizosfera (BONONI; TRUFEM, 1983; BRUNDRETT, 1991; MIRANDA, 1992). Essas espécies podem diferenciar-se quanto à efetividade, sendo importante conhecer as condições ambientais e as práticas agrícolas que favorecem aquelas mais eficientes.

COLONIZAÇÃO RADICULAR, MULTIPLICAÇÃO E PRODUÇÃO DE INOCULANTE

A micorriza arbuscular resulta da colonização das raízes finas e absorventes das plantas pelos fungos micorrízicos arbusculares sem alteração morfológica visível a olho nu (HAYMAN, 1978; MOSSE, 1981). O desenvolvimento dessa colonização radicular engloba três fases: a primeira, de pré-colonização das raízes (germinação dos esporos e crescimento do tubo germinativo no solo) e de colonização radicular primária (penetração inicial das hifas no córtex das raízes); a segunda, de crescimento intenso do micélio externo no solo e de colonização radicular secundária múltipla. Nessa fase, ocorre a formação de arbúsculos e vesículas (Figura 1) que são, respectivamente, estruturas internas de transferência e de armazenamento de nutrientes (SANDERS; SHEIKH, 1983). Finalmente, ocorre uma terceira fase de estabilização em que a proporção de raízes colonizadas e não-colonizadas permanece constante.

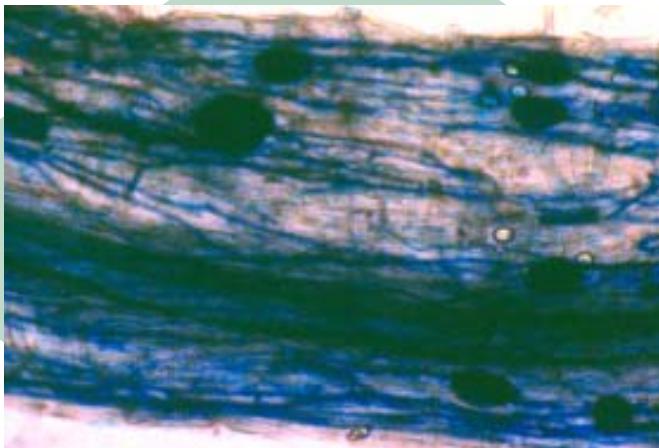


Foto: Leo Nobre de Miranda

Figura 1. Raiz de mucuna-preta colonizada por fungo micorrízico arbuscular nativo de solo de Cerrado.

O micélio externo é uma das estruturas mais importantes para absorver os nutrientes da solução do solo e transportá-los para a raiz. Suas hifas podem crescer, consideravelmente, fora da área da rizosfera, com possibilidade de aumentar o volume de solo a ser explorado pela planta de cinco até duzentas vezes (SIEVERDING, 1991). Segundo esse autor, cerca de 1 cm de raiz não-colonizada pode explorar em torno de 1 a 2 cm^3 de solo e, para cada centímetro de raiz colonizada, esse volume de solo pode aumentar para 12 ou 15 cm^3 . Portanto, as raízes colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares apresentam superfície de absorção maior e mais bem distribuída (SANDERS; SHEIKH, 1983; AMIJEE et al., 1989).

Os fungos micorrízicos arbusculares são biotrófios obrigatórios e só se multiplicam na presença de uma planta hospedeira, pois dependem dela para a obtenção de fotossintatos necessários a sua sobrevivência (GERDEMANN, 1968; HARLEY; SMITH, 1983). Para sua multiplicação, os fungos são isolados do solo de origem, selecionados e introduzidos em substrato parcialmente esterilizado e com uma planta hospedeira obtendo, assim, culturas puras de cada espécie. Num período de quatro a seis meses, os fungos se multiplicam e são produzidos

novos esporos (FERGUSON; WOODHEAD, 1984; FELDMANN; IDCZAK, 1992; INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI, 1994). Esses esporos, assim como as hifas, raízes e substrato colonizados podem ser utilizados como inoculantes. O uso de inoculantes em larga escala ainda é restrito pela sua baixa disponibilidade e pouca praticidade da inoculação em campo. Sieverding (1991) sugere a produção de inoculante na propriedade agrícola, em canteiros de 25 m² que forneceria cerca de 5000 litros de inoculante. Outra possibilidade seria a aplicação de bioestimuladores no solo, como a formononetina que pode estimular a colonização radicular (NAIR et al., 1991; SIQUEIRA et al., 1992). Contudo, ainda é necessária ampla experimentação quanto à viabilidade dessa tecnologia.

DINÂMICA DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os diversos levantamentos realizados em diferentes tipos de solos do Bioma Cerrado mostram que os fungos MA ocorrem em grande número de plantas nativas da região, englobando gramíneas, leguminosas e espécies arbóreas. A densidade populacional de fungos MA nativos nos diferentes ecossistemas naturais nesse Bioma é baixa, observando, em média, um número de 25 esporos/50 cm³ solo, no Distrito Federal (MIRANDA; MIRANDA, 1997) e, 46 esporos /50 cm³ solo, em Minas Gerais (SIQUEIRA et al., 1989). Nos agroecossistemas, essa densidade populacional é mais elevada e pode variar em função de fatores edafoclimáticos, bem como das práticas agrícolas utilizadas (MICORRIZAS..., 1985; MIRANDA, 1981; 1996).

Alguns autores observaram decréscimo gradativo do número de esporos no solo no período seco, seguido de acréscimo no período chuvoso. Entretanto, essa variação sazonal pode ser significativa ou não, de acordo com a cultura utilizada (MIRANDA, 1996). Entre outras práticas agrícolas, observou-se que a adubação fosfatada, necessária para o cultivo de plantas em solos de Cerrado, altera a densidade dos fungos MA nativos que pode variar em função de doses, formas e fontes de fósforo utilizadas (MIRANDA; MIRANDA, 1997). A correção

da acidez do solo por meio da calagem, também pode influenciar a ocorrência e a densidade dos fungos MA. Sieverding (1991) relata a presença diferenciada de espécies de fungos MA, em função do pH de solos da América e África tropicais. Essa relação entre ocorrência de espécies/isolados de fungos MA e acidez dos solos foi também observada por outros autores (SCHENCK et al., 1989), inclusive, em solos de Cerrado (SIQUEIRA et al., 1989; MIRANDA; MIRANDA, 1994b).

Outro aspecto importante é o cultivo de plantas para adubação verde que pode, igualmente, aumentar a freqüência de ocorrência dos fungos MA nativos no solo (DODD et al., 1990b; ESPÍNDOLA et al., 1998). Bowen (1987) observou o acréscimo significativo da densidade de propágulos de fungos MA nativos em solo de Cerrado, depois do cultivo e da incorporação de mucuna-preta e de soja, em relação ao solo deixado em pousio. Esse acréscimo ficou ainda mais acentuado no cultivo seguinte com milho (Tabela 1). Além disso, essa prática pode beneficiar a multiplicação diferenciada de espécies de fungos MA. Dados obtidos em solo de Cerrado mostram que essas mesmas plantas, beneficiaram mais a multiplicação da espécie *Gigaspora margarita* em relação às outras espécies nativas (Tabela 2).

Tabela 1. Número mais provável de propágulos (NMP) de fungos MA em Latossolo Vermelho-Amarelo, em pousio e com milho, no período seco, Planaltina, DF. Colonização radicular (CR) e matéria seca de plantas (MS) de milho aos 39 dias após emergência. No período chuvoso foram incorporadas a parte aérea e raízes das plantas nas áreas com leguminosas.

Período chuvoso	Período seco				
	1º Plantio	Pousio		2º Plantio - Milho	
		NMP	NMP	CR	MS
		nº/100 g		%	g/planta
Pousio		6	9	25	1,1
Mucuna-preta		24	99	56	4,5
Soja		37	119	61	3,8

Fonte: Adaptado de Bowen (1987).

Tabela 2. Número de esporos de *Gigaspora margarita* e de outras espécies de fungos micorrízicos arbusculares em um Latossolo Vermelho, cultivado com cultura anual e mucuna-preta, Planaltina, DF.

Cultura	<i>Gigaspora margarita</i>	Outras espécies
	nº/50 g -	
Soja	43	7
Mucuna-preta	41	13
Vegetação nativa	13	2

Fonte: Micorrizas... (1985).

EFICIÊNCIA DE PLANTAS CONDICIONADORAS DE SOLO NA FORMAÇÃO DA MICORRIZA ARBUSCULAR E SEU EFEITO NO CRESCIMENTO DESSAS PLANTAS

A utilização da micorriza arbuscular na agricultura tem sido considerada alternativa para a redução no uso de fertilizantes e pesticidas, em função dos seus efeitos benéficos no crescimento de plantas de interesse agronômico, florestal, hortícola e pastoril. Esses efeitos nos solos de Cerrado, mais facilmente visualizados na produção de fitomassa e de grãos, no campo, podem depender do fungo micorrízico, da planta hospedeira e das condições do solo (MIRANDA, 1982).

A densidade de esporos de fungos MA em solos de Cerrado, por exemplo, pode influenciar a infectividade (infecciosidade) e eficiência desses fungos no crescimento de plantas (PAULA; SIQUEIRA, 1987). Além disso, as diferentes espécies de plantas hospedeiras (YOST; FOX, 1979) e até mesmo cultivares dentro de uma espécie, como mostrado por Sieverding (1991) em mandioca e Silva et al. (1994) em trigo podem apresentar resposta diferenciada à colonização, de acordo com a sua dependência micorrízica (GERDEMANN, 1975; MANJUNATH, 1989; THOMPSON, 1991; BAGYARAJ, 1992) e alterar o potencial de inóculo do solo.

Na Tabela 3, são apresentados dados experimentais, em campo, com plantas condicionadoras de solo que apresentaram naturalmente colonização radicular como crotalária juncea, mucuna-cinza e outras que não foram colonizadas pelos fungos MA nativos como o nabo-forrageiro. Em função de sua dependência micorrízica, essas plantas podem interferir no potencial de inóculo do solo. Assim, por exemplo, na Tabela 4, são apresentados dados experimentais de plantas condicionadoras de solo que apresentam diferentes graus de dependência micorrízica. Observa-se que a crotalária juncea e a mucuna-cinza obtiveram maior produção de matéria seca nos tratamentos inoculados com elevada colonização radicular e esporulação do fungo micorrízico arbuscular no solo. Conseqüentemente, essas culturas aumentaram significativamente o potencial de inóculo do solo. Para o nabo-forrageiro, que não apresenta dependência micorrízica e, portanto, colonização radicular, a produção de matéria seca foi semelhante nos tratamentos inoculado e não inoculado, reduzindo o número de esporos no solo, logo, seu potencial de inóculo.

Tabela 3. Colonização radicular de plantas condicionadoras de solo com fungos MA nativos do Cerrado, na floração, em campo, num Latossolo Vermelho-Amarelo, Planaltina, DF.

Adubos verdes	Colonização radicular, %
Crotalária ocroleuca	49
Guandu cv. kaki	52
Feijão-bravo-do-ceará	60
Girassol	51
Milheto	49
Mucuna-cinza	49
Nabo-forrageiro	00

Fonte: Miranda e Miranda (2001).

Tabela 4. Número de esporos no solo (E) e colonização radicular (CR) de plantas condicionadoras de solo. Plantas não-inoculadas (NI) e inoculadas(I) com o fungo MA nativo do Cerrado, *Glomus etunicatum*, e cultivadas em Latossolo Vermelho, Planaltina, DF.

Parâmetros	Culturas					
	Crotalária ocroleuca		Mucuna-cinza		Nabo-forrageiro	
	NI	I	NI	I	NI	I
MS (g/vaso)	0,63b	2,07a	3,75b	4,77a	5,61a	5,57a
DM ¹	-	70	-	21	-	-1
P (mg/vaso)	0,10b	0,14a	0,05b	0,08a	0,12a	0,11b
E (nº/50 g)	0b	248a	0b	453a	0b	10a
CR (%)	0b	82a	0b	59a	0a	0a

¹ DM=(MSI-MSN)100/MSI. Para cada cultura, médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente (Duncan P=0,05).

Quanto às condições do solo, a eficiência da associação micorrízica no crescimento das plantas está vinculada à disponibilidade de nutrientes. Em trabalhos realizados em solos do Cerrado (MIRANDA et al., 1984; SANO; SOUSA, 1986; WARNER, 1986; PAULA; SIQUEIRA, 1987), observou-se que diferentes espécies/isolados de fungos MA apresentaram efeitos variados na produção das culturas em função do teor de fósforo no solo. Bolan (1991) atribui a resposta da planta hospedeira associada aos fungos MA, principalmente, a sua maior absorção de fósforo. Outras respostas seriam consideradas como efeitos secundários devido ao melhor estado nutricional das plantas. Miranda e Miranda (1997) observaram que a utilização de diferentes formas e fontes de fertilizantes fosfatados em solos de Cerrado pode interferir no comportamento dos fungos micorrízicos arbusculares nativos e, conseqüentemente, na simbiose e nos seus efeitos. Rein e Miranda (1995), por exemplo, verificaram que, em um mesmo nível de adubação fosfatada, houve variação no crescimento de plantas de soja em função da presença do fungo MA nativo e da granulometria do fosfato utilizado.

Os efeitos da micorriza no crescimento das plantas podem ser influenciados, também, pela acidez e saturação por alumínio do solo (MIRANDA; MIRANDA, 1994a). Silva et al. (1994), por exemplo, obtiveram aumento na produção de matéria seca de duas cultivares de trigo, uma sensível e outra tolerante ao alumínio, inoculadas com um fungo MA nativo em área de Cerrado com calagem. Esse acréscimo foi diferenciado em função das doses de calcário aplicadas, ocorrendo o mesmo comportamento para o número de esporos e percentual de colonização radicular. O teor de fósforo nas plantas foi sempre maior nos tratamentos inoculados. Nesse trabalho, observou-se, também, que a dependência micorrízica da cultivar sensível variou em função das doses de calcário, enquanto a cultivar tolerante manteve, praticamente, a mesma dependência micorrízica em todos os tratamentos.

A variação do pH do solo, também, pode causar igualmente mudança na espécie de fungo responsável pela colonização radicular e, em consequência, no efeito da micorriza no crescimento da planta (MOSSE, 1972).

A eficiência da simbiose pode ser, ainda, identificada na absorção de outros nutrientes pela planta, como o nitrogênio e o potássio. O teor de nitrogênio nas plantas pode ser afetado diretamente pelos fungos MA, via absorção desse nutriente pelas hifas, de fontes orgânicas ou inorgânicas (AMES et al., 1983) ou, indiretamente, por meio de relações sinérgicas com microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico, principalmente, com o rizóbio (BAREA, 1991; ALLEN, 1992; LINDERMAN, 1992).

No cultivo de leguminosas para adubação verde, essa relação entre os fungos MA e o rizóbio é de grande importância, pois a eficiência da fixação biológica do nitrogênio depende de um balanço nutricional adequado na planta, especialmente, do fósforo e da dependência micorrízica da planta hospedeira (DIEDERICHS, 1990; FARIA, 1998; OLIVEIRA, 1998). Dessa forma, é importante salientar algumas características relativas a essas relações sinérgicas:

Miranda e Miranda (1997) observaram, em solo de Cerrado, que, na ausência do fungo micorrízico arbuscular, a soja com adubação nitrogenada produziu mais matéria seca do que a soja inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* (Tabela 5). Entretanto, a presença de fungos MA nativos eliminou essa diferença e aumentou a produção de matéria seca das plantas nos dois tratamentos.

Tabela 5. Produção de matéria seca e dependência micorrízica de soja inoculada com rizóbio ou adubada com nitrogênio mineral, na presença ou na ausência da micorriza arbuscular em Latossolo Vermelho, Planaltina, DF.

Micorriza	Matéria seca, g/vaso (Dependência micorrízica, %)	
	Inoculação Rizóbio	Adubação Nitrogenada
Com	7,67 (80)	6,89 (64)
Sem	1,50	2,47

Dependência micorrízica = (matéria seca com micorriza - matéria seca sem micorriza) / matéria seca com micorriza x 100.

Fonte: Dados adaptados de Miranda e Miranda (1997).

Outros autores (LOPES et al., 1980; FARIA, 1998; OLIVEIRA, 1998) mostraram, também, que, com deficiência de fósforo, leguminosas como o feijão e o siratro não nodularam, a menos que suas raízes tivessem sido colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares ou que tivessem sido aplicadas elevadas doses de fósforo no solo. Na Tabela 6, observa-se que a nodulação do feijão inoculado com rizóbio, no solo com baixa dose de fósforo (25 mg/g de P), foi significativamente menor na ausência do fungo micorrízico. Quando se aumentou a dose para 150 mg/g de P, a nodulação aumentou significativamente, mas, ainda, continuou sendo menor na ausência do fungo micorrízico.

Tabela 6. Número e peso de nódulos de rizóbio e colonização do fungo micorrízico nas raízes do feijão, cv. Carioca, cultivado em Latossolo Vermelho com dois níveis de fósforo. Plantas não-inoculadas (NI) e inoculadas (I) com fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum*.

Tratamentos		Nódulos		Colonização
Nível P	Fungo MA	Nº	Peso	Radicular
		nº/pl	mg/pl	%
25	NI	3 b	0,1 b	0 b
	I	55 a	34 a	76 a
150	NI	172 b	145 b	0 b
	I	250 a	189 a	50 a

¹ Para cada nível de fósforo, médias seguidas de letra diferente na coluna diferem significativamente (Duncan P = 0,05).

Fonte: Adaptado de Faria (1998).

Outro aspecto importante a ser mencionado é a influência da condição micorrízica da planta na competição entre estirpes eficientes de rizóbio pela ocupação dos nódulos nas raízes. Oliveira (1998), por exemplo, demonstrou o favorecimento da simbiose micorrízica (Tabela 7) na ocupação de nódulos pelas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, CPAC 7 e CPAC 15, em detrimento da estirpe 29W. Esse aspecto é vantajoso, pois beneficia as estirpes CPAC 7 e CPAC 15 que são mais eficientes para a soja em solos de Cerrado (VARGAS et al., 1992), enquanto a 29W, considerada menos eficiente, já se encontra estabelecida no solo e apresenta alta competitividade.

Finalmente, além de influenciar o estabelecimento do rizóbio e a nodulação, a associação micorrízica pode atuar, na própria eficiência da fixação do nitrogênio por leguminosas, como ocorre com a soja (OLIVEIRA, 1998) e com feijão (FARIA, 1998). Nas plantas com micorriza, verifica-se maior formação do etileno que está diretamente relacionada à fixação do nitrogênio (Tabela 8).

Tabela 7. Serogrupos de rizóbio em nódulos nas raízes de soja, não-inoculadas (NI) e inoculadas (I) com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* (isolado CPAC 4). Plantas cultivadas em Latossolo Vermelho com a estirpe de rizóbio 29W preestabelecida, adubado com 75 mg/g de P.

Estirpe inoculada ¹	Micorriza	Serogrupos, %		
		29W	CB 1809	566
CPAC 7	Com	48	51	0
	Sem	56	34	0
CPAC 15	Com	34	0	66
	Sem	48	11	41

¹ A estirpe CPAC 7 pertence ao serogrupo CB 1809 e a estirpe CPAC 15 ao serogrupo 566.

Fonte: Adaptado de Oliveira (1998).

Tabela 8. Atividade de redução da nitrogenase em plantas de soja e feijão, não-inoculadas (NI) e inoculadas (I) com estirpes específicas de rizóbio e com o fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum* (isolado CPAC 4). Plantas cultivadas em Latossolo Vermelho, fertilizado com 25 mg/g de P.

Cultura	Rizóbio	Fungo MA	Etileno formado	
			μmoles/pl/h	
Soja	NI ¹	NI	0,2	
	NI ¹	I	55,0	
	I ²	NI	0,2	
	I ²	I	59,1	
Feijão	NI ¹	NI	0,1	
	NI ¹	I	3,0	
	I ³	NI	0,1	
	I ³	I	6,8	

¹ Presença de rizóbio preestabelecido. ² *Bradyrhizobium japonicum*, estirpe CPAC 15.

³ *Rhizobium tropici*, estirpe CPAC H41.

Fonte: Adaptado de Faria (1998), Oliveira (1998).

Esses efeitos observados poderiam também ocorrer com as leguminosas utilizadas para adubação verde, como a *crotalaria ochroleuca* e a mucuna-cinza (Tabela 4) que apresentam alta nodulação. Essas plantas, quando micorrizadas e noduladas, tornam-se mais adaptadas às condições de deficiências nutricionais existentes nos solos do Cerrado e, o desenvolvimento delas beneficia diretamente o crescimento das culturas subsequentes.

MANEJO DOS FUNGOS MA NOS SISTEMAS AGRÍCOLAS COM USO DE ADUBOS VERDES

O cultivo de plantas nos sistemas de produção requer a utilização de práticas agrícolas adequadas, visando à obtenção de retornos econômicos de todos os insumos aplicados. O uso de adubos verdes nos sistemas de rotação, principalmente de leguminosas, é uma prática em expansão no Cerrado, sendo importante pelos seus efeitos benéficos, como: incorporação de fitomassa, melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, capacidade de fixação de carbono e do nitrogênio atmosférico, maior eficiência na ciclagem de nutrientes, além do controle biológico de pragas e doenças, segundo De-Polli et al. (1996).

Como os fungos MA fazem parte, naturalmente, dos sistemas de produção e podem ser afetados pelas práticas agropecuárias, é importante que elas sejam selecionadas de modo a favorecer a população dos fungos no solo e a atividade da simbiose micorrízica, especialmente, nos ambientes onde a população nativa é deficiente quantitativa ou qualitativamente, como nos solos de Cerrado. Portanto, para cada tipo de solo, é necessário definir, adequadamente, as culturas e as cultivares a serem semeadas, o sistema de rotação, as espécies intercalares ou de adubação verde, os métodos de preparo

do solo, as fontes e as quantidades de corretivos e fertilizantes a serem aplicados, bem como o tipo, a dosagem e o modo de aplicação dos pesticidas (ABBOTT; ROBSON, 1982; ILAG et al., 1987; HARINIKUMAR; BAGYARAJ, 1988, BALTRUSCHAT; DEHNE, 1988, 1989; DODD et al., 1990a, 1990b; SIEVERDING, 1991; THOMPSON, 1991; JOHNSON; PFLEGER, 1992).

As plantas condicionadoras de solo têm promovido, no campo, variação no número de propágulos de espécies de fungos MA, influenciando diretamente a produtividade das culturas em sucessão (BALTRUSCHAT; DEHNE, 1988, 1989; DODD et al., 1990a, 1990b). Os dados obtidos por Bowen (1987) mostram, por exemplo, maior produção de matéria seca de milho em área de Cerrado anteriormente cultivada com mucuna-preta e cujas raízes estavam colonizadas pelos fungos MA nativos (Tabela 1). Os dados apresentados na Tabela 9 e as Figuras 2a, 2b e 2c ilustram, também, o desenvolvimento diferenciado da cultura do feijão em solo de Cerrado, depois do cultivo do feijão-de-porco, girassol e pousio. Os maiores índices de produção de grãos e de micorriza foram atingidos pelo feijão cultivado depois do feijão-de-porco e da mamona (MIRANDA; MIRANDA, 2001).

Tabela 9. Produção de grãos e colonização radicular de feijão e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nativos em Latossolo Vermelho, depois de um período de pousio e cultivo de diferentes culturas, Planaltina, DF.

Parâmetros	Culturas anteriores					
	Feijão-de-porco	Mamona	Milho	Girassol	Arroz	Pousio
Grãos (kg/ha)	1950	2026	1891	1699	1499	1500
Col. radicular (%)	76	81	84	73	34	28
Esporos (nº/50 g)	67	47	53	20	4	4

Fonte: Miranda e Miranda (2001).



Figura 2. Cultura de feijão em Latossolo Vermelho de Cerrado, em sucessão a de feijão-de-porco (a), girassol (b) e pousio (c).

Por sua vez, a utilização de espécies de adubo verde não dependentes da micorriza, como as pertencentes à família das crucíferas, por exemplo o nabo-forrageiro, pode influir negativamente no potencial de inóculo dos fungos MA no solo (Tabelas 3 e 4) e reduzir a produção das culturas subsequentes (BALTRUSCHAT; DEHNE, 1988, 1989; HARINIKUMAR; BAGYARAJ, 1988).

Em solo de Cerrado, nas áreas de pousio (Tabelas 1 e 10), e com culturas não dependentes de micorriza (Tabela 9), observa-se redução no número de propágulos de fungos MA nativos no solo. Na Tabela 10, pode-se ver que, nas áreas cultivadas com espécies vegetais que não formam micorriza, como o repolho (*Brassica sp.*), a produção do cultivo seguinte, no caso o sorgo, foi ainda menor do que na área deixada em pousio.

Tabela 10. Produção de grãos de sorgo em Latossolo Vermelho-Amarelo cultivados previamente, por dois anos, consorciado a diferentes espécies vegetais e número mais provável de propágulos de fungos MA nativos no solo, antes e depois do cultivo de sorgo, Planaltina, DF.

Espécie (1º e 2º ano)	Grãos (3º ano) kg/ha	Número mais provável	
		Antes sorgo ----- n°/10 g -----	Depois sorgo
Vegetação nativa	-	3,7	0,2
Pousio	2400	5,9	15,2
Ropolho	1383	3,1	11,4
Arroz	2788	11,9	59,3
Mucuna-preta	4772	14,6	119,4
Soja	3077	18,0	119,4

Fonte: Adaptado de Sano et al. (1991).

A recuperação dessa população pode ocorrer no cultivo posterior com o uso de uma planta dependente da micorriza pelo aumento do número de esporos dos fungos MA no solo. Com base nos dados apresentados na Tabela 11, pode-se observar que a população dos fungos MA no solo aumentou significativamente com o cultivo do feijão que apresenta grande dependência micorrízica. Entretanto, depois do cultivo do arroz, que mantém níveis baixos desse fungo, a população foi reduzida.

Tabela 11. Produção de esporos de fungos MA no solo no início do florescimento do feijão e do arroz, em função do efeito residual de doses de fósforo, aplicadas a lanço em Latossolo Vermelho argiloso, em 1990, Planaltina, DF.

P_2O_5 kg/ha	Eспорос (nº/50 g)		
	Feijão 1995	Arroz 1995/1996	Feijão 1996
250	86ab	17b	122a
500	97a	17b	100b
1000	78c	58a	114a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si estatisticamente (Duncan 5%).

Fonte: Adaptado de Miranda e Miranda (1999, 2001).

Uma seqüência de espécies não adequada ao sistema agrícola pode levar, também, ao acúmulo seletivo de espécies de fungos MA no solo que podem por sua vez, ser ineficientes para as culturas posteriores. Sieverding (1991) comenta que, um ano de cultivo da mandioca em solos tropicais da Colômbia aumentou, consideravelmente, a quantidade de fungos MA nativos não eficientes para outras culturas. Nesse caso, rotações com diferentes plantas seriam necessárias para alterar a composição quantitativa da comunidade de fungos MA de maneira a restabelecer o equilíbrio entre as espécies fúngicas que seriam eficientes para maior número de espécies vegetais. Assim, por exemplo, uma alteração quantitativa dessa comunidade observada no solo de Cerrado, cultivado com culturas anuais e forrageiras, foi acompanhada de uma alteração qualitativa quando a rotação das culturas foi realizada (Tabela 12). A introdução de culturas anuais, na área anteriormente ocupada com plantas forrageiras, aumentou o número de espécies de fungos MA nativos nessas áreas.

O uso da rotação de culturas pode, portanto, promover o aumento da população dos fungos presentes no solo e o reequilíbrio entre espécies de fungos MA nativos, restaurando, assim, quantitativa e qualitativamente, o potencial de inóculo do solo.

Tabela 12. Espécies de fungos micorrízicos arbusculares presentes no Latossolo Vermelho, com plantas anuais (Culturas=1994-milho; 1995-soja; 1996-milho) e perenes (Pasto=*Andropogon gayanus* consorciado com coquetel de leguminosas (*calopogonium*, estylosantes, centrosema e soja perene) cultivadas em sistema de rotação. A rotação (R) foi realizada em outubro de 1995, Planaltina, DF.

Rotações	Época de amostragem		
	abril/1994	setembro/1995 (R)	abril/1996
----- Espécies FMA ¹ -----			
Pasto/Culturas	Asp. Lsp.	Asp. Lsp. Csp.	Asp. Lsp. Csp. Gsp. Esp
Culturas/Pasto	Asp. Lsp. Csp. Gsp.	Asp. Lsp. Csp. Gsp.	Asp. Lsp. Csp. Gsp. Esp.

¹ Asp. = *Acaulospora* sp.: *A. scrobiculata*, *A. mellea*, *A. tuberculata*; Csp. = *Scutellospora* sp.: *S. biornata*, *S. cerradensis*, *S. pellucida*, *S. reticulata*; Lsp. = *Glomus* sp.: *G. occultum*, *G. clarum*; Gsp. = *Gigaspora* sp.: *G. gigantea*, *G. margarita*; Esp. = *Entrophosphora* sp.: *E. colombiana*.

Fonte: Miranda e Miranda (2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos sistemas de produção, ao utilizar a rotação de culturas ou culturas intercalares de adubo verde, devem-se considerar os possíveis efeitos acumulativos, positivos ou negativos sobre a população micorrízica arbuscular nativa eficiente. Por sua vez, deve-se levar em conta, a dinâmica desses fungos no agroecossistema, sua contribuição no desenvolvimento das plantas e a variabilidade dessa contribuição entre diferentes espécies de plantas. Esse aspecto pode influenciar a resposta das culturas subsequentes ao adubo verde e determinar a eficiência dessa prática agrícola na produtividade dessas culturas. O manejo adequado dos fungos micorrízicos arbusculares nativos, por meio de práticas agrícolas que favoreçam o desenvolvimento das espécies eficientes, pode ser o meio mais viável de incorporar os benefícios da micorriza arbuscular. Assim, pode-se otimizar os efeitos do uso das plantas condicionadoras de solo no aumento da produtividade agrícola no Cerrado e na preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. The role of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. **Australian Journal for Agricultural Research**, Melbourne, v. 33, p. 389-408, 1982.
- ALEXANDER, I. J.; HÖGBERG, P. Ectomycorrhizas of tropical angiospermous trees. **New Phytologist**, Oxford, v. 102, p. 541-549, 1986.
- ALLEN, M. F. (Ed.). **Mycorrhizal functioning**. London: Chapman Hall, 1992. 515 p.
- AMES, R. N.; REID, C. P. P.; PORTER, L. K.; CAMBARDELLA, C. Hyphal uptake and transport of nitrogen from two ¹⁵N-labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. **New Phytologist**, Oxford, v. 95, p. 381-396, 1983.
- AMIJEE, F.; TINKER, P. B.; STRIBLEY, D. P. The development of endomycorrhizal root systems. VII. A detailed study on effects of soil phosphorus on colonization. **New Phytologist**, Oxford, v. 111, p. 435-446, 1989.
- BAGYARAJ, D. J. Vesicular arbuscular mycorrhiza: application in agriculture. In: NORRIS, J. R.; READ, D. J.; VARMA, A. K. (Ed.). **Methods in microbiology**: techniques for the study of mycorrhiza. London: Academic Press, 1992. v. 24, p. 359-373.
- BALTRUSCHAT, H.; DEHNE, H. W. The occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhiza in agro-ecosystems. I. Influence of nitrogen fertilization and green manure in continuous monoculture and in crop rotation on the inoculum potential of winter wheat. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 107, p. 279-284, 1988.
- BALTRUSCHAT, H.; DEHNE, H. W. The occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhiza in agro-ecosystems. II. Influence of nitrogen fertilization and green manure in continuous monoculture and in crop rotation on the inoculum potential of winter barley. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 113, p. 251-256, 1989.
- BAREA, J. M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. **Advances in Soil Science**, New York, v. 15, p. 1-39, 1991.
- BETHLENFALVAY, G. J. Mycorrhizae and crop productivity. In: BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMANN, R. G. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p. 11-27. (Special Publication, 54).
- BOLAN, N. S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 134, p. 189-207, 1991.

BONONI, V. L. R.; TRUFEM, S. F. B. Endomicorrizas vesículo arbusculares do Cerrado da reserva biológica de Moji-Guaçu, São Paulo, Brasil. **Rickia**, São Paulo, v. 10, p. 55-84, 1983.

BOWEN, W. T. **Estimating the nitrogen contribution of legumes to succeeding maize on an oxisol in Brazil**. 1987. 178 p. Thesis (Ph.D.) - Cornell University, Ithaca.

BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advanced Ecological Research**, New York, v. 21, p. 171-313, 1991.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; FRANCO, A. A. Adubação verde: parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Ed.). **Manejo integrado de solos e microbacias hidrográficas**. Londrina: IAPAR, 1996. p. 225-242.

DIEDERICHS, C. Improved growth of *Cajanus cajan* (L.) Millsp. in an unsterile soil by three mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 123, p. 261-266, 1990.

DODD, J. C.; ARIAS, I.; KOOMEN, I.; HAYMAN, D. S. The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. I. The effect of pre-cropping and inoculation with VAM-fungi on plant growth and nutrition in the field. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 122, p. 229-240, 1990a.

DODD, J. C.; ARIAS, I.; KOOMEN, I.; HAYMAN, D. S. The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. II. The effects of pre-crops on the spore populations of native and introduced VAM-fungi. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 122, p. 241-247, 1990b.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R.; SOUZA, F. A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 339-347, 1998.

FARIA, F. C. **Efeito de associações micorrízicas na eficiência e competitividade de estirpes de rizóbio no feijoeiro**. 1998. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

FELDMANN, F.; IDCZAK, E. Inoculum production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for use in tropical nurseries. In: NORRIS, J. R.; READ, D. J.; VARMA, A. K. (Ed.). **Methods in microbiology: techniques for the study of mycorrhiza**. London: Academic Press, 1992. v. 24, p. 339-357.

FERGUSON, J. J.; WOODHEAD, S. H. Increase and maintenance of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: SCHENCK, N. C. (Ed.). **Methods and principles of mycorrhizal research**. 2nd ed. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1984. p. 47-58.

GERDEMANN, J. W. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 6, p. 397-413, 1968.

GERDEMANN, J. W. Vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: TORREY, J. G.; CLARKSON, D. T. (Ed.). **The development and function of roots**. London: Academic Press, 1975. p. 575-591.

GOEDERT, W. J. Management of the Cerrado soils of Brazil: a review. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 34, p. 405-428, 1983.

HARINIKUMAR, K. M.; BAGYARAJ, D. J. Effect of crop rotation on native vesicular arbuscular mycorrhizal propagules in soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 110, p. 77-80, 1988.

HARLEY, J. L.; SMITH, S. E. **Mycorrhizal symbiosis**. New York: Academic Press, 1983. 483 p.

HAYMAN, D. S. Endomycorrhizae. In: DOMMERGUES, Y. R.; KRUPA, S. V. (Ed.). **Interactions between non-pathogenic soil microorganisms and plants**. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1978. p. 401-458.

ILAG, L. L.; ROSALES, A. M.; ELAZEGUI, F. A.; MEW, T. W. Changes in the population of infective endomycorrhizal fungi in a rice-baceb cropping system. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 103, p. 67-73, 1987.

INTERNATIONAL CULTURE COLLECTION OF VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI (Morgantown, WV). **Four years:** taking stock of fungi in INVAM. Morgantown: West Virginia University, 1994. 8 p. (Invam Newsletter, 4 (2)).

JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of VA mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Oxford, v. 112, p. 91-99, 1989.

JOHNSON, N. C.; PFLEGER, F. L. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and cultural stresses. In: BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMAN, R. G. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p. 71-99. (ASA. Special Publication, 54).

JOHNSON, N. C.; TILMAN, D.; WEDIN, D. Plant and soil controls on mycorrhizal fungal communities. **Ecology**, Lancaster, v. 73, n. 6, p. 2034-2042, 1992.

LINDERMAN, R. G. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In: BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMAN, R. G. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p. 45-70. (ASA. Special Publication, 54).

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A. M. L. O efeito de espécies de micorrizas vesicular-arbusculares no Siratro (*Macroptilium atropurpureum*). **Bragantia**, Campinas, v. 39, p. 241-245, 1980.

MANJUNATH, A. R. **Host related determinants of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency in selected species of Leucaena and Sesbania.** 1989. 199 p. Dissertation (Ph.D.) - University of Hawaii, Honolulu.

MARTINS, C. R.; MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kunth em áreas degradadas do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 665-674, 1999.

MICORRIZAS e eficiência na absorção de fósforo. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1981-1982**, Planaltina, DF, p. 71-74, 1985.

MIRANDA, J. C. C. Arbuscular mycorrhizal population dynamics under crop rotation system. In: Centro International de Agricultura Tropical (Cali, Colômbia). **Tropical Lowlands Program. Annual Report 1995**. Cali: CIAT, 1996. p. 50-51.

MIRANDA, J. C. C. **A endomicorriza na região dos Cerrados:** uma revisão. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1992. 35 p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 42).

MIRANDA, J. C. C. Influência de fungos endomicorrízicos inoculados a campo, na cultura de sorgo e soja em um solo sob Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 19-23, 1982.

MIRANDA, J. C. C. Ocorrência de fungos endomicorrízicos nativos em um solo de Cerrado do Distrito Federal e sua influência na absorção de fósforo por *Brachiaria decumbens* staph. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 102-105, 1981.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Dinâmica de fungos micorrízicos arbusculares em função da adubação fosfatada e da rotação milho, feijão irrigado e arroz, e sua contribuição no crescimento do feijão, em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO 27., 1999, Brasília. **Resumos...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Embrapa Cerrados; Universidade de Brasília, 1999. CD-ROM.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Efeito da acidez do solo na eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares nativos de solos de Cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 5., 1994, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1994a. p. 13.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares nativos de cerrado no crescimento da soja adubada com nitrogênio ou inoculada com Rhizobium. In: SIMPÓSIO DO CERRADO, 8; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANAS, 1., 1996, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa-CPAC, 1996. p. 393-395.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 42).

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1997. p. 69-123.

MIRANDA, J. C. C.; SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N. Influência de fungos endomicorrízicos vesicular-arbusculares na absorção de fósforo e no rendimento de matéria seca de plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 81, p. 31-36, 1984.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. Efeito residual do calcário e manejo da calagem em solo glei pouco húmico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Resumos...** Petrolina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994b. p. 71.

MOSSE, B. Effects of different Endogone strains on the growth of *Paspalum notatum*. **Nature**, London, v. 239, p. 221-223, 1972.

MOSSE, B. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture**. Honolulu: Institute for Tropical Agriculture and Human Resources, 1981. 82 p. (Research Bulletin, 194).

NAIR, M. G.; SAFIR, G. R.; SIQUEIRA, J. O. Isolation and identification of vesicular-arbuscular mycorrhiza-stimulatory compounds from clover (*Trifolium repens*) roots. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 57, p. 434-439, 1991.

OLIVEIRA, R. S. **Alterações na dinâmica da competição entre estírpes de rizóbio pelos sítios de nodulação nas raízes de soja e suas consequências no crescimento da planta causadas por fungo micorrízico arbuscular**. 1998. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O. Efeito da adubação fosfatada, cultivos e densidade de esporos na infectividade e efetividade de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solo sob cerrado. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 11, p. 54-64, 1987.

REIN, T. A.; MIRANDA, J. C. C. Variação na resposta à micorriza arbuscular em função da granulometria do fertilizante fosfatado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. v. 1, p. 415-417.

ROBSON, A. D. Improving the phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics. In: JOHANSEN, C.; LEE, K. K.; SAHRAWAT, K. L. (Ed.). **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics**. India: ICRISAT. 1991. p. 167-170.

SANCHES, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 279-406, 1981.

SANCHES, P. A.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society; Soil Science Society of America , 1986. p. 471-514.

SANDERS, F. E.; SHEIKH, N. A. The development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in plant root systems. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 71, p. 223-246, 1983.

SANO, S. M.; SOUSA, D. M. G. Contribuição de fungos vesículo-arbusculares no crescimento e absorção de fósforo pelo sorgo, em solo esterilizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, n. 3, p. 299-301, 1986.

SANO, S. M.; WARNER, A.; SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, J. C. C. Influência do manejo de solos e culturas no comportamento de fungos endomicorrízicos em solos de cerrado. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1985-1987**, Planaltina, DF, p.101-104, 1991.

SCHENCK, N. C.; SIQUEIRA, J. O.; OLIVEIRA, E. Changes in the incidence of VA mycorrhizal fungi with changes in ecosystems. In: VANCURA, V.; KUNC, F. (Ed.). **Interrelationships between microorganisms and plants in soils**. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 125-129.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Federal Republic of Germany, 1991. 371 p.

SILVA, L. H. B.; MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Efeito da micorriza vesiculó-arbuscular no crescimento de variedades de trigo sensível e tolerante ao alumínio, em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 407-414, 1994.

SIQUEIRA, J. O. **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). Lavras: Universidade Federal de Lavras; DCS, 1996. 290 p.

SIQUEIRA, J. O. Eficiência de fertilizantes fosfatados em associações micorrízicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 5., 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Brasileiro do Fosfato, 1990. p. 165-193.

SIQUEIRA, J. O.; BROWN, D. J.; SAFIR, G. R.; NAIR, M. G. Field application of the VAM stimulating isoflavanoid formononetin (Rizotropinetine) on corn and soybean in Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF MYCORRHIZAS IN AGRICULTURE, HORTICULTURE AND FORESTRY, 1992, Perth. **Abstracts...** Perth: University of Western Australia, 1992. p. 31.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas naturais do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1499-1506, 1989.

SYLVIA, D. M.; WILLIAMS, S. E. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stresses. In: BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMANN, R. G. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p. 101-124. (ASA. Special Publication, 54).

THOMPSON, J. P. Improving the mycorrhizal condition of the soil through cultural practices and effects on growth and phosphorus uptake by plants. In: JOHANSEN, C.; LEE, K. K.; SAHRAWAT, K. L. (Ed.). **Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi-arid tropics**. India: ICRISAT, 1991. p. 117-137.

TRAPPE, J. M. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 15, p. 203-222, 1977.

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R. **Duas novas estirpes de rizóbio para inoculação da soja**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC 1992. 3 p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 62).

VARMA, A.; HOCK, B. (Ed.). **Mycorrhiza**: structure, function, molecular biology and biotechnology. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 747 p.

VIEIRA, R. F.; CARVALHO, E. F. Fungos ectomicorrízicos em áreas do cerrado do Distrito Federal: ocorrência e eficiência simbiótica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 321-324, 1994.

VIEIRA, R. F.; PERES, J. R. R. Definição do teor de fósforo no solo para máxima eficiência da associação ectomicorrízica em *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 12, n. 3, p. 237-241, 1988.

VIEIRA, R. F.; PERES, J. R. R. Fungos ectomicorrízicos para *Pinus* spp. cultivados em solos sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 33-39, 1990.

WARNER, A. **Final report on mycorrhizal research project at EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1986. 28 p. Mimeografado.

YOST, R. S.; FOX, R. H. Contribution of mycorrhizae to the P nutrition of crops growing on an oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 71, p. 903-908, 1979.

Adubação verde no controle de fitonematóides

Ravi Datt Sharma

INTRODUÇÃO

No Bioma Cerrado, os danos causados por fitonematóides têm sido um dos fatores limitantes para produção agrícola. As principais causas são a falta de estratégias de sistema de produção como, por exemplo, a monocultura de espécies vegetais suscetíveis durante longo período e o uso abusivo de fertilizantes sem análises químicas. Ao contrário, a rotação de culturas apropriadas e a adubação verde podem melhorar a fertilidade do solo e controlar os fitonematóides. Têm havido grandes prejuízos em lavouras de feijão, soja, arroz, trigo, ervilha, lentilha, grão-de-bico, algodão cana-de-açúcar, hortaliças e pastagem) por causa dos elevados níveis de infestações do solo pelas principais espécies de fitonematóides (*Meloidogyne javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *Pratylenchus brachyurus*, *Pratylenchus zeae*, *Helicotylenchus dihystera*, *H. pseudorobustus*, *Criconemella ornata*, *Paratrichodorus minor*, *Heterodera glycines* e *Xiphinema spp.*).

A perda média anual causada por fitonematóides, nessa região, não deve ser menor que a estimativa mundial de 12,3% (SASSER; FRECKMAN, 1987) e tende a aumentar, caso não se adotem métodos eficientes de controle. A seleção desses métodos depende, acima de tudo, da biologia do nematóide, da cultura hospedeira e de seu valor econômico, das práticas culturais comumente utilizadas na região, das relações com fatores ecológicos e do custo relativo dos

métodos de controle disponíveis. O controle por meio de resistência genética é limitado pela escassez de cultivares resistentes para a maioria das culturas e, para muitas delas, a adaptação é restrita, impedindo seu emprego em larga escala. Além disso, o uso contínuo de variedades resistentes é desaconselhável em muitos casos, devido à possibilidade de surgimento de novas raças do patógeno. Embora bastante estudado, o controle biológico, com o uso de inimigos naturais dos fitonematóides, como fungos nematófagos, insetos, ácaros e bactérias dos gêneros *Pasteuria* e *Bacillus* ainda é pouco utilizado.

Os altos custos econômicos de aplicação de nematicidas nessa região, o controle temporário e o material tóxico deixado como resíduo têm estimulado os métodos alternativos de controle de nematóides não químicos, mais baratos e seguros como a adubação verde com plantas leguminosas em rotação ou compostos e antagônicos, especialmente, nas culturas de baixo valor econômico.

Os solos do Bioma Cerrado, em geral, são pobres em nutrientes essenciais às plantas, bem como em matéria orgânica, além da baixa atividade microbiana (BAIXA..., 1979). A manutenção da matéria orgânica do solo é o fator primordial no manejo dos fitonematóides. A aplicação de matéria orgânica estimula a atividade de actinomicetes, algas, fungos e outros organismos, incluindo nematóides micófagos (WEBSTER, 1972; SAYRE, 1980; RODRÍGUEZ-KÁBANA et al., 1987). O aumento da atividade microbiana associado à matéria orgânica do solo leva ao acréscimo de atividade enzimática (RODRIGUEZ-KÁBANA et al., 1983) e à acumulação de produtos finais de decomposição e metabólitos microbianos que são nocivos aos fitonematóides (JOHNSTON, 1959; MANKAU; MINTEER, 1962; RODRIGUEZ-KABANA et al., 1965; WALKER, 1971; KHAN et al., 1974; BADRA et al., 1979).

Deve-se buscar o manejo de fitonematóides mediante o emprego de adubos verdes (plantas leguminosas e antagônicas) que reduzam sua população, e melhorem as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de manter o caráter econômico do sistema de produção.

A adubação verde é uma prática muito antiga e uma forma alternativa de se controlar fitonematóides no solo e nas raízes das culturas suscetíveis. São muitos os benefícios proporcionados pelos adubos verdes. Ao serem incorporados, melhoram as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SHARMA et al., 1979; RESCK et al., 1982), estimulam a atividade microbiana, diminuem a infestação de plantas invasoras, erosão do solo e os prejuízos causados pelos nematóides, resultando no aumento da produtividade das culturas (SHARMA, 1982; SHARMA et al., 1982; SHARMA; SCOLARI, 1984; SHARMA; GOMES, 1995).

As leguminosas antagônicas, incorporadas no solo no início ou meados da sua floração, têm sido as mais utilizadas, graças à comprovada eficácia na simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* que fixam o nitrogênio atmosférico para sua nutrição. Na decomposição dos adubos verdes incorporados, observa-se grande redução na população dos patógenos fúngicos das plantas com reflexos positivos no controle das doenças (STOVER, 1962; GARRET, 1965; PATRICK; TOUSSON, 1965). Isso ocorre também com os fitonematóides, objeto deste capítulo.

ESPÉCIES VEGETAIS PARA CONTROLE DE FITONEMATÓIDES

Linford et al. (1938), ao incorporarem de 123,5 a 494,2 t ha⁻¹ de folhas picadas de abacaxizeiro, constataram, pela primeira vez, que a incidência de nematóides formadores de galhas foi reduzida significativamente. Patel e Desai (1964), utilizando outras cinco plantas como adubo verde em solo infestado com *Meloidogyne* sp., observaram que *Melilotus alba* cv. *Annua* e *Sorgum vulgari* causaram redução na população de *Meloydogine* spp. Singh (1965) incorporando folhas picadas de *Pongamia glabra* em solo infestado com *Meloidogyne javanica* observou, em vaso, redução de 50% no índice de galhas em tomateiro. Singh e Sitaramaiah (1967) constataram controle razoavelmente bom de nematóides formadores de galhas três semanas depois da incorporação de 19,8 t ha⁻¹ de folhas de *Cassia occidentalis* no campo. A adubação verde com

alfafa também foi muito eficiente no controle de *Meloidogyne* sp. (MANKAU, 1968).

Thorne (1926), trabalhando com *Heterodera schachtii*, observou que, ao incorporar abundante quantidade de trevo-doce (*Melilotus* sp.) no solo, a temperatura elevada e o gás liberado na decomposição do material provocaram a destruição de 5% a 22% dos nematóides, inclusive, aqueles encistados. Duddington e Duthoit (1960) e Duddington et al. (1961) constataram grande redução na população de nematóides formadores de cisto-dos-cereais em solo infestado com *Heterodera major*, depois da incorporação de folhas de couve. Hams e Wilkin (1961) também observaram bom controle de *Heterodera* sp. em solo infestado depois da adubação verde e melhoria no rendimento das culturas subsequentes.

Hutchinson et al. (1960) verificaram que as populações de *Hoplolaimus tylenchiformis* e de *Pratylenchus pratensis* eram bem menores na área de cevada na qual se incorporou aboboreira picada em comparação à área testemunha.

Mais recentemente, no Bioma Cerrado, Sharma et al. (1979), Resck et al. (1982), Sharma (1982) e Sharma e Gomes (1995) obtiveram excelente controle de *M. javanica*, *Pratylenchus brachyurus*, *Helicotylenchus dihystera*, *Criconemella ornata*, *Paratrichodorus minor* e de outros tylenchidas com uso de adubos verdes associados às culturas de soja, feijão, milho e trigo (Tabela 1).

Existe grande número de plantas com a capacidade de controlar fitonematóides em áreas de Cerrado, entretanto, muitas delas não apresentam características específicas que as qualificam como bem-sucedidas para adubo verde. Ao se decidir por determinada planta para adubação verde visando a sua utilização no controle de nematóides, devem-se considerar as seguintes características: (a) ser tolerante ou resistente a doenças e a pragas; (b) ser leguminosa ou não-leguminosa, porém, antagônica a nematóides (cravo-de-defunto e nabo-forrageiro); (c) ter ciclo compatível com o sistema de produção da propriedade; (d) produzir elevada quantidade de sementes e de fácil colheita.

Tabela 1. Efeito de espécies vegetais para adubação verde no controle de fitonematoides em um Latossolo Vermelho, Planaltina, DF.

Espécie (adubo verde)	Controle de nematoides (%)							Matéria seca (kg ha ⁻¹)
	Pb	Mj	Co	Pm	D	A	Aa	
<i>Tagetes erecta</i> (Testemunha-antagônica)	100	100	100	-	91*	12*	1*	-
<i>Crotalaria paulina</i>	100	100	100	-	94	94	99	100
<i>Crotalaria juncea</i>	100	100	30	-	100	81	97	100
<i>Cyamopsis psoraleoides</i>	100	100	100	-	80	100	98	100
<i>Stizolobium niveum</i>	100	100	100	-	91	100	98	25
<i>Stizolobium deerinianum</i>	100	100	-	-	93	97	99	100
<i>Indigofera tinctoria</i>	100	100	100	-	98	100	99	100
<i>Crotalaria spectabilis</i>	100	100	100	-	94	93	100	100
<i>Stizolobium aternum</i>	100	100	100	-	97	93	99	100
<i>Crotalaria grantiana</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Clitoria ternatea</i>	100	100	100	100	100	99	100	99
<i>Tephrosia candida</i>	100	100	25	-	92	100	96	100
<i>Cajanus cajan</i>	100	96	75	-	98	92	98	100
<i>Sesbania aculeata</i>	100	99	100	-	99	98	100	100
<i>Dolichos lablab</i>	91	99	100	-	94	100	100	100
<i>Canavalia ensiformis</i>	100	100	100	-	96	100	99	100
<i>Phaseolus aureus</i> (Testemunha – sucatível)	85	90	-	-	7*	15*	2*	3
								-
								4
								97
								96
								98
								93
								95
								99
								99
								99
								99
								99
								99
								99
								99
								5*
								-

Pb-*Pratylenchus brachyurus*, Mj-*Meloiodogyne javanica*, Co-*Cricotomella ornata*, Pm-*Paratrichodorus minor*, D-*Ditylenchus sp.*, A-*Aphelelenchoides sp.*, Aa-*Aphelelenchus avenae*, T-*Tylenchus sp.*, Os- outros tylenchidas e S- Saprofíticos. *Aumento da população em relação à população inicial.

Fonte: Sharma et al. (1982).

PRINCIPAIS ESPÉCIES DE ADUBO VERDE USADAS NO CONTROLE DE FITONEMATÓIDES

Têm-se estudado as propriedades antagônicas de algumas espécies vegetais a fitonematóides e que também são utilizadas na adubação verde. Destacam-se algumas leguminosas como *Crotalaria paulina*, *C. juncea*, *C. spectabilis*, *Stizolobium aterrimum*, *S. deerigianum* e *S. niveum* (FERRAZ et al., 1977; SHARMA et al., 1979; ASMUS; FERRAZ, 1988; ALMEIDA; CAMPOS, 1991; WEAVER et al., 1993) e *Stylosanthes* spp. (SHARMA, 1984b), *Aeschynomene americana* e *Indigofera hirsuta* (RODRÍGUEZ-KÁBANA et al., 1990), *Cassia fasciculata* e *Sesamum indicum* não leguminosa (RODRÍGUEZ-KÁBANA; CANULLO, 1992), *Indigofera tinctoria* (SHARMA et al., 1979); compostas como *Tagetes* spp. (SWARUP; SHARMA, 1967; SUATMADJI, 1969; SHARMA, 1971). Gramíneas como *Digitaria decumbens* cv. Pangola, *Panicum maximum* cv. Guiné, *Eragrostis curvula* tiveram seu efeito antagônico a *M. javanica* confirmado por Brito e Ferraz (1987b). *Avena sativa* tem apresentado também bons resultados no controle de *M. javanica* (SHARMA, 1984a), podendo ser utilizada como adubo verde. Na literatura, existem registros de outras espécies antagônicas aos fitonematóides, incluindo *Brassica* spp. (ELLENBY, 1945; ALAM et al., 1976) e *Asparagus officinalis* (ROHDE; JENKINS, 1958; SWARUP; SHARMA, 1967).

Essas plantas, quando empregadas como adubo verde, não prejudicam os inimigos naturais dos fitonematóides (WALLACE, 1973) e melhoram as propriedades físico-químicas do solo (RESCK et al., 1982). A decomposição da matéria orgânica favorece a proliferação de inimigos naturais, além de liberar substâncias com efeito nematicida (BADRA et al., 1979; SHARMA et al., 1982) e permitir o controle de outros patógenos do solo (RODRÍGUEZ-KÁBANA et al., 1994). A utilização dessas espécies quando a cultura principal não pode ser cultivada é uma alternativa viável para o controle de fitonematóides. O uso de plantas antagônicas pode ser vantajoso por reduzir mais rapidamente a população de fitonematóides, permitindo a adoção de períodos de rotação mais curtos.

MODO DE AÇÃO DE ADUBOS VERDES NO CONTROLE DE FITONEMATÓIDES

Espécies de crotalária

O mecanismo de resistência de *Crotalaria* spp. a *M. javanica* foi estudado por Silva et al. (1989). Esses autores observaram que o nematóide era atraído para as raízes das plantas de *C. juncea* e *C. spectabilis* onde ocorria a penetração, mas ambos os eventos aconteceram com uma intensidade inferior à observada na testemunha suscetível (tomateiro). Verificaram, também, que o número de juvenis que era atraído, mas que não penetrava nas raízes, era maior nas espécies de crotalária, o que sugere a existência de algum mecanismo de resistência à penetração.

Barrons (1939) já havia observado que juvenis de *Meloidogyne* penetravam nas raízes de *C. spectabilis*, entretanto, não se desenvolviam. Silva et al. (1989) avaliando o desenvolvimento de *M. javanica* em *C. spectabilis*, *C. juncea*, *C. retusa* e *C. paulina* não encontraram fêmeas nas raízes dessas plantas depois de 45 dias da inoculação, apesar de terem observado a presença de juvenis nas raízes das quatro espécies de crotalária. Huang e Silva (1980) obtiveram resultados semelhantes para *M. incognita* em *Crotalaria* spp. e Araya e Caswell-Chen (1992) verificaram, também, a penetração de *M. javanica* sem completar o desenvolvimento em raízes de *C. juncea*. Esses resultados demonstram que as espécies de crotalária atuam não só como plantas antagônicas, mas, igualmente, como armadilhas.

O alcalóide monocrotalina, tóxico para vertebrados, foi isolado de *C. spectabilis*. Embora tenha inibido a mobilidade de *M. incognita* *in vitro*, esse alcalóide não parece estar diretamente relacionado à resistência, pois outras espécies que apresentam esse composto são suscetíveis aos mesmos nematóides (FASSULIOTIS; SKUCAS, 1969).

Estudos demonstram que há formação de células gigantes em raízes de *C. spectabilis* e *C. juncea* parasitadas por *M. javanica*, porém, essas são menores e em menor número que as observadas em tomateiro. Em *Crotalaria* spp., as

células gigantes apresentaram citoplasma mais denso, granuloso, com poucos núcleos e em muitos casos sem grandes vacúolos. Essas células poderiam ser menos eficientes para nutrir o nematóide que as formadas em plantas suscetíveis (SILVA et al., 1990).

Espécies de mucuna

As espécies de mucuna (*Stizolobium* spp.) são empregadas no Brasil, principalmente, como adubos verdes, e também, em menor escala na produção de forragem (MIYASAKA, 1984). A mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) tem sido a espécie de mucuna mais cultivada e estudada no Brasil, sendo eficiente no controle de *Meloidogyne* spp. (FERRAZ et al., 1977; SHARMA et al., 1979; RESENDE et al., 1987; ASMUS; FERRAZ, 1988; ALMEIDA; CAMPOS, 1991; BIASI et al., 1992).

O uso da mucuna-preta, em plantio consorciado, não propicia o controle satisfatório de *M. incognita* (JAEHN; REBEL, 1984; TENENTE et al., 1984). Além disto, o hábito de crescimento indeterminado limita seu uso em consórcio com a maioria das culturas. A semeadura dessa espécie em sucessão à soja, ao algodão e ao amendoim tem propiciado bons incrementos de rendimento dessas culturas em áreas infestadas por *Meloidogyne incognita* (KAGE, 1983).

A mucuna-anã (*Mucuna deeringianum*) tem sido testada com sucesso para o controle de *Meloidogyne* spp. e *Heterodera glycines* (RODRÍGUEZ-KÁBANA et al., 1992; WEAVER et al., 1993). Além dos resultados promissores obtidos com a mucuna em rotação, Rodríguez-Kábana e Canullo (1992) relatam o bom controle de *M. arenaria* obtido com a semeadura de mucuna por apenas dois meses antes do plantio de amendoim, permitindo assim o estabelecimento da cultura principal. Os efeitos de diversos adubos verdes no aumento da população de *P. brachyurus* foi demonstrado por Sharma et al. (1982), no segundo ano agrícola somente nas áreas com uso de mucuna-preta e mucuna-jaspeada (*S. niveum*).

A mucuna-preta é considerada má hospedeira de *M. incognita*, pois o número de juvenis que penetra em suas raízes é baixo. Poucos juvenis

completam seu desenvolvimento originando fêmeas, e o ciclo de vida do parasita é mais longo (TENENTE; LORDELLO, 1987; JAEHN, 1993), não tendo sido observada reação de hipersensibilidade (TENENTE; LORDELLO, 1987). Nogueira et al. (1994) extraíram de raízes de mucuna-preta substâncias não identificadas com ação nematicida. Em extratos retirados da parte aérea, esses autores isolaram e identificaram dois compostos nematicidas, sendo um éster de cadeia longa (tricontil tetracosanato- $C_{54} H_{108} O_2$) e um álcool de cadeia longa (1-triacontanol- $C_{30} H_{62} O$). A presença desses compostos, associados ao efeito da adição de matéria orgânica, pode explicar os melhores resultados obtidos no controle de *M. javanica* em experimentos de campo onde se fez incorporação da parte aérea de mucuna-preta, comparados aos obtidos em casa de vegetação.

Vicente e Acosta (1987) observaram efeito supressivo dos exsudados de mucuna-anã (*Mucuna deeringianum*) sobre *M. incognita*. Além do efeito já mencionado da matéria orgânica, nesse caso, parece haver, também, o envolvimento dos compostos nematicidas presentes na parte aérea, identificados em mucuna-preta. As bactérias associadas a essa espécie de leguminosa são bastante diferentes daquelas observadas em soja e outras culturas (KLOPPER et al., 1991) e talvez exerçam ação supressiva sobre fitonematóides (RODRÍGUEZ-KÁBANA et al., 1992).

Espécies de cravo-de-defunto

A ação antagônica de cravo-de-defunto (*Tagetes* spp.) é devida aos exsudados radiculares que atuam eliminando os fitonematóides (SWARUP; SHARMA, 1967; ALAM et al., 1975; SIDDIQUI; ALAM, 1988). Entretanto, Hesling et al. (1961) e Omidvar (1961) observaram que exsudados radiculares de cravo-de-defunto não estimulam nem inibem a eclosão de ovos do nematóide-de-cisto da batata.

Raízes de cravo-de-defunto contêm concentrações consideravelmente altas de a-terthienyl 5-(3-buten-1-ynyl)-2, '2-bithienyl, compostos ditioacetilênicos ou benzafuranos (2-hidroxi-3-metileno-6-metilbenzofuran), cujo efeito nematicida já foi comprovado, suprimindo efetivamente a população de *Pratylenchus penetrans* (GOMMERS; HOLT, 1976).

Brito e Ferraz (1987b) relataram efeito inibitório dos exsudados radiculares de *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* cv. Guiné sobre a eclosão de juvenis de *M. javanica*. Observaram, também, que os juvenis que penetraram nas raízes dessas gramíneas não se desenvolveram além do segundo estádio juvenil. Haroon e Smart Jr. (1983) relataram que juvenis de *M. arenaria*, *M. javanica* e *M. hapla* não foram capazes de se desenvolver nas raízes de capim-pangola. A inibição do desenvolvimento de *Meloidogyne* spp. pode estar associada à presença de substâncias com efeito nematicida, uma vez que o extrato aquoso de raízes e o exsudado radicular de capim-pangola foram tóxicos a *M. incognita*, afetando a eclosão e a sobrevivência de juvenis.

O efeito antagônico de *Eragrostis curvula* a *Meloidogyne* spp. é atribuído à presença de um pirocatecol¹ nematicida nas raízes dessa planta (SCHEFFER et al., 1962, apud GOMMERS, 1981).

Espécies de aspargo

Dois compostos nematicidas foram isolados das raízes de aspargo (*Asparagus officinalis*), comprovando sua ação antagônica a nematóides: um glicosídeo de baixo peso molecular, com ação sistêmica e inibidor de acetilcolinesterase (ROHDE; JENKINS, 1958; ROHDE, 1960); o outro o ácido asparagáceo (TAKASUGI et al., 1975).

Espécies de crucíferas

Crucíferas (*Brassica* espécies) resistentes a *Heterodera schachtii* têm sido empregadas como plantas-armadilha para o controle desse nematóide em beterraba açucareira na Europa (TACCONI et al., 1991). A adubação verde com *Brassica napus*, segundo Mojtabaei et al. (1993), auxilia no controle de *M. chitwoodi*, provavelmente devido à presença de glicosinolatos que, quando hidrolizados enzimaticamente, liberam uma gama de compostos biologicamente ativos, incluindo isotiocianatos. Compostos tóxicos a nematóides têm sido relatados em várias outras espécies de plantas. (GOMMERS, 1981; SUKUL, 1992). Os resultados reforçam a hipótese de uma base química para a ação dessas espécies antagônicas.

¹(Farm. substância C₆H₆O₂) combustível e forte oxidante usado terapeuticamente como antisséptico tópico; catecol, pirocatequina.

RESULTADOS DO CONTROLE DE FITONEMATÓIDES COM ESPÉCIES VEGETAIS OBTIDOS NO BIOMA CERRADO

Sharma et al. (1982), em Latossolo Vermelho de textura argilo-arenosa, no Distrito Federal, nos anos agrícolas 1977/1978 e 1979-1980, avaliaram as seguintes espécies, recomendadas para adubação verde, quanto a sua eficiência no controle dos fitonematóides: *M. javanica*, *Pratylenchus brachyurus*, *Helicotylenchus dihystera*, *Criconemella ornata*, *Paratrichodorus minor* e de outras tylenchidas (Tabela 1).

O preparo inicial da área constou de duas arações e uma gradagem antes da calagem e da adubação e uma gradagem imediatamente posterior. A calagem foi realizada com 3,33 toneladas de calcário (PRNT= 60%) por hectare, e a adubação constou de 750 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 167 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 40 kg ha⁻¹ de FTE BR 12. A adubação química foi feita em 1977. As espécies vegetais usadas como adubos verdes foram semeadas no início de novembro de 1977 e incorporadas no solo em meados de março de 1978. O cravo-de-defunto (*Tagetes erecta*) e o feijão-mungo (*Phaseolus aureus*) foram utilizados respectivamente como testemunhas resistentes e suscetíveis. A fitomassa produzida por essas espécies foi roçada e incorporada na floração. Nos dois anos subseqüentes, a soja cv. UFV-1 foi semeada sem adubação química. A cultivar UFV-1, foi a indicadora dos efeitos do material incorporado na redução da população de nematóides. A quantidade da matéria seca incorporada no solo variou de 377 kg ha⁻¹ para *Crotalaria grantiana* a 10.553 kg ha⁻¹ para *C. juncea* (Tabela 1).

De modo geral, os adubos verdes foram bastante eficientes na redução dos estádios ativos (juvenis e adultos) dos nematóides em comparação com os estádios inativos (ovos) até meados de agosto de 1978, quando houve variabilidade de flutuação na população de nematóides oriundos dos ovos existentes no local (Figuras 1 a 6).

As espécies de adubos verdes *C. juncea*, *S. deeringianum*, *Tephrosia candida* e *Sesbania aculeata* foram as mais eficientes no controle das diversas espécies de nematóides, à exceção do gênero *Criconemella* (Tabela 1).

O controle das formas ativas por meio de *Crotalaria paulina* foi mais pronunciado que pelo uso da *Canavalia ensiformis* que, por sua vez, teve maior produção da matéria seca. O mesmo comportamento ocorreu com *Crotalaria spectabilis* (Tabela 1) em relação à *C. juncea* que produziu maior quantidade de massa seca. Isso sugere que o efeito da adubação verde na redução populacional dos nematóides esteja mais relacionado com a ação de toxinas presentes na planta ou produzida na decomposição do que com a quantidade de matéria seca da planta.

Nas áreas onde houve incorporação das leguminosas, o controle de nematóides mais importante na cultura da soja *M. javanica* e *P. brachyurus* variou entre 96% e 100% e 91% e 100% respectivamente (Tabela 1). Quando não foi feita a incorporação de adubo verde, como na área com *Tagetes erecta*, o controle de *M. javanica* e *P. brachyurus* foi de 100% e, neste caso, houve aumento na população das espécies de *Ditylenchus*, *Aphelenchoides*, e *Aphelenchus avenae* e de nematóides saprofíticos. Com *Phaseolus aureus*, o controle de *P. brachyurus* e de *M. javanica* foi de 85% e 90% respectivamente, mas houve aumento na população de *Ditylenchus*, *Aphelenchoides* e *Aphelenchus avenae* e *Tylenchus* e nematóides de vida livre (Tabela 1). Essa situação é esperada após a colheita quando a densidade populacional dos fitonematóides diminui devido à falta de alimento, à ação de predadores, parasitas e a doenças. Os nematóides micófagos e bacteriófagos aumentam nos tecidos de plantas em decomposição, alimentando de fungos e bactérias responsáveis por esse processo.

Tagetes erecta, mesmo quando não incorporado, contribuiu para o controle de fitonematóides com reflexos positivos na produção de grãos de soja. Vale ressaltar que as espécies de *Tagetes* são as mais eficientes no controle de *Pratylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp. (SHARMA, 1982), embora sejam eficientes também no controle de outros nematóides (GOOD et al., 1965; SUATMADJI, 1969; ALAM et al., 1981; FERRAZ; SANTOS, 1984; SIDDIQUI; ALAM, 1988; CASTRO et al., 1990; BIASI et al., 1992; ZAVALETÀ MEJÍA et al., 1993).

A eficiência do controle de nematóides depende da espécie e da cultivar de *Tagetes* empregada (SUATMADJI, 1969; MOTSINGER et al., 1977; RICKARD; DUPREE, 1978). Cultivares de *T. patula* foram mais eficientes que as de *T. erecta* em testes realizados por Suatmadji (1969) visando ao controle de *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, e *Tylenchorhynchus*, tendo sido observada variação na eficiência de controle entre cultivares da mesma espécie. Algumas espécies de nematóide multiplicaram-se em *Tagetes* spp. Rhoades (1980) verificou a multiplicação de nematóides *Belonolaimus longicaudatus*, *Dolichodorus heterocephalus*, *Paratrichodorus minor* e *Hoploaimus galeatus* em *T. patula* cv. 'Rusty Red'. Nematóides dos gêneros *Hemicyclophora* e *Paratylenchus* também parecem não ser afetados pelas cultivares de *Tagetes* (SUATMADJI, 1969).

Efeito de adubos verdes na dinâmica de população de *M. javanica* e *P. brachyurus*

Os efeitos dos adubos verdes na dinâmica de população de *M. javanica* são apresentados nas Figuras de 1 a 4 e de *P. brachyurus*, nas Figuras 5 e 6. Em geral, o aumento da densidade populacional de *M. javanica* foi mais evidente nas áreas onde foram incorporados *D. lablab* e *C. ternatea* (Figura 1), *C. cajan* e *S. aculeata* (Figura 3) e *T. candida* (Figura 4), no segundo ano agrícola (1978/1979), depois da semeadura da soja cv. UFV-1 e no tratamento-testemunha onde se cultivou *P. aureus* sem pré-incorporação à soja (Figura 3). As outras espécies vegetais foram eficientes na manutenção de baixos níveis de densidade de *M. javanica* durante o ano agrícola de 1978/1979. No ano agrícola 1979/1980, as densidades de *M. javanica* aumentaram em níveis muito altos por causa da cultivar de soja suscetível cultivada por dois anos sem rotação. A densidade de *M. javanica* foi menor no segundo ano, somente nos tratamentos com *C. paulina* (Figura 1) e *S. deeringianum* (Figura 3).

Os efeitos de diversos adubos verdes no aumento da população de *P. brachyurus* foram demonstrados no segundo ano agrícola (1978/1979) somente para as áreas com uso de *S. aterrimum* e *S. niveum* (Figura 6). No terceiro ano agrícola (1979/1980), as densidades aumentaram em todas as áreas (Figuras 5 e 6). O aumento menos significativo foi com incorporação de *C. paulina* (Figura 5).

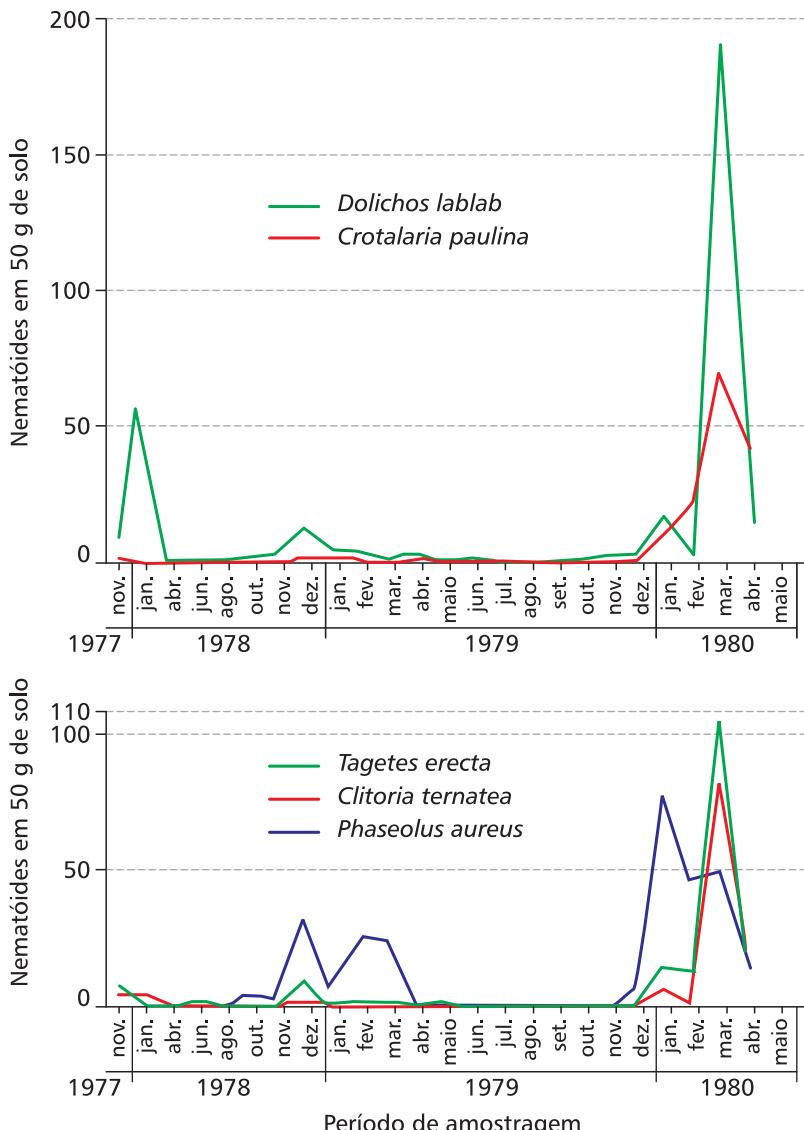


Figura 1. Efeito de adubos verdes na flutuação populacional do nematóide formador de galhas, *Meloidogyne javanica*.

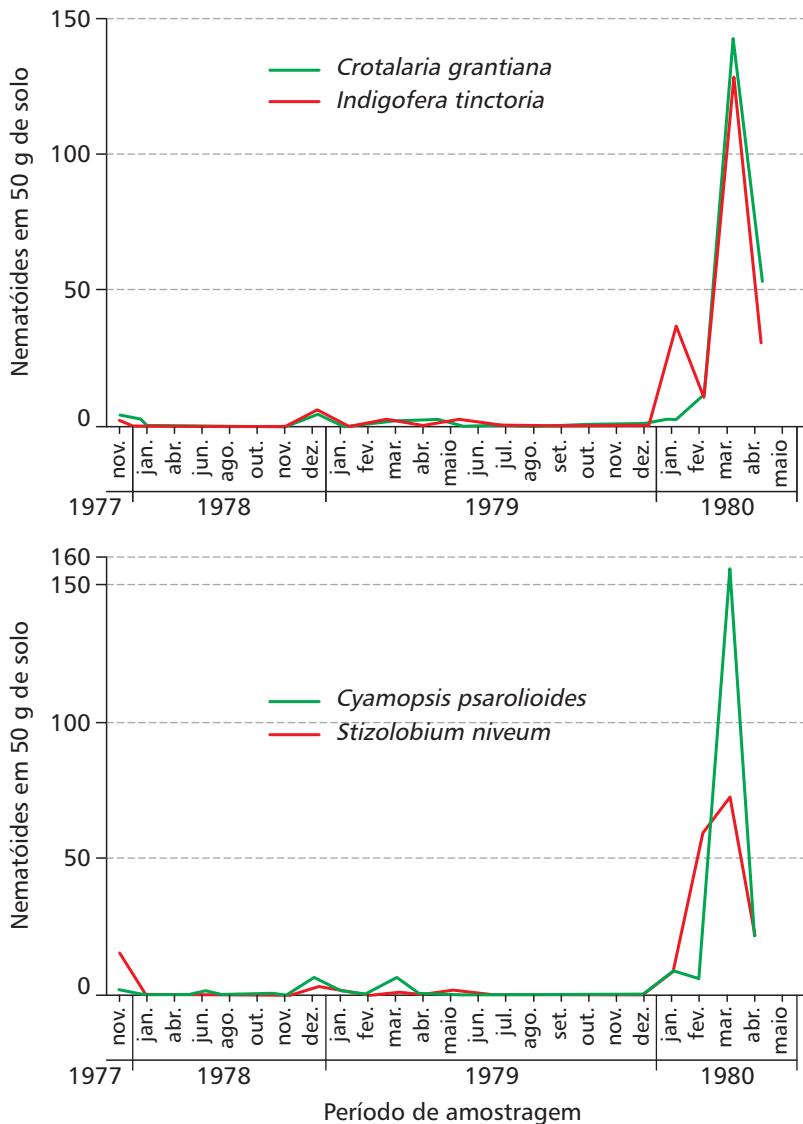


Figura 2. Efeito de adubos verdes na flutuação populacional do nematóide formador de galhas, *Meloidogyne javanica*.

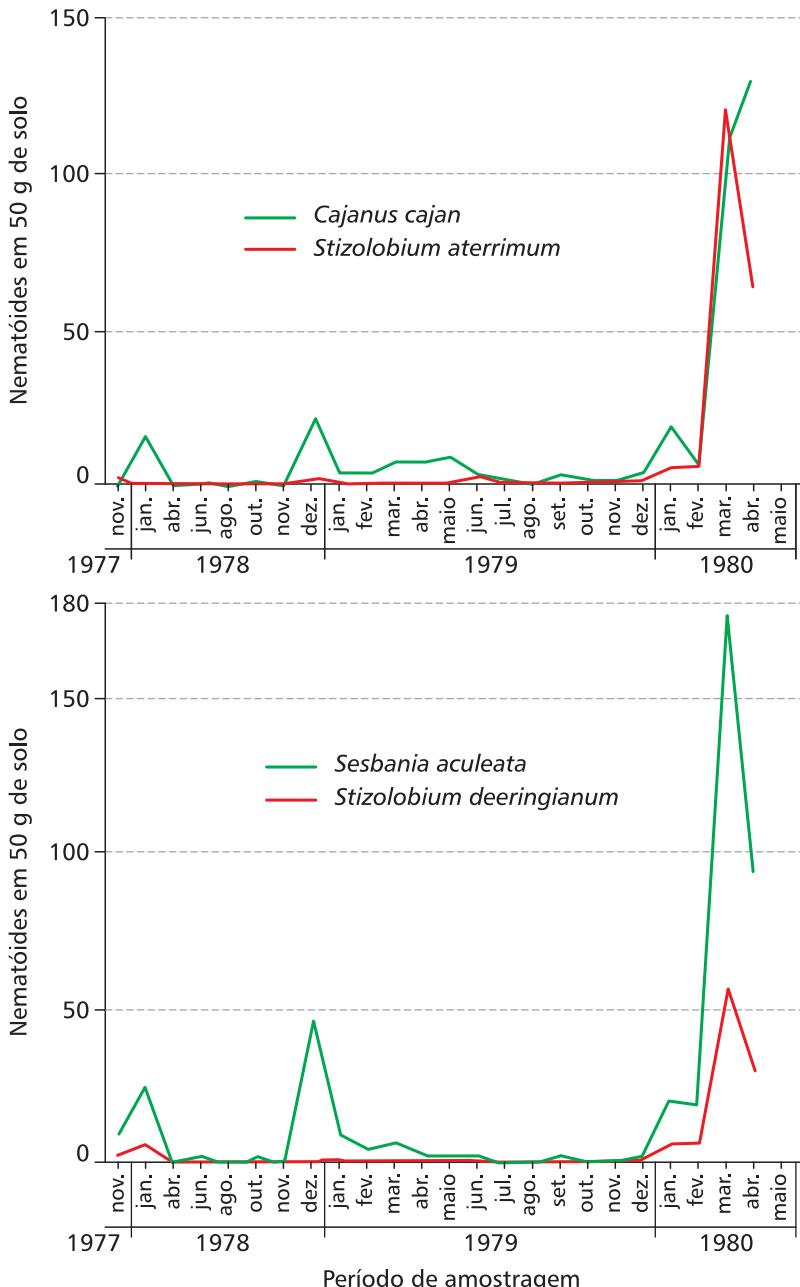


Figura 3. Efeito de adubos verdes na flutuação populacional do nematóide formador de galhas, *Meloidogyne javanica*.

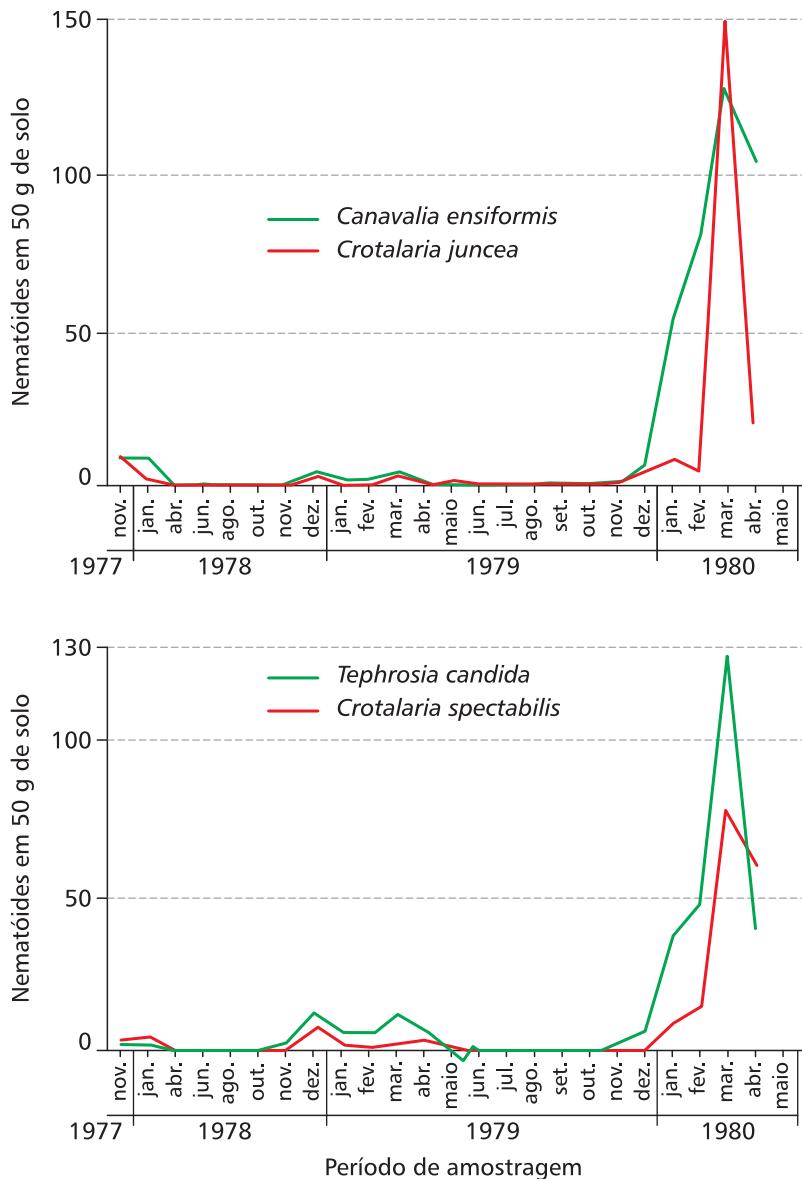


Figura 4. Efeito de adubos verdes na flutuação populacional do nematóide formador de galhas, *Meloidogyne javanica*.

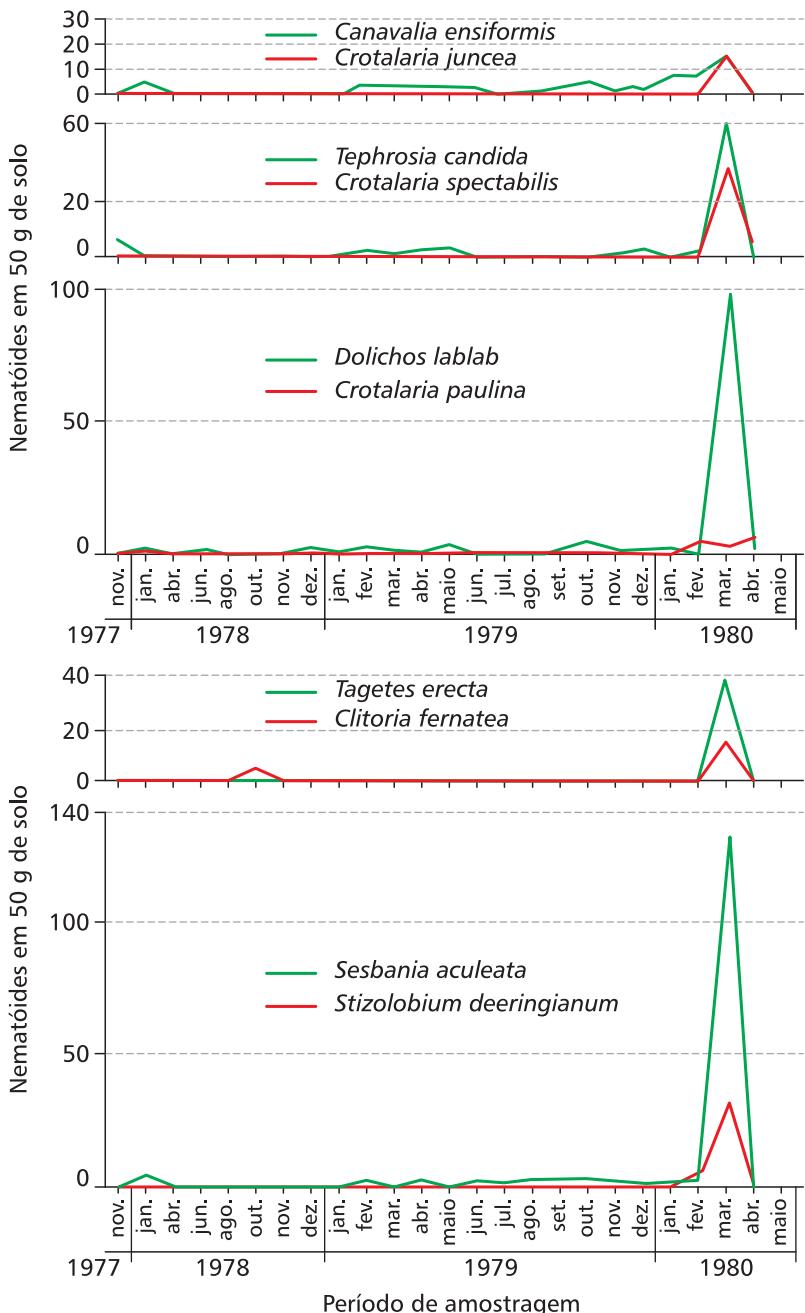


Figura 5. Efeito de adubos verdes na flutuação populacional de nematóide migrador, *Pratylenchus brachyurus*.

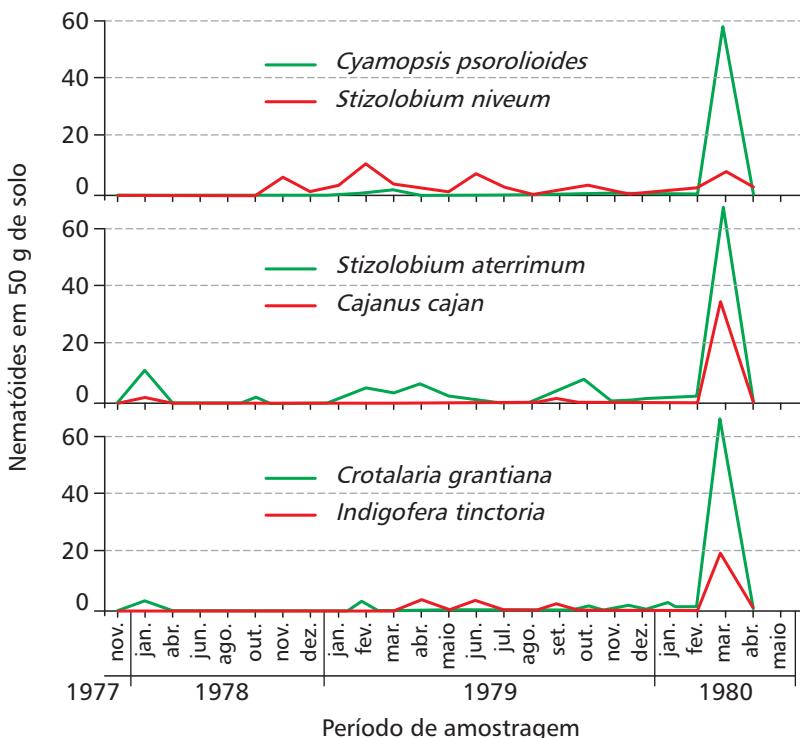


Figura 6. Efeito de adubos verdes na flutuação populacional de nematóide migrador, *Pratylenchus brachyurus*.

Efeito de adubos verdes no controle de fitonematóides na cultura da soja

Nos anos agrícolas 1978/1979 e 1979/1980, a produção média de grãos de soja resultante dos tratamentos com *T. erecta* e *P. aureus* foi 2034 e 1391 kg ha⁻¹, respectivamente, confirmando a resistência ou suscetibilidade daquelas espécies aos nematóides *M. javanica* e *P. brachyurus*.

A produção da soja, no primeiro ano de cultivo, foi alta em todos os tratamentos, quando eram baixos os níveis populacionais de *M. javanica* e *P. brachyurus*. No segundo ano de cultivo, houve diminuição no rendimento da soja, atribuída ao aumento na população dos nematóides. No primeiro ano, o rendimento de grãos de soja nos tratamentos com *C. paulina* e *T. erecta* foi

significativamente mais elevada do que nos demais tratamentos. No segundo ano, apenas a primeira espécie confirmou aquele resultado (Figura 7).

A suscetibilidade da soja foi maior a *M. javanica* em comparação a *P. bachiurus*, quando se compara a produção de grãos na presença de alta densidade populacional dessas espécies.

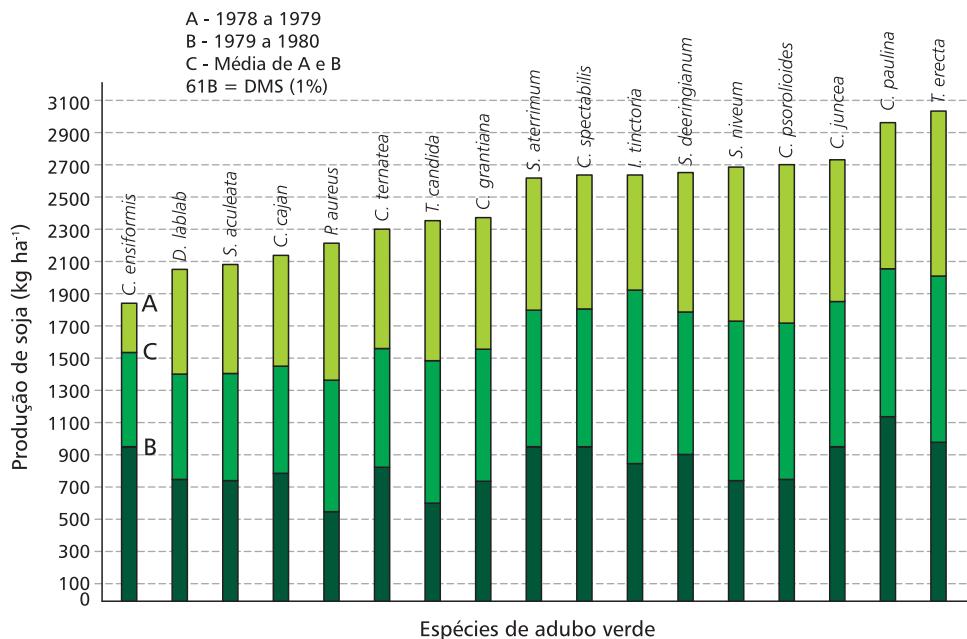


Figura 7. Efeitos da incorporação de adubos verdes na produção de soja cv. UFV-1.

Efeito de adubos verdes no controle de fitonematóides na monocultura do feijoeiro

Sharma (1987) comparou o efeito de adubos verdes anualmente com a monocultura de feijão no controle de fitonematóides no período 1980/1985 em Latossolo Vermelho. A produtividade média do feijão durante os cinco anos, nas áreas com adubação verde, foi 152,21% superior à da monocultura (Tabela 2). O aumento na produtividade do feijão associado ao uso de adubos verdes foi, provavelmente, devido à soma de vários fatores como: melhoria da fertilidade do solo, maior retenção de água, melhor controle de fitonematóides, ausência de

fungos fitopatogênicos no solo (*Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani*) e ausência de ataque de lagartas *Elasmopalpus lignosellus* no período de veranico. Geralmente, depois da adubação verde com *C. paulina*, a população de nematóides é reduzida a níveis muito baixos em comparação com a monocultura cujas plantas são severamente atacadas logo depois da germinação. Essa redução pode ser devida à presença de fungos predadores de nematóides. O fato foi constatado por Mitsui e Sharma (1991), quando encontraram maior diversidade de fungos (*Monacrosporium gephypagum*, *M. cytosporum*, *Arthrobotrys oligospora* e *A. musiformis*) nas áreas com adubos verdes e somente *M. gephypagum* naquelas com monocultura do feijoeiro (MITSUI; SHARMA, 1991). As plantas nas áreas com uso de adubos verdes tornaram-se mais tolerantes ao ataque de nematóides.

Tabela 2. Efeito de adubos verdes no controle de *Meloidogyne javanica* e na produção de feijão cv. Carioca.

Ano agrícola	Sem adubo verde			Com adubo verde*			Produção relativa (%)
	<i>M. javanica</i>		Produção	<i>M. javanica</i>		Produção	
	(Pi)**	(Pf)***	kg ha ⁻¹	(Pi)**	(Pf)***	kg ha ⁻¹	
1980/81	6,0	9,0	199	1,0	14,0	318	59,80
1981/82	2,3	11,3	148	1,0	75,0	627	323,65
1982/83	1,0	28,7	274	0,3	71,0	825	201,09
1983/84	5,0	183,7	190	7,3	189,7	700	248,42
1984/85	10,0	23,3	367	3,3	153,0	501	36,51
Média	4,9	51,2	236	2,6	100,5	594	152,21

*Adubo verde anual anterior à semeadura do feijão; **(Pi) População inicial - antes da semeadura;
***(Pf) População final na época de floração e formação de vagens.

Fonte: Sharma (1987).

Análise econômica do uso de adubos verdes em relação a outros métodos de controle de fitonematóides

Três métodos de controle de nematóides I - adubo verde com *Crotalaria paulina*; II - rotação de culturas com *Tagetes patula* cv. *Man in the Moon*;

III - controle químico usando o nematicida Carbofuran 5 G (p.a 325 g ha⁻¹ no sulco) e IV - testemunha (sem tratamento) foram comparados em Latossolo Vermelho do Distrito Federal, com a finalidade de quantificar a eficiência e a economicidade na produção de feijão e milho em seqüência. Os nematóides encontrados na área foram: *M. javanica*, *P. brachyurus*, *C. ornata* e *H. dihystera* (SHARMA, 1982; SHARMA; SCOLARI, 1984).

Os fatores de multiplicação dos nematóides ($M_f = P_f/P_i$ onde P_f é igual à população final na época de floração do feijão cv. Carioca e P_i é igual à população inicial na época da semeadura de feijão) foram 1,20, 1,47, 5,00 e 14,23 respectivamente para os tratamentos com adubo verde, rotação, controle químico e testemunha. O aumento na produção do feijão em relação à testemunha foi de: 58,41%, 38% e 41% respectivamente com adubo verde, rotação e controle químico. Não houve diferenças significativas entre os métodos de controle, e a correlação entre densidades populacionais de nematóides e produção do feijão foi negativa. (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação entre diferentes métodos de controle de nematóides e seu efeito na produção de feijão (1980/1981).

Método	P _i	P _f	Fm= Pf/Pi*	Produção kg ha ⁻¹	Lucro US\$ ha ⁻¹	Relação custo / benefício
I. Adubo verde	59,2	71,1 ab	1,20	555 a	82,27	1,54
II. Rotação	27,0	34,3 a	1,47	486 a	64,99	1,46
III. Nematicida	26,0	130,0 ab	5,00	496 a	77,51	1,58
VI. Testemunha	47,0	668,8 a	14,23	350 b	20,33	1,16
C.V. (%)		28,29		14,59		

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem significativamente ($P=0,05$) pelo teste de comparações múltiplos de Duncan. Os dados na coluna Pf foram transformados para $\log Pf + 1$.

Coeficiente de correlação entre produção de feijão e densidades de nematóides ($R=-0,49$ a probabilidade de 0,0147).

Fonte: Sharma e Scolari (1984).

No ano agrícola 1981/1982, na mesma área, foi semeado milho cv. Cargill 111 para avaliar o efeito residual dos métodos de controle. Os fatores de multiplicação dos nematóides, na época de formação de grãos, em relação à população inicial com adubo verde, rotação, controle químico e testemunha foram respectivamente 6,1, 50,5, 64,8 e 91,8. Não houve diferença significativa na produção de milho entre adubo verde, rotação de cultura e a testemunha. A aplicação de Carbofuran 5G reduziu a produção de milho em 9,5% em relação à testemunha (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação entre diferentes métodos de controle de nematóides e seu efeito na produção de milho (1981/1982).

Método	Pi	Pf	Fm= Pf/Pi*	Produção kg ha ⁻¹	Lucro US\$ ha ⁻¹	Relação custo/benefício
I. Adubo verde	9,6	58,7 b	6,1	4585,5 a	120,68	1,38
II. Rotação	3,5	176,9 b	50,5	4607,0 a	122,65	1,39
III. Nematicida	17,7	1147,9 a	64,8	3867,0 b	60,00	1,19
VI. Testemunha	8,1	743,9 a	91,8	4270,5 ab	90,53	1,29
C.V. (%)		16,52		7,57		

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem significativamente ($P=0,05$) pelo teste de comparações múltiplas de Duncan. Os dados na coluna Pf foram transformados ao log Pf+1.

*Pi - População inicial de nematóides; Pf - População final de nematóides; Fm - fator de multiplicação.

Fonte: Sharma e Scolari (1984).

Para efeito de análise econômica, consideraram-se dois níveis de preços dos produtos (mínimo e de mercado) e duas situações, com subsídio e sem subsídio. A análise agregada mostrou que os métodos de controle de nematóides são viáveis economicamente, quando os custos são beneficiados com juros subsidiados, e os produtos, comercializados a preço de mercado. Nessas condições, o método mais eficiente economicamente, foi a adubação verde, com margem bruta de US\$ 203 ha⁻¹ taxa de retorno de 43%. Os demais

métodos, como rotação de culturas, controle químico e testemunha, mostraram margens brutas/ha de US\$ 188, US\$ 137 e US\$ 111 (em maio de 1983) e taxas de retorno a preço de mercado de respectivamente 43%, 41%, 31% e 25%, (Tabela 5). No que se refere a preços mínimos para os produtos, todos os métodos foram antieconômicos (SHARMA; SCOLARI, 1984).

Tabela 5. Análise econômica de diferentes métodos de controle de nematóides do feijão e do milho sob condições de Cerrado. (EMBRAPA, 1980/1982).

Método	Lucro (Cr\$/ha)			Taxa de Retorno (%)*
	Feijão	Milho	Total	
Adubação verde	82,27	120,68	202,95	43
Rotação de cultura	64,99	122,65	187,64	41
Nematicida	77,51	60,00	137,51	31
Testemunha	20,33	90,53	110,86	25

$$\text{*Taxa de Retorno \%} = \frac{\text{Lucro Total}}{\text{Custo Total}}$$

Fonte: Sharma e Scolari (1984).

USO DE ADUBOS VERDES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DO CERRADO

Os efeitos de seis diferentes rotações de culturas, incluindo adubação verde com nematicida e sem nematicida foram avaliados visando ao controle dos nematóides *M. javanica* e *P. brachyurus* e ao aumento da produtividade de diferentes culturas: de novembro de 1986 a outubro de 1989, em Latossolo Vermelho do Distrito Federal. Aplicaram-se 4 kg p.a./ha do nematicida Fenamifos 10G. Nessa pesquisa desenvolvida na Embrapa Cerrados por Sharma e Gomes (1995), somente dois tipos de rotação foram considerados:

- 1) Em 1986/1987 - o feijão foi semeado no início da época chuvosa e, no inverno, na terceira época de plantio. Em 1987/1988, o milho foi semeado no início da época chuvosa e a ervilha no inverno. Em 1988/1989, o feijão foi semeado no início da época chuvosa e o trigo no inverno (feijão – feijão – milho – ervilha – feijão – trigo).

- 2) *Crotalaria juncea* (adubo verde) foi semeada no início da época chuvosa e incorporada em meados de janeiro de 1987 e, no inverno, o feijão foi semeado na terceira época. Em 1987/1988, o milho foi semeado no início da época chuvosa e a ervilha, no inverno. Em 1988/1989 a *Crotalaria juncea* (adubo verde) foi semeada no início da época chuvosa e incorporada em meados de janeiro de 1989 e o trigo, no inverno, (adubo verde – feijão – milho – ervilha – adubo verde – trigo). O nematicida Fenamifos 10G foi aplicado no primeiro ano, antes do plantio de feijão e *C. juncea*, (1986), ervilha (1988) e antes da semeadura de feijão, *C. juncea* (1988) e trigo (1989).

Em relação ao controle e à dinâmica de população de *M. javanica* (Figuras 8 e 9) e *P. brachyurus* (Figuras 10 e 11) e produtividade (Tabela 6), a rotação mais eficiente com nematicida e sem nematicida de 1986 a 1989 foi *Crotalaria juncea* (adubo verde)-feijão (terceira época), milho, ervilha, *Crotalaria juncea* (adubo verde)- trigo (Figuras 9 e 11).

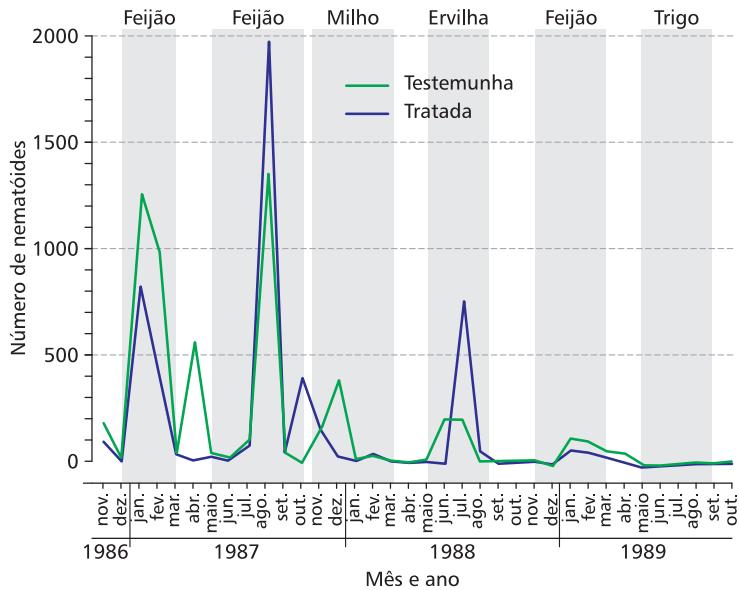


Figura 8. Dinâmica de população do nematóide-de-galhas, *M. javanica* associado com feijão – feijão – milho – ervilha – feijão – trigo durante o período de novembro de 1986 a outubro de 1989.

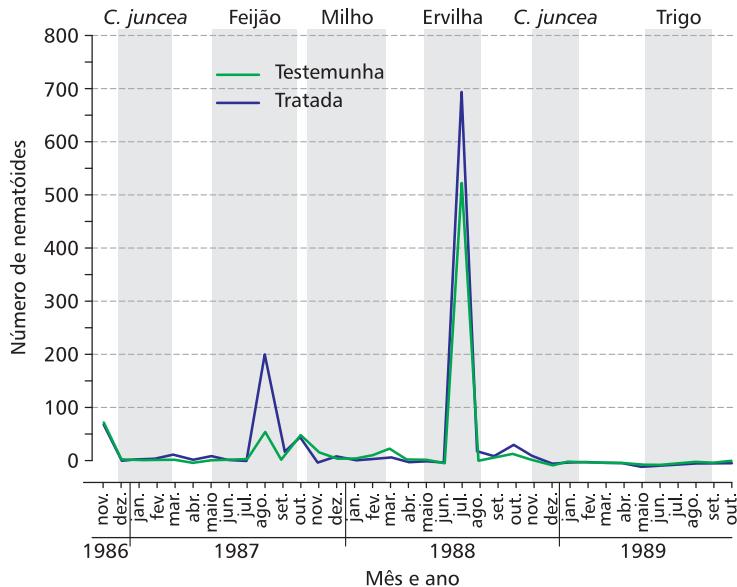


Figura 9. Dinâmica de população do nematóide-de-galhas, *M. javanica* associado com *C. juncea* – feijão – milho – ervilha – *C. juncea* – trigo durante o período de novembro de 1986 a outubro de 1989.

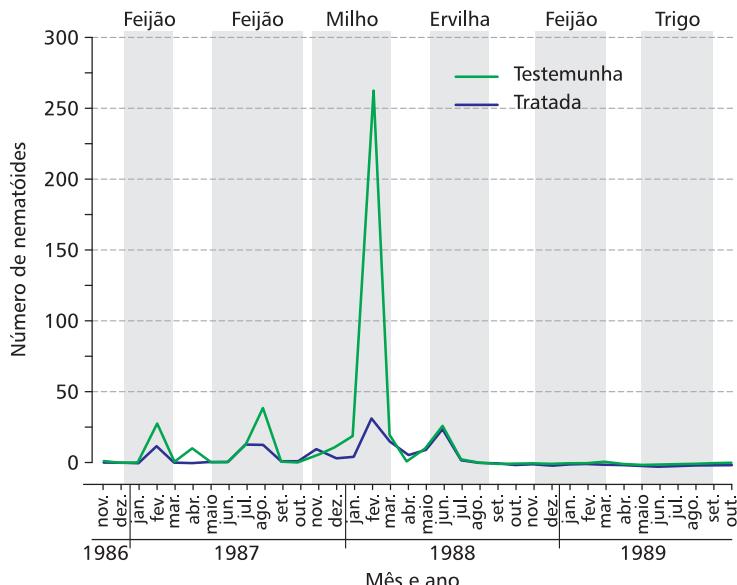


Figura 10. Dinâmica de população do nematóide, *P. brachyurus* associado com feijão – feijão – milho – ervilha – feijão – trigo durante o período de novembro de 1986 a outubro de 1989.

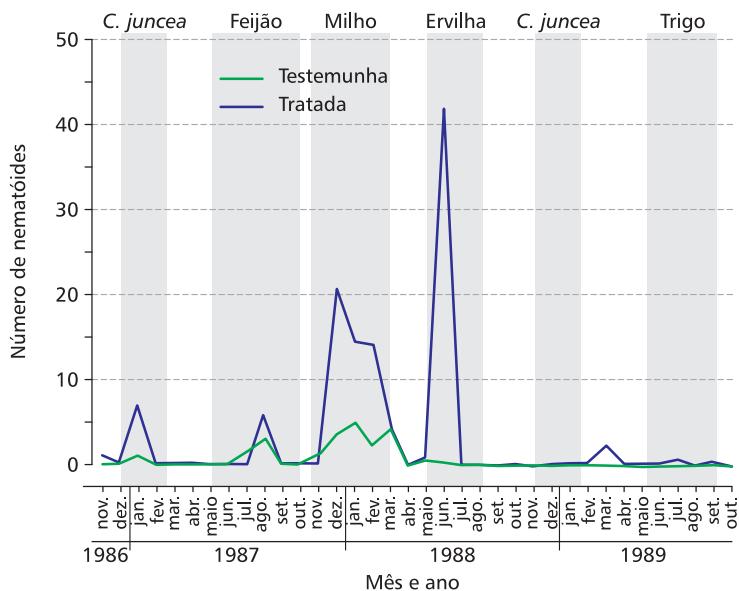


Figura 11. Dinâmica de população do nematóide migrador, *P. brachyurus* associado com *C. juncea* – feijão – milho – ervilha – *C. juncea* – trigo durante o período de novembro de 1986 a outubro de 1989.

Tabela 6. Efeito da adubação verde com nematicida e sem nematicida na produção de feijão, milho, ervilha, trigo e fitomassa verde de *Crotalaria*.

Tratamento	Seqüência de Culturas e Produção (kg ha ⁻¹)**					
	1986/87		1987/88		1988/89	
	Feijão*	Feijão	Milho	Ervilha*	Feijão*	Trigo*
Sem Nematicida (Testemunha)	288	608	7458	1009	1692	3037
Com Nematicida (Testemunha)	449	820	7816	1272	2031	3369
Sem Nematicida (<i>Crotalaria juncea</i>)	44.336 Fv	899	8282	1174 Fv	76.000	3393
Com Nematicida (<i>Crotalaria juncea</i>)	41.771 Fv	1202	8385	1175 Fv	78.000	3693

Fonte: Adaptado de Sharma e Gomes (1995).

*Nematicida foi aplicado antes do plantio; **Produção de grãos ha⁻¹; Fv - Fitomassa verde produzida/ha e incorporada antes do plantio de feijão na terceira época (1986/1987).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficiência do uso de adubos verdes no controle de fitonematóides depende da escolha correta da planta antagônica como, por exemplo, de uma leguminosa de rápido crescimento cuja semeadura deve ser feita no início da estação chuvosa com maior densidade (plantas/m^2). A adubação verde não deve ser uma imposição, mas opção econômica e eficiente para a implantação de um agroecossistema sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAM, M. M.; KIRMANI, M. R.; KHAN, A. M. Studies on the role of root-exudates for nematode control by the interculture of mustard and rocket-salad with wheat and barley. **Fertilizer Technology**, Bihar, v. 13, p. 289-292, 1976.
- ALAM, M. M.; MASSOD, A.; HUSSAIN, S. I. Effect of margosa and marigold root exudates on mortality and larval hatch of certain nematodes. **Indian Journal of Experimental Biology**, New Delhi, v. 13, p. 412-414, 1975.
- ALAM, M. M.; SAXENA, S. K.; KHAN, A. M. Soil population of plant parasitic nematodes under various cropping sequences. **Nematologia Mediterranea**, Bari, v. 9, n. 1, p. 49-56, 1981.
- ALMEIDA, V. F.; CAMPOS, V. P. Alternância de culturas e sobrevivência de *Meloidogyne exigua* em áreas de cafezal infestado e erradicado. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 15, n. 1, p. 30-42, 1991.
- ARAYA, M.; CASWELL-CHEN, E. P. Penetration of *Crotalaria juncea*, *Dolichos lablab* and *Sesamum indicum* roots by *Meloidogyne javanica*. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 26, n. 2, p. 238-240, 1992.
- ASMUS, R. M. F.; FERRAZ, S. Antagonismo de algumas espécies vegetais, principalmente leguminosas, a *Meloidogyne javanica*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 20-24, 1988.
- BADRA, T.; SALEH, M. A.; OTEIFA, B. A. Nematicidal activity and composition of some organic fertilizers and amendments. **Revue de Nematologie**, Bondy, v. 2, n. 1, p. 29-36, 1979.

BAIXA fertilidade do solo. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados**, 1977-1978, Planaltina, DF, p. 41, 67, 1979.

BARRONS, K. C. Studies of the nature of root-knot resistance. **Journal of Agricultural Research**, Washington, DC, v. 58, n. 4, p. 263-271, 1939.

BIASI, L. A.; SCHMID, M. L.; ZAMBON, F. R. A.; BECKER, W. F. Viabilização do cultivo de cenoura em solo infestado por nematóides do gênero *Meloidogyne* através de métodos integrados de controle. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 3, p. 302-306, 1992.

BRITO, J. A. de.; FERRAZ, S. Antagonismo de *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* cv. Guiné a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, n. 2, p. 270-285, 1987a.

BRITO, J. A. de; FERRAZ, S. Seleção de gramíneas antagonistas a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, n. 2, p. 260-269, 1987b.

CASTRO A., A. E.; ZAVALET-MEJÍA, E.; CID DEL PRADO, I.; ZAMUDIOG, V. Rotación e incorporación de *Tagetes erecta* L. para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Tecamachalco, Puebla. **Revista Mexicana de Fitopatología**, Chapingo, v. 8, p. 173-180, 1990.

DUDDINGTON, C. L.; DUTHOIT, C. M. G. Green manuring and cereal root eelworm in oats. **Plant Pathology**, London, v. 9, p. 7-9, 1960.

DUDDINGTON, C. L.; EVERARD, C. O. R.; DUTHOIT, C. M. G. Effect of green manuring and predaceous fungus on cereal root eelworm in oats. **Plant Pathology**, London, v. 10, p. 108-109, 1961.

ELLENBY, C. The influence of crucifers and mustard oil on the emergence of larvae of the potato-root eelworm, *Heterodera rostochiensis* wollenweber. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 32, n. 1, p. 67-70, 1945.

FASSULIOTIS, G.; SKUCAS, G. P. The effect of pyrrolizidine alkaloid ester and plants containing pyrrolizidine on *Meloidogyne incognita* acrita. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 1, p. 287-288, 1969.

FERRAZ, C. A. M.; CIA, E.; SABINO, S. P. Efeito de mucuna-preta e amendoim em rotação com algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 36, p. 1-9, 1977.

FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Seleção de plantas antagônicas visando o controle de *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 8, n. 1, p. 19-20, 1984.

GARRET, S. D. Towards biological control. In: BAKER, K. F.; SNYDER, W. C. (Ed.). **The ecology of soil-borne plant pathogens**. Berkeley: University of California Press, 1965. p. 4-17.

GOMMERS, F. J. Biochemical interactions between nematodes and plants and their relevance to control. **Helminthological Abstracts**, Series B, St. Albans, v. 50, p. 9-21, 1981.

GOMMERS, F. J.; HOLT, D. J. M. voor in'T. Chemotaxonomy of Compounds related to their host suitability for *Pratylenchus penetrans*. **Netherland Journal of Plant Pathology**, Wageningen, v. 82, p. 1-8, 1976.

GOOD, J. M.; MINTON, N. A.; JAWORSKI, C. A. Relative susceptibility of selected cover crops and coastal bermudagrass to plant nematodes. **Phytopathology**, St. Paul, v. 55, p. 1020-1030, 1965.

HAMS, A. F.; WILKIN, G. D. Observations on the use of predaceous fungi for the control of *Heterodera* spp. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 49, n. 3, p. 515-532, 1961.

HAROON, S. A.; SMART JR., G. C. Root extracts of pangola digitgrass on *Meloidogyne arenaria*, *M. javanica* and *M. hapla*. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 15, n. 4, p. 646-649, 1983.

HESLING, J. J.; PAWELSKA, K.; SHEPHERD, A. M. The response of potato root eelworm, *Heterodera rostochiensis* Woll. and beet eelworm, *H. schachtii* Schmidt to root diffusates of grasses, cereals and of *Tagetes minuta*. **Nematologica**, Leiden, v. 6, p. 207-213, 1961.

HUANG, C. S.; SILVA, E. F. S. M. Interrupção do ciclo vital de *Meloidogyne incognita* por *Crotalaria* spp. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 402-403, 1980.

HUTCHINSON, M. T.; REED, J. P.; PRAMER, D. Observations on the effects of decaying vegetable matter on nematode populations. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 44, p. 400-401, 1960.

JAEHN, A. Efeito da temperatura no desenvolvimento de *Meloidogyne incognita* raça 2 em mucuna-preta. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 17, n. 1, p. 57-65, 1993.

JAEHN, A.; REBEL, E. K. Instalação de lavoura nova de cafeiro em área infestada por *Meloidogyne incognita* com uso de matéria orgânica e nematicida. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 8, p. 265-273, 1984.

JENKINS, W. R. The chemical basis of resistance of Asparagus to the nematode, *Trichodorus christiei*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 48, n. 8, p. 463, 1958.

JOHNSTON, T. M. Effect of fatty acid mixtures on the rice stylet nematode (*Tylenchorhynchus martini* Fielding, 1956). **Nature**, London, v. 183, p. 1392, 1959.

KAGE, H. Adubação verde: as observações de um lavrador. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. Campinas, 1983. p. 113-138.

KHAN, A. M.; ALAM, M. M.; SAXENA, S. K. Mechanism of the control of plant parasitic nematodes as a result of the application of oil-cakes to the soil. **Indian Journal of Nematology**, New Delhi, v. 4, p. 93-96, 1974.

KELLY, W. C. **The ecology of soil-born plant pathogens**. Riverside: University of California, 1965. p. 4-17.

KLOPPER, J. W.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; McINROY, J. A.; COLLINS, D. J. Analysis of populations and physiological characterization of microorganisms in rhizospheres of plants with antagonistic properties to phytopathogenic nematodes. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 136, p. 95-102, 1991.

LINFORD, M. B.; YAP, F.; OLIVEIRA, J. M. Reducing of soil populations of root-knot nematode during decomposition of organic matter. **Soil Science**, Baltimore, v. 45, p. 127-141, 1938.

MANKAU, R. Reduction of root-knot disease with organic amendments under semifield conditions. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 52, p. 315-319, 1968.

MANKAU, R.; MINTEER, R. J. Reduction of soil populations of the citrus nematode by the addition of organic materials. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 46, p. 375-378, 1962.

MITSUI, Y.; SHARMA, R. D. Ocorrência de fungos parasitas de fitonematóides nos solos de Cerrados no Distrito Federal. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE CONTROLE BIOLÓGICO DE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., 1991, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Embrapa-CNPDA, 1991. p. 22.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 64-123.

MOJTAHEDI, H.; SANTO, G. S.; WILSON, J. H. Managing *Meloidogyne chitwoodi* on potato with rapeseed as green manure. **Plant Disease**, Beltsville, v. 77, n. 1, p. 42-46, 1993.

MOTSINGER, R. E.; MOODY, E. H.; GAY, C. M. Reaction of certain french marigold (*Tagetes patula*) cultivars to three *Meloidogyne* spp. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 9, n. 4, p. 278, 1977.

NOGUEIRA, M. A. **Estudo químico de *Mucuna aterrima* e da sua atividade nematicida sobre o fitonematóide *Meloidogyne incognita* raça 3.** 1994. 101 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NOGUEIRA, M. A.; OLIVEIRA, J. S.; FERRAZ, S.; PETERNELLI, L. A. Avaliação da atividade in vitro de extratos obtidos da parte aérea de *Mucuna aterrima* em relação a *Meloidogyne incognita* raça a. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 236, p. 506-510, 1994.

OMIDVAR, A. M. On the effects of root diffusates from *Tagetes* spp. on the final population of *Heterodera rostochiensis* Woll. **Nematologica**, Leiden, v. 6, p. 123-129, 1961.

OOSTENBRINK, M.; KUIPER, K.; JACOB, J. J. *Tagetes* als Fiendpflanzen von *Pratylenchus* Arten. **Nematologica**, Leiden, v. 2, p. 422-433, 1957.

PATEL, R. M.; DESAI, M. V. A possible biological control of root-knot nematodes. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 48, n. 3, p. 167-168, 1964.

PATRICK, Z. A.; TOUSSON, T. A. Plant residues and organic amendments in relation to biological control. In: BAKER, K. F.; SNYDER, W. C. (Ed.). **Ecology of soil-borne plant pathogens**. Berkeley: University of California, 1965. p. 440-452.

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1990, Goiânia, GO. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D.; PEREIRA, J. Efeito de quinze espécies de adubos verdes na capacidade de retenção de água e no controle de nematóides em Latossolo Vermelho-Escuro sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 459-467, 1982.

RESENDE, I. C.; FERRAZ, S.; CONDÉ, A. R. Efeitos de seis variedades de mucuna (*Stizolobium* spp.) sobre *Meloidogyne incognita* raça 3 e *Meloidogyne javanica*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 4, p. 310-313, 1987.

RHOADES, H. L. Relative susceptibility of *Tagetes patula* and *Aeschynomene americana* to plant nematoes in Florida. **Nematropica**, Auburn, v. 10, n. 2, p. 116-120, 1980.

RICKARD, D. A.; DUPREE, A. The effectiveness of ten kinds of marigold and five other treatments for control of four *Meloidogyne* spp. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 10, p. 296-297, 1978.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; CANULLO, G. H. Cropping systems for the management of phytonematodes. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 20, n. 3, p. 211-224, 1992.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; GODOY, G.; MORGAN-JONES, G.; SHELBY, R. A. The determination of soil chitinase activity. Conditions for assay and ecological studies. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 75, n. 1, p. 95-106, 1983.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; JORDAN, J. W.; HOLLIS, J. P. Nematodes: Biological control in rice fields: Role of hydrogen sulphide. **Science**, Washington, DC, v. 148, n. 3669, p. 524-526, 1965.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; KOKALIS-BURELLE, N.; ROBERTSON, D. G.; KING, P. S.; WELLS, L. Rotation with coastal bermudagrass, cotton, bahiagrass for the management of *Meloidogyne arenaria* and southern blight in peanut. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 26, n. 4S, p. 665-668, 1994.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; MORGAN-JONES, G.; CHET, I. Biological control of nematodes: soil amendments and microbial antagonists. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 100, n. 1/3, p. 237-247, 1987.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; PINOCHET, J.; ROBERTSON, D. G.; WELLS, L. Crop rotation studies with velvetbean (*Mucuna deeringianum*) for the management of *Meloidogyne* spp. **Journal of Nematology**, Lakeland, v. 24, n. 4S, p. 662-668, 1992.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; WEAVER, D. B.; ROBERTSON, D. G.; YOUNG, R. W.; CARDEN, E. L. Rotations of soybean with two tropical legumes for the management of nematode problems. **Nematropica**, Auburn, v. 20, n. 2, p. 101-110, 1990.

ROHDE, R. A. Acetylcholinesterase in plant parasitic nematodes and anticholinesterase from Asparagus. **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, Washington, DC, v. 27, p. 121-123, 1960.

ROHDE, R. A.; JENKINS, W. R. The chemical basis of resistance of Asparagus to the nematode, *Trichodorus christiei*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 48, n. 8, p. 463, 1958.

SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. M. A world perspective on nematology: the role of the society. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.). **Vistas on nematology**: a commemoration of the 25th anniversary of the Society of Nematologists. Hyattsville, Maryland: Society of Nematologists, 1987. p. 7-14.

SAYRE, R. M. Promising organisms for biocontrol of nematodes. **Plant Disease**, St. Paul, v. 64, p. 526-532, 1980.

SHARMA, R. D. Efeito de rotação de culturas no controle de nematóides fitoparasitas em solos de Cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1982-1985**, Planaltina, DF, p. 429-436, 1987.

SHARMA, R. D. Evaluation of non-chemical methods of nematode control and their effects on bean yield. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NEMATOLOGY, 16., 1982, St. Andrews. **Abstract...** Scotland: European Society of Nematologists, 1982. p. 62-63.

SHARMA, R. D. Reaction of oat genotypes to *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 8, p. 125-133, 1984a.

SHARMA, R. D. Species of *Stylosanthes* (Leguminosae) imune to the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 8, p. 141-148, 1984b.

SHARMA, R. D. Studies on the plant parasitic nematode *Tylenchorhynchus dubius*. **Mededelingen Landbouwhogeschool**, Wageningen, v. 71, n. 1, p. 1-150, 1971.

SHARMA, R. D.; GOMES, A. C. An integrated management of root-knot and lesion nematodes under Savanna conditions. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE NEMATOLOGIA TROPICAL; CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA 19.; CONGRESSO DA ORGANIZAÇÃO DOS NEMATOLOGISTAS DA AMÉRICA TROPICAL, 27., 1995, Rio Quente, GO. **Programa e anais...** [S.I.]: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1995.

SHARMA, R. D.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S. **Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos Cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1982. 30 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 13).

SHARMA, R. D.; RESCK, D. V. S.; RODRIGUES CASTRO, L. H. Efeito da adubação verde no controle de nematóides e nas propriedades físicas do solo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 12., 1979, Ilhéus. **Resumos...** Itabuna: Centro de Pesquisa do Cacau, 1979. p. 151-152.

SHARMA, R. D.; SCOLARI, D. D. G. Efficiency of green manure and crop rotation in the control of nematodes under Savannah conditions. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 8, p. 193-311, 1984.

SIDDIQUI, M. A.; ALAM, M. M. Control of plant parasitic nematodes by *Tagetes tenuifolia*. **Revue de Nematologie**, Bondy, v. 11a, p. 369-370, 1988.

SILVA, G. S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Atração, penetração e desenvolvimento de larvas de *Meloidogyne javanica* em raízes de *Crotalaria* spp. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 13, p. 151-163, 1989.

SILVA, G. S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Histopatologia de raízes de *Crotalaria* parasitadas por *Meloidogyne javanica*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 46-48, 1990.

SINGH, R. S. Organic matter and biological control of plant parasitic nematodes. **India Magazine**, Bombay, v. 64, p. 58-64, 1965.

SINGH, R. S.; SITARAMAIAH, K. Effect of decomposing green leaves , saw dust and urea on the incidence of root-knot of okra and tomato. **Indian Phytopathology**, New Delhi, v. 20, p. 349-355, 1967.

STOVER, R. H. The use of organic amendments and green manures in the control of soil-borne plant pathogens. **Recent Progress in Microbiology**, v. 8, p. 267-275, 1962.

SUATMADJI, R. W. **Studies on the effect of Tagetes species on plant parasitic nematodes**. 1969. 133 p Thesis (Ph.D.) - Agricultural University, Wageningen.

SUKUL, N. C. Plants antagonistic to plant parasitic nematodes. **Indian Review of Life Sciences**, Jodhpur, v. 12, p. 23-52, 1992.

SWARUP, G.; SHARMA, R. D. Effect of root extracts of *Asparagus racemosus* and *Tagetes erecta* on hatching of eggs of *Meloidogyne javanica* and *M. arenaria*. **Indian Journal of Experimental Biology**, New Delhi, v. 5, n. 1, p.59-60, 1967.

TACCONI, R.; MAMBELLI, S.; VENTURI, G. Effets de plantes-pieges sur *Heterodera schachtii*. In: CONGRÈS D'HIVER, 54., 1991, Biologna. Biologna: Inst. Int. Rech Bett., 1991. p. 263-275.

TAKASUGI, M.; YACHIDA, Y.; ANETAI, M.; MASAMUNE, T.; KEGASAWA, K. Identification of asparagusic acid as a nematicide occurring naturally in roots of Asparagus. **Chemistry Letters**, Kodairo, n. 1, p. 43-44, 1975.

TENENTE, R. C. V.; LORDELLO, L. G. E. Penetração e crescimento de *Meloidogyne incognita* raça 4, em raízes de mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*). **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, p. 242-248, 1987.

TENENTE, R. C. V.; LORDELLO, L. G. E.; DIAS, J. F. S. Efeito de cultivo consorciado de mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) e tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) na infestação por *Meloidogyne incognita* raça 4. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 9, p. 145-149, 1984.

TENENTE, R. C. V.; LORDELLO, L. G. E.; DIAS, J. F. S. Estudo com excreção radicular de mucuna-preta na eclosão de larvas, porcentagem de penetração e crescimento de *Meloidogyne incognita* raça 4. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA, 5., 1981, Londrina. **Trabalhos apresentados...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1982. p. 271-284.

THORNE, G. Control of sugarbeet nematode by crop rotation. **USDA Farmer's Bulletin**, Beltsville, v. 1514, p. 1-20, 1926.

VARGAS, M. A. T.; PERES, J. R. R.; SUHET, A. R. **Adubação nitrogenada e inoculação da soja em solos de Cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1982a. 11p. (Embrapa-CPAC. Comunicado Técnico, 13).

VARGAS, M. A. T.; PERES, J. R. R.; SUHET, A. R. Fixação de nitrogênio atmosférico pela soja em solos de Cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 94, p. 20-23, 1982b.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 8, p. 1127-1132, 1982.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. Efeito de inoculação e deficiência hídrica no desenvolvimento da soja em um solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, p. 17-21, 1980a.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. Efeito de tipos e níveis de inoculantes na soja cultivada em um solo de Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasilia, v. 15, p. 343-347, 1980b.

VICENTE, N. E.; ACOSTA, N. Effect of *Mucuna deeringianum* on *Meloidogyne incognita*. **Nematropica**, Auburn, v. 17, p. 99-102, 1987.

WALKER, J. T. Populations of *Pratylenchus penetrans* relativo to decomposing nitrogenous soil amendments. **Journal of Nematology**, Lakeland, v. 3, p. 43-49, 1971.

WALLACE, H. R. **Nematode ecology and plant disease.** New York: Edward Arnold, 1973. 228 p.

WEAVER, D. B.; RODRÍUEZ-KÁBANA, R.; CARDEN, E. L. Velvetbean in rotation with soybean for management of *Heterodera glycines* and *Meloidogyne arenaria*. **Journal of Nematology**, St. Paul, v. 25, n. 4S, p. 809-813, 1993.

WEBSTER, J. M. Nematodes and biological control. In: WEBSTER, J. M. (Ed.). **Economic nematology**. London: Academic Press, 1972. p. 469-496.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, A. A. (Coord.). **I curso sobre adubação verde no Instituto Agronômico**. Campinas: IAC, 1993. p. 17-29.

ZAVALET-MEJÍA, E.; CASTRO A., A. E.; ZAMUDIO, G. V. Efecto del cultivo e incorporación de *Tagetes erecta* L. sobre la población e infección de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood en chile (*Capsicum annuum* L.). **Nematropica**, Auburn, v. 23, n. 1, p. 49-56, 1993.

Insetos de importância econômica associados às espécies vegetais usadas como adubos verdes

Cecília Czepak

Paulo Marçal Fernandes

Valquíria da Rocha Santos Veloso

Jácomo Divino Borges

Fábio Shigeo Takatsuka

INTRODUÇÃO

Muitos são os insetos associados a espécies vegetais condicionadoras de solo (adubos verdes e plantas de cobertura). Entretanto, dependendo da área, da região e das espécies cultivadas, podem ou não acarretar danos e, como consequência, prejuízos para esses cultivos. Muitas espécies de insetos, consideradas pragas, têm comportamento variado de acordo com as condições edafoclimáticas, sistemas de cultivo, entre outras.

Neste capítulo, teve-se como objetivo informar aos interessados no uso de espécies vegetais para adubos verdes e plantas de cobertura de solo quais são os insetos de importância econômica que podem surgir em sistemas de cultivo e que envolvem essas plantas. É importante lembrar que muitas espécies vegetais condicionadoras de solo são hospedeiras alternativas de pragas-chave de culturas. O controle dessas pragas nos adubos verdes e plantas de cobertura pode ser essencial para se evitar futura infestação em lavouras comerciais, comprometendo seu uso e, consequentemente, os inúmeros benefícios proporcionados por elas aos sistemas agropecuários.

CARACTERIZAÇÃO DOS INSETOS E SUAS RELAÇÕES COM AS PLANTAS CONDICIONADORAS DE SOLO

Insetos do solo

Insetos subterrâneos

Cupins subterrâneos ou cupins fitófagos (Ordem Isoptera)

São geralmente citadas, atacando plantas vivas, as espécies *Procornitermes triacifer*, *Heterotermes* spp., *Syntermes molestus*, *Neocapritermes* spp. e *Coptotermes* sp. (CZEPAK et al., 1993).

Descrição e biologia

Os cupins são insetos sociais que vivem em colônias constituídas de indivíduos alados e ápteros, abrigados em ninhos denominados termiteiros ou cupinzeiros.

Uma vez por ano, depois das primeiras chuvas, ocorre nos cupinzeiros o enxameamento que consiste na revoada das formas aladas constituídas de machos (reis) e fêmeas (rainhas). Esses indivíduos darão início, depois de perder as asas e formar o casal no solo, a uma nova colônia. A rainha é distintamente maior que os indivíduos das demais castas de sua espécie e sua capacidade de postura é de muitos milhares de ovos por dia (FERNANDES et al., 1998; GALLO et al., 2002).

Pouco se conhece da biologia desse grupo de insetos, porém, segundo Gassen (1996), movimentam-se por longas distâncias e em profundidades variáveis no perfil do solo, de acordo com as condições favoráveis de temperatura, de umidade e de alimento.

Plantas hospedeiras

Os cupins preferem as gramíneas, de modo geral, plantas de sorgo, milho, milheto, aveia-preta, e várias espécies de braquiárias são suscetíveis ao ataque

desses insetos. Ferreira e Martins (1984) recomendam a rotação entre plantas de gramíneas e de leguminosas visando diminuir a incidência de cupins. Entretanto, o efeito é paliativo, pois as plantas cultivadas não estarão livres do ataque dessas pragas, já que muitos são os registros de ataques de cupins em culturas de soja e de feijão, principalmente, em áreas de Cerrado.

Danos

Os cupins atacam as sementes destruindo-as antes mesmo de elas germinarem, acarretando falhas de plantas na área cultivada. Podem colonizar a cultura do início ao fim, destruindo total ou parcialmente o sistema radicular das plantas. Estas, quando atacadas, amarelecem e secam, desprendendo com facilidade do solo quando puxadas (BARCELOS, 1979; FERREIRA; MARTINS, 1984; CZEPAK et al., 1993).

Na realidade, nem todos os cupins causam danos, pois, dependendo da espécie eles podem exercer papel de destaque na manutenção e na recuperação dos solos, tanto em ambientes naturais quanto nos cultivados.

Fontes (1998) cita que os cupins são provavelmente os mais importantes agentes de degradação de madeira, exercendo poderosa ação benéfica no solo, canalizando-o numa proporção bem maior do que as minhocas. Ainda, segundo esse autor, o movimento das partículas carregadas pelos cupins entre os horizontes, promove a descompactação e a manutenção da porosidade além de distribuir a matéria orgânica no solo.

Controle

Os cupins subterrâneos são de difícil controle. No entanto, em áreas com histórico de infestação dessas pragas, o controle preventivo, mediante tratamento das sementes ou a distribuição de inseticidas granulados no solo, é alternativa indicada.

Corós, pão-de-galinha, bicho-bolo ou escarabeídeos (Ordem Coleoptera, Família Scarabaeidae)

Algumas espécies têm sido relatadas atacando tanto gramíneas como leguminosas. São elas: coró-do-trigo (*Phyllophaga* sp. e *Phytalus sanctipauli*), coró-das-pastagens (*Diloboderus abderus*) e coró-pequeno (*Cyclocephala flavigennis*) (GASSEN, 1996; ÁVILA, 1997).

Descrição e biologia

Esses insetos apresentam hábitos alimentares diversificados, incluindo plantas vivas, material orgânico em decomposição e excrementos.

No Brasil, das espécies dessa família identificadas como pragas, até o momento, somente suas formas jovens causam danos às plantas. Constituem um grupo heterogêneo em termos de hábitos, tamanho e potencial de danos. Cada espécie apresenta biologia, hábitos alimentares e potencial de danos próprios. Possuem ciclo biológico relativamente longo, em média, um ano, passando por quatro fases: ovo, larva (coró), pupa e adulto (besouro). São insetos polífagos e podem infestar lavouras em manchas onde ocorrerem simultaneamente em uma mesma área (GASSEN, 1996; ÁVILA, 1997; SALVADORI, 1997).

As larvas desses besouros são de coloração branco-leitosa, com formato de "U" quando em repouso, apresentando três pares de pernas e medindo, no seu máximo desenvolvimento, cerca de 25 mm de comprimento. A revoada dos adultos acontece durante os meses de chuva e com a temperatura alta, principalmente, de outubro a novembro, quando, então, acasalam e efetuam as posturas no solo a ser cultivado, dando início a uma nova geração de larvas. Nos meses de junho e julho, as larvas reduzem sua atividade alimentar e preparam-se para empupar, construindo um pequeno casulo de terra, em cujo interior abrigam-se durante a fase de pupa (GASSEN, 1997).

Plantas hospedeiras

Como são insetos polífagos, tanto leguminosas quanto gramíneas podem ser atacadas por eles, principalmente, as forrageiras, como milheto, sorgo, milho e pastagens em geral.

Danos

Os danos são causados pelas larvas, sendo necessária sua identificação, pois, dependendo da espécie presente, a lavoura pode sofrer ataques em diferentes épocas do cultivo. As larvas podem danificar as sementes em germinação e as partes subterrâneas de plantas cultivadas e invasoras. Deslocam-se em direção à base das plantas, alimentando delas até completar o ciclo larval ou causar a morte da planta hospedeira, o que provoca falhas nas lavouras (GASSEN, 1996).

Além dos prejuízos, devem ser destacados os benefícios desses insetos, pois nem todos os tipos de coró podem ser considerados pragas. Ocorrem no solo outros corós que não se alimentam de plantas vivas e sim de material em decomposição, facilitando, com a abertura de galerias no solo, a aeração, a infiltração de água e o desenvolvimento de raízes pelo transporte de nutrientes no perfil do solo (GASSEN, 1997).

Controle

O preparo do solo com o uso de implementos de disco tem sido sugerido como alternativa de controle de larvas de escaravelhos no solo. Além do efeito mecânico do implemento sobre as larvas, a movimentação do solo expõe o inseto à ação da radiação solar e de seus inimigos naturais, especialmente, os pássaros. O controle químico, com inseticidas durante o tratamento de sementes, de modo geral, tem sido ineficiente, e a pulverização de inseticidas no sulco de plantio parece ser uma alternativa de controle promissora, sobretudo, em áreas cultivadas no sistema plantio direto (GASSEN, 1996, 1997).

Oliveira et al. (1997) em estudos sobre a ocorrência do coró-da-soja, concluíram que as crotalárias podem ser utilizadas em rotação com a soja, em áreas de maior infestação, com o propósito de diminuir a população dessa praga de um ano para o outro, em função da morte de larvas jovens. Principalmente, a *Crotalaria juncea* e o girassol (*Helianthus annuus*), quando semeados bem antes da época da semeadura da soja, podem ser utilizados como cultura-armadilha para a fase adulta da espécie *Phyllophaga cuyabana*.

Segundo Gassen (1996), a semeadura de leguminosas, por exemplo, ervilhaca ou de crucíferas como o nabo-forrageiro, no inverno, cujos resíduos, em janeiro, encontram-se em fase adiantada de decomposição, é uma estratégia para reduzir a oviposição pelas fêmeas do coró-da-pastagem. Recomenda-se, ainda, que, quando se decide sobre o controle de corós, é necessário identificar a espécie predominante, avaliar a possibilidade e a época de danos e, se necessário, optar por alternativas menos prejudiciais aos agroecossistemas.

Insetos de superfície

Lagarta rosca (*Agrotis ipsilon* - Ordem Lepidoptera, Família Noctuidae)

Descrição e biologia

Os adultos são mariposas com 35 mm de envergadura cujas asas anteriores são marrons com algumas manchas pretas e as posteriores semitransparentes. Cada fêmea pode colocar até mil ovos. As lagartas possuem coloração marrom, cinza ou quase preta, podendo atingir até 50 mm de comprimento. Durante o dia, geralmente, permanecem sob torrões ou em galerias e, quando tocadas, enrolam-se, daí o nome vulgar de lagarta-rosca (ZUCCHI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Plantas hospedeiras

Gramíneas (aveia-branca, aveia-preta, centeio, milheto, sorgo), solanáceas e leguminosas (ervilha, ervilhaca, caupi, fava, crotalárias, soja perene).

Danos

As lagartas desenvolvem-se no solo e se alimentam de plantas invasoras e cultivadas, em especial, no período noturno. Os danos podem ocorrer, inicialmente, com o corte das plântulas logo acima do nível do solo e atacando-as parcialmente. Uma lagarta pode consumir o correspondente a quatro plântulas com 10 cm de altura durante o desenvolvimento dessa fase. Nas plantas mais velhas, podem perfurar o caule, causando sintomas típicos, provocados por outras espécies de lagartas, como a morte da região meristemática de gramíneas também conhecida por coração-morto, sobretudo, em períodos de seca prolongada e em regiões mais quentes (ZUCCHI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Controle

Em regiões onde a ocorrência da lagarta é comum, podem ser utilizadas iscas à base de açúcar ou melaço e inseticida. Segundo Gassen (1996), a combinação de práticas de eliminação de plantas hospedeiras, por meio da dessecação antecipada e o uso de inseticidas mais eficientes no tratamento de sementes ou no sulco de semeadura é a estratégia mais adequada para a proteção das plantas cultivadas.

*Lagarta-elasto (*Elasmopalpus lignosellus* - Ordem Lepidoptera, Família Pyralidae)*

Descrição e biologia

Trata-se de uma lagarta verde-azulada, circundada por listras escuras, medindo cerca de 15 a 20 mm de comprimento, cabeça pequena e de coloração marrom-escura. É muito ativa e, por apresentar movimentos rápidos, é

conhecida por muitos como “lagarta elétrica”. Alimenta-se, inicialmente das folhas, para depois migrar para a parte inferior da planta penetrando na haste e abrindo galerias compostas de terra e fio de seda que se comunicam com o exterior, logo abaixo da superfície do solo. Passam a fase de pupa no interior de casulos construídos com detritos de terra, vegetal e fios de seda. O ciclo biológico completa-se em até 25 dias no solo seco e temperatura elevada (ZUCCHI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Plantas hospedeiras

Gramíneas (sorgo, aveias, milho e milheto) e leguminosas (soja perene, crotalárias, caupi, fava, ervilhaca, tremoço).

Danos

As lagartas abrem orifícios no caule das plantas junto à superfície do solo, cavando galerias em direção ao centro, seccionando-as e, em consequência, as plantas secam. Quando o ataque é feito em gramíneas, o sintoma típico deste é o coração-morto, facilmente visualizado pela morte da região meristemática. Plantas no estágio inicial de desenvolvimento e a ocorrência de estiagem prolongada podem favorecer o ataque dessa praga (ZUCCHI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Controle

Essa praga é de difícil controle. O tratamento de sementes com inseticidas, algumas vezes, pode ser satisfatório, entretanto, a combinação de práticas culturais, manejando culturas hospedeiras, pode evitar danos maiores.

*Formigas cortadeiras (*Atta* spp. e *Acromyrmex* spp. - Ordem Hymenoptera, Família Formicidae)*

Descrição e biologia

São insetos sociais organizados em castas [formas sexuadas: fêmeas (rainha/íçá/tanajura) e machos (bitu que morre depois da cópula); formas

estéreis: soldados, jardineiras, cortadeiras e carregadeiras]. Os adultos possuem aparelho bucal mastigador; seu ciclo de vida passa pelas fases de ovo, larva vermiforme, pupa e adulto (ZUCCHI et al., 1993; JUSTI JÚNIOR et al., 1996; GALLO et al., 2002).

As saúvas (*Atta* spp.) possuem três pares de espinhos no dorso do tórax, sendo que seus formigueiros são facilmente diferenciados por apresentar um amontoado de terra solta e numerosos orifícios na superfície, denominados de “olheiros” e muitas panelas subterrâneas (ZUCCHI et al., 1993; JUSTI JÚNIOR et al., 1996; GALLO et al., 2002).

As quenquéns (*Acromyrmex* spp.) apresentam quatro ou cinco pares de espinhos no dorso do tórax e seus ninhos são pequenos, sendo, geralmente, de uma só panela, e a superfície é coberta por material vegetal (ZUCCHI et al., 1993; JUSTI JÚNIOR et al., 1996; GALLO et al., 2002).

Plantas hospedeiras

As formigas podem atacar uma quantidade indeterminada de espécies vegetais, principalmente, leguminosas e gramíneas.

Danos

Cortam as plantas (folhas e ramos mais tenros) destruindo, muitas vezes, cultivos inteiros. Culturas em início de desenvolvimento vegetativo ou com baixa população são mais prejudicadas.

Controle

O controle é efetuado com inseticidas nas formulações de isca granulada (na época seca), pó seco e gás. O importante, no entanto, é o monitoramento constante da praga, identificando a espécie, calculando a área do formigueiro, bem como o modo e a época de aplicação do inseticida (GALLO et al., 2002).

Insetos da parte aérea

Insetos mastigadores

Vaquinhas (*Diabrotica* spp. e *Cerotoma* spp. - Ordem Coleoptera, Família Chrysomelidae) e Burrinho (*Epicauta atomaria* - Ordem Coleoptera, Família Meloidae)

Descrição e biologia

As vaquinhas são encontradas em áreas de cultivos de todos os estados brasileiros. As do gênero *Diabrotica* apresentam ciclo biológico inferior a dois meses, suas asas são de tonalidade verde-clara, com três grandes manchas transversais amarelas em cada élitro. A fêmea faz postura no solo. As larvas são subterrâneas e alimentam-se de raízes, possuem coloração branco-leitosa com o último segmento abdominal de coloração marrom-escura (VIEIRA, 1983; MILANEZ, 1993; ZUCCHI et al., 1993).

Outro gênero muito freqüente é o *Cerotoma* cujas espécies de importância se diferenciam da anterior por seus indivíduos apresentarem o corpo castanho com duas manchas basais, duas faixas transversais e um ponto apical preto em cada élitro (ZUCCHI et al., 1993).

Essas pragas podem ocorrer praticamente o ano todo, independente da cultura precedente, pois os adultos voam com facilidade e apresentam hábitos alimentares diferentes dos das larvas. Entretanto, plantas hospedeiras de adultos, como feijão, girassol, ervilhaca, soja perene, entre outras, na mesma época e no mesmo ambiente, facilitam a ocorrência de larvas em gramíneas, como milheto, milho, arroz e outras, havendo, assim, sobreposição de gerações da praga no ambiente (VIEIRA, 1983; ÁVILA, 1997; GALLO et al., 2002).

O burrinho é uma praga polífaga que se alimenta de solanáceas e leguminosas em geral. O adulto é um besouro que mede cerca de 8 mm a 17 mm de comprimento, de coloração cinza, com pequenas manchas esféricas pretas nos élitros (GALLO et al., 2002).

Plantas hospedeiras

Os crisomelídeos, por serem polífagos, podem atacar folhas (na fase adulta) e raízes (na fase larval) de solanáceas (tomate, pimentão, batata), cucurbitáceas (abóbora, melancia), crucíferas (repolho, couve, nabo-forrageiro), leguminosas (soja, feijão) e gramíneas (ervilha, ervilhaca, caupi, fava, crotalárias, soja perene). O burrinho é encontrado facilmente atacando solanáceas e leguminosas (CALEGARI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Danos

Os crisomelídeos são considerados polífagos, sendo que, tanto na forma adulta quanto na larval, causam danos em plantas cultivadas. Os adultos se alimentam das folhas, perfurando-as, podendo deixá-las reduzidas às nervuras das flores e, em alguns casos, dos frutos (VIEIRA, 1983; GALLO et al., 2002).

As larvas alimentam-se de raízes e de tubérculos de plantas podem, também, broquear o caule subterrâneo das plântulas de milho e de milheto, logo depois da germinação, causando secamento das folhas centrais e a morte delas. Em plantas mais desenvolvidas, perfuram e cortam as raízes adventícias; as plantas caem e emitem raízes adventícias nos nós, adquirindo aspecto recurvado denominado pESCOÇO-DE-GANSO (GASSEN, 1996).

Os burrinhos destroem as folhas, perfurando-as e, como consequência, reduzem a produção de fitomassa (CALEGARI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Controle

O controle químico tem sido pouco eficiente. Os adultos dessas pragas, por apresentar comportamento polífago e habilidade de vôo, migram com facilidade entre áreas de cultivos, facilitando a ocorrência de reinfestações, especialmente, em condições ambientais favoráveis (GALLO et al., 2002).

Culturas que precedem o milho, se estiverem infestadas com larva-alfinete, devem ser dessecadas, mantendo-se um intervalo de duas a três

semanas até a semeadura, para evitar o dano da praga na fase de emergência das plântulas do milho (GASSEN, 1996).

Lagartas desfolhadoras (Ordem Lepidoptera, Família Noctuidae)

Descrição e biologia

A lagarta-do-trigo (*Pseudaletia sequax*) apresenta coloração geral variando de castanho a pardo-escura, com estrias longitudinais intercaladas nas tonalidades escura e clara. A cabeça é globosa e de coloração marrom. A fase de pupa ocorre no solo ou sob restos culturais. O adulto apresenta duas manchas amarelo-claras no centro das asas anteriores, sendo elas, geralmente, de coloração amarelo-palha (GASSEN, 1996).

A lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) possui coloração geral do corpo variando de pardo-escura a preta, algumas vezes esverdeada; a cabeça é menor que o tórax de coloração pardo-escura, com estrias mais claras, formando um "Y" invertido. São canibais a partir do segundo estádio e na falta de alimento, podem, também, migrar em grupos para outras áreas. A fase de pupa ocorre no solo ou em restos culturais, dentro de uma câmara pupal. O adulto possui asas de coloração cinza-escura, com 4 cm de envergadura. As fêmeas fazem posturas agrupadas nas folhas, chegando a colocar até mil ovos cada uma (GALLO et al., 2002).

A lagarta-do-nabo ou do tremoço (*Peridroma saucia*) desenvolve-se alimentando das folhas, do caule e dos grãos em formação. Sua biologia é pouco conhecida. Segundo Gassen (1996), a fêmea realiza postura, em grupo, de 50 a 100 ovos, sobre folhas ou caules de plantas, em restos culturais e sobre madeira seca.

A lagarta curuquerê-dos-capinzais (*Mocis latipes*) possui como característica principal a forma de se locomover, como se estivesse medindo palmos. As mariposas colocam ovos sobre as folhas e com a eclosão deles surgem as lagartas que se alimentam da parte mais tenra das plantas. Quando

completamente desenvolvidas medem cerca de 40 mm de comprimento e possuem coloração verde-escura com linhas longitudinais castanho-escuras, limitadas por estrias amarelas. Sua cabeça é globosa com estrias longitudinais amarelas (GALLO et al., 2002).

Plantas hospedeiras

A lagarta-do-cartucho e a lagarta-do-trigo podem atacar gramíneas em geral, preferencialmente milho, milheto e sorgo. A lagarta-do-nabo pode desenvolver-se em crucíferas, como nabo, nabo-forrageiro e canola; nas leguminosas, como ervilhaca e tremoço, e em gramíneas em estágio inicial. Já a curuquerê-dos-capinzais, além de atacar muitas gramíneas, como milheto, sorgo, aveia, pastagem, entre outras, ataca leguminosas, como soja perene, siratro, galáctia e outras (OGUNWOLU; HABECK, 1975; SILVA; NEVES, 1984; CALEGARI et al., 1993; GASSEN, 1996).

Danos

Essas lagartas, as vezes, aparecem em surtos e se alimentam das folhas, podendo, dessa forma, destruir toda a cultura. Freqüentemente, migram de uma cultura para outra e atacam plantas ainda pequenas. No caso de ataques da lagarta-do-cartucho na fase inicial de desenvolvimento das gramíneas, os danos assemelham-se aos causados pela lagarta-rosca.

A suscetibilidade das espécies usadas como adubos verdes a essas lagartas muitas vezes está relacionada a condições ambientais adversas ao bom desenvolvimento das plantas.

Controle

Recomenda-se avaliar o percentual de dano na cultura e o estádio larval em que se encontra. Conhecendo esses indicadores, decide-se, então, pela necessidade de controle da praga. A utilização de inseticidas seletivos, como os fisiológicos, por exemplo, na parte aérea, possibilita um controle satisfatório.

Lagarta-das-crotalárias (*Utetheisa ornatrix* - Ordem Lepidoptera, Família Arctiidae)

Descrição e biologia

O adulto possui o corpo branco com pintas pretas no tórax, e as asas são rosadas com pintas pretas nos bordos laterais. As posturas são feitas nas folhas e os ovos são de coloração amarela. Com a eclosão das larvas, inicia-se o ataque desta praga (CALEGARI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Plantas hospedeiras

Espécies de crotalárias, como por exemplo, a *Crotalaria spectabilis* (CALEGARI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Danos

Destroem folhas, inflorescências, vagens e sementes das plantas. Quando promovem ataques intensos, podem impedir a produção de grãos, embora muitas espécies de crotalária apresentem boa capacidade de regeneração.

Controle

O controle só é recomendado quando a produção se destina à obtenção de sementes. Inseticidas fisiológicos ou com ação de contato são recomendados.

Broca-das-vagens (*Maruca testulalis* - Ordem Lepidoptera, Família Pyralidae)

Descrição e biologia

O adulto é uma mariposa cujas asas anteriores são marrons com desenhos transparentes e as posteriores, transparentes com desenhos escuros. A lagarta possui coloração marrom-clara com estriadas escuras sobre o dorso; sua cabeça é preta e mede, aproximadamente, 25 mm de comprimento.

Essa praga está amplamente distribuída nas áreas de cultivo de leguminosas pelo país. Sua presença é detectada pela destruição da membrana das flores e das vagens. Os adultos colocam os ovos nas vagens, e o seu ciclo é de aproximadamente 20 dias.

Plantas hospedeiras

Leguminosas como guandu, labe-labe, crotalárias, kudzu tropical, feijão-mungo, entre outras (ARAÚJO et al., 1984; CAMERON, 1986; RAMASUBRAMANIAN; BABU, 1991; ATACHI; DJIHOU, 1994; MALI; PATIL, 1994).

Danos

Ataca, preferencialmente, talos, flores, pedúnculos e vagens. Danifica, também, os grãos em formação, chegando a ponto de diminuir a produção em até 60% (ARAÚJO et al., 1984).

Controle

O controle só é recomendado quando o objetivo é produção de sementes. Os inseticidas sistêmicos podem ser utilizados para seu controle nesses casos. Estudos sobre variedades resistentes a essa praga têm sido realizados (MALI; PATIL, 1994).

Insetos sugadores

Cigarrinhas (Ordem Hemiptera, Subordem Homoptera, Família Cicadellidae)

Descrição e biologia

Cigarrinha-verde (*Empoasca spp.*) - o adulto apresenta coloração verde, com 3 mm de comprimento. As formas jovens são de coloração verde-clara, sendo desprovidas de asas e apresentando movimentos rápidos, principalmente, para as laterais (VIEIRA, 1983).

Cigarrinha-do-milho (*Dalbulus spp.*) - apresenta coloração verde-clara, com variações para marrom-clara e esbranquiçada. Desloca-se com muita agilidade sobre as plantas, tanto para a frente como para os lados, assemelhando-se à cigarrinha-verde-do-feijão. Seu ciclo biológico se completa em torno de 30 dias (GASSEN, 1996).

Plantas hospedeiras

São hospedeiras em potencial da cigarrinha-verde as leguminosas, principalmente, o feijão-bravo-do-ceará, o feijão-de-porco, o labe-labe e o guandu (COTTE; CRUZ, 1988; SINGH et al., 1991; GALLO et al., 2002).

No caso da cigarrinha-do-milho, podem ser suas hospedeiras as gramíneas, como pastagens, cereais e plantas nativas. O milho e o milheto semeados tardivamente ou na safrinha são altamente infestados por esses insetos (GASSEN, 1996).

Danos

Tanto as ninfas quanto os adultos podem causar danos diretos com a sucção de seiva, principalmente de plântulas, injetando toxinas que provocam o amarelecimento foliar, reduzindo seu desenvolvimento. As folhas picadas tornam-se cloróticas e deformadas. A transmissão de viroses constitui-se em dano indireto dessa praga (VIEIRA, 1983; GASSEN, 1996).

Controle

O manejo integrado é a alternativa indicada para reduzir a população dessa praga em áreas altamente infestadas. Entretanto, deve-se observar que a maior preocupação está relacionada com a transmissão de viroses, sendo o uso de inseticidas, em áreas com histórico de infestação, recomendado de maneira preventiva para seu controle, via tratamento de sementes ou colocado no sulco de semeadura.

Cigarrinhas-das-pastagens (*Deois* spp. - Ordem Hemiptera, Subordem Homoptera, Família Cercopidae)

Descrição e biologia

Os adultos são de tamanho médio, entre 7 e 10 mm de comprimento; corpo ovalado de coloração geral preta, marrom ou vermelha. Vivem na parte aérea do capim e suas ninfas são de coloração branco-amarelada e podem ser encontradas protegidas na base das plantas por uma espuma branca. As posturas são efetuadas no chão ou em restos culturais; o período de incubação dos ovos dura, em média, 15 dias, mas os ovos podem ficar em estado de dormência na época seca, pois a eclosão só ocorrerá com o umedecimento do solo depois das primeiras chuvas (PUPO, 1977).

Plantas hospedeiras

Gramíneas como capins, milho e milheto podem ser hospedeiras dessa praga.

Danos

A sucção contínua da seiva efetuada pelas ninfas de cigarrinhas provoca acentuado enfraquecimento das plantas atacadas que, em plena estação chuvosa, amarelecem, secam e morrem. Os adultos, ao sugarem as folhas, injetam toxinas, causando amarelecimento nelas com consequente seca e morte da planta. Essas pragas são sensíveis à falta de umidade e sua população cai bastante já no início da estação seca. O intenso ataque de cigarrinhas pode causar, em pouco tempo, o extermínio de vastas extensões de pastagens, tornando as plantas secas e impalatáveis para o gado (GALLO et al., 2002).

A migração dos adultos das áreas de pastagens para as de cultivo de arroz, milho e sorgo é freqüente e, neste caso, quando o agricultor percebe a presença da cigarrinha, o dano pela sucção contínua de seiva já ocorreu, sendo inevitável o replantio da cultura.

Controle

Sendo a cigarrinha praga-chave das pastagens, seu controle é muitas vezes indiscutível. Quando se pretende instalar culturas de gramíneas como milho, arroz, sorgo ou milheto em áreas próximas a pastagens com histórico de praga, é imprescindível o tratamento das sementes.

Os métodos de controle baseiam-se na utilização de variedades resistentes e controles biológico e químico.

Percevejos (Ordem Hemiptera, Subordem Homoptera)

Descrição e biologia

O percevejo-verde-da-soja (*Nezara viridula*) apresenta a face ventral verde-clara e comprimento em torno de 13 a 17 mm. As fêmeas fazem a postura nas partes mais abrigadas das plantas onde colocam, em média, 200 ovos de forma agrupada, sendo eles de coloração inicial amarelada e, próximo à eclosão, rosada. As ninfas possuem coloração escura, com manchas avermelhadas. Tanto os adultos quanto as formas jovens sugam a seiva das folhas, as hastes e os frutos das plantas hospedeiras (ZUCCHI et al., 1993).

O percevejo-verde-pequeno (*Piezodorus guildinii*) adulto é esverdeado-brilhante e diferencia-se do percevejo-verde por ser bem menor (comprimento variável de 10 a 12 mm) e pela presença de uma mancha escura na base do pronoto. As fêmeas ovipositem sobre as vagens em torno de 13 a 32 ovos por postura, com freqüência, em fileiras duplas, sendo os ovos escuros brilhantes (ZUCCHI et al., 1993).

O percevejo-marrom (*Euschistus heros*) adulto possui em torno de 13 mm de comprimento, coloração marrom uniforme, dois espinhos laterais no protórax, com uma mancha branca, em forma de meia-lua, no ápice do escutelo. Sua ocorrência é muito freqüente nas áreas de Cerrado (ZUCCHI et al., 1993).

O percevejo tianta (*Thianta perditor*) tem as seguintes características: coloração verde nas fêmeas e parda nos machos, duas expansões laterais no pronoto, comprimento variando de 9 a 11 mm (ZUCCHI et al., 1993).

A espécie *Crinocerus sanctus*, na forma adulta, mede de 14,6 a 14,9 mm de comprimento, coloração alaranjada e asas posteriores em forma de "U", com tonalidade escura; pernas posteriores mais largas, com fêmures avolumados e providos de espinhos (ARAÚJO et al., 1984).

Plantas hospedeiras

As gramíneas, milho e arroz e as leguminosas, soja, feijão e ervilha são hospedeiras freqüentes desse complexo de percevejos sugadores (JONES; SULLIVAN, 1982; PANIZZI; ROSSINI, 1987; CALEGARI et al., 1993; UMANA et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Danos

Existem muitas espécies de percevejos que atacam adubos verdes e plantas de cobertura, por meio da sucção de seiva e da injeção de toxinas nas brotações, folhas novas e vagens causando-lhes danos. No caso de leguminosas, podem também provocar deformações , diminuindo o tamanho dos grãos, tornando-os chochos e escurecidos.

Controle

Pulverização com inseticidas fosforados sistêmicos.

Pulgões (Ordem Hemiptera, Subordem Homoptera, Família Aphididae)

Descrição e biologia

São insetos de tamanho muito reduzido, possuem o corpo pouco esclerotizado, ovalado ou piriforme e de coloração variável, como amarelada, esverdeada e preta. A maioria das espécies apresenta um par de sifúnculos (estruturas simétricas localizadas na parte posterior do inseto), podendo estes medir de 1,5 a 3,5 mm. Vivem em colônias e sua reprodução se processa por partenogênese telítoca (nascem só fêmeas) associada à viviparidade (fêmeas dão origem a ninfas).

Plantas hospedeiras

As gramíneas são hospedeiras das espécies de percevejos *Aphis maidis*, *Sitobium avenae*, *Schizaphis graminum*, *Rhopalosiphum padi*, *Metopolophium dirhodum*; as leguminosas, de *Aphis craccivora* e *Smynthurodes betae* e as crucíferas das espécies *Brevicoryne brassicae* e *Myzus persicae* (KIECKHEFER, 1984; GILL; RATAUL, 1990; HAN, 1990; CALEGARI, 1993; GALLO et al., 2002).

Danos

Dependendo da espécie, esses insetos podem sugar a seiva tanto das raízes quanto da parte aérea das plantas, provocando encarquilhamento, deformações e galhas, servindo, também, como veículo de transmissão de viroses.

Controle

Pulverização com inseticidas fosforados sistêmicos.

*Mosca-branca (*Bemisia* spp. - Ordem Hemiptera, Família Aleyrodidae)*

Descrição e biologia

São insetos pequenos, de 1 mm de comprimento, 2 a 3 mm de envergadura e asas membranosas recobertas por uma pulverulência branca; agrupam-se na face inferior das folhas, onde colocam os ovos, sendo sua presença facilmente detectada quando se movimenta as folhas, provocando a dispersão dos adultos que se espalham por todos os lados. Depois da eclosão, as ninfas se movimentam e passam a sugar a face inferior das folhas selecionando um local para se fixarem, apresentando comportamento semelhante ao das cochonilhas. Seu ciclo completo pode variar de 20 a 45 dias, influenciado, principalmente, pela temperatura (ZUCCHI et al., 1993; OLIVEIRA; SILVA, 1997).

Plantas hospedeiras

São hospedeiras preferenciais da mosca-branca as leguminosas, como espécies de mucuna, feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), caupi, feijão-vagem, feijão-

mungo, soja e soja perene, entre outras; algodão, cucurbitáceas, mandioca, brássicas, solanáceas e, ainda, plantas ornamentais (MATHEW; BALAKRISHNAN, 1982; PATEL; JHALA, 1992; DHINGRA; GHOSH, 1993; OLIVEIRA; SILVA, 1997). Segundo Gassen (1996), lavouras de milho infestadas com leiterinho e outras plantas invasoras devem ser monitoradas por causa da elevada população de mosca-branca, porém, mesmo pousando nas gramíneas, não é considerada praga delas.

Danos

Tanto as ninfas quanto os adultos podem causar danos diretos (pela ação toxicogênica da saliva) e indiretos (transmissão de viroses), sendo este último o mais preocupante, devido ao grande número de plantas hospedeiras dessa praga.

Controle

São recomendados os inseticidas sistêmicos no tratamento das sementes ou em pulverização.

Tripes (Ordem Thysanoptera, Família Thripidae)

Descrição e biologia

São insetos pequenos com, aproximadamente, 0,5 a 1,3 mm de comprimento. Apresentam dois pares de asas franjadas e possuem um aparelho bucal tipo sugador labial triqueta, sendo, portanto, um inseto do tipo sugador-raspador.

Os tripes localizam-se na face inferior das folhas, de preferência, próximos às nervuras, ou então, nos botões florais e nos frutos. A reprodução é por via sexuada, sendo a postura, no caso de tripes fitófagos, endofítica; dos ovos eclodem as ninfas que passam por dois ínstares ativos e três ínstares pupais (praticamente inativos) de onde emergirão os adultos (ZUCCHI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Plantas hospedeiras

Leguminosas, gramíneas e solanáceas podem hospedar diferentes espécies de tripes, principalmente, *Calioptips phaseoli*, *Thrips tabaci*, *Thripes oryzae*, *Treherniella* sp., *Frankliniella* spp., entre outras.

Danos

Atacam a parte aérea das plantas (folhas, flores e frutos). Ao sugar a seiva, as folhas perdem a coloração, surgindo necroses nos tecidos. Quando o ataque é muito grande, em especial, em épocas secas, as plantas adquirem um brilho prateado e, posteriormente, secam e caem. Plantas atacadas podem apresentar diminuição dos entrenós, queda dos botões florais e dos frutos. Também, é atribuída aos tripes a transmissão de viroses em várias culturas (ZUCCHI et al., 1993).

Controle

Praga atual de difícil controle, devido, sobretudo, a sua localização na planta. O uso de inseticidas em pulverização ou o tratamento das sementes pode diminuir a população da praga, mas possivelmente ocorrem reinfestações subseqüentes ao tratamento.

Insetos de grãos armazenados - carunchos (Ordem Coleoptera, Família Bruchidae)

Descrição e biologia

Na espécie *Acanthoscelides obtectus*, os adultos medem de 2,5 a 3,5 mm de comprimento; são pardo-acinzentados e as asas têm estrias longitudinais paralelas. As fêmeas são maiores que os machos. O ataque inicia-se no campo; a fêmea introduz os ovos na vagem, aproveitando as fendas, sendo colocados soltos ou em grupos; apresentam coloração inicial translúcida e, depois de algum tempo, tornam-se branco-leitosos (VIEIRA, 1983; CALEGARI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

As fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* possuem coloração castanho-escura, com quatro manchas claras na região costal; os machos apresentam a metade do tamanho das fêmeas e são de coloração acinzentada. Os ovos são arredondados e esbranquiçados, sendo colocados na superfície das sementes às quais ficam aderidos. A larva, quando nasce, penetra diretamente no grão ou na semente (VIEIRA, 1983; CALEGARI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Os adultos de *Callosobruchus maculatus* medem cerca de 4 mm de comprimento e possuem coloração escura, com a cabeça, o tórax e o abdome pretos; élitros estriados, com três manchas mais escuas de tamanhos variados. A infestação inicia-se no campo onde os adultos depositam seus ovos nas vagens e nos grãos (VIEIRA, 1983; CALEGARI et al., 1993; GALLO et al., 2002).

Plantas hospedeiras

Leguminosas, como soja perene, crotalárias, feijão-de-porco, feijão-mungo, labe-labe e guandu, entre outras, podem vir a ser atacadas por esses insetos (VIEIRA, 1983; CALEGARI et al., 1993; AJAYI et al., 1995; GALLO et al., 2002).

Danos

São pragas cosmopolitas que causam grandes prejuízos nos grãos armazenados, pois abrem galerias, podendo destruí-los completamente. As sementes também são prejudicadas porque o embrião delas é destruído.

Controle

Indica-se, caso necessário, a fumigação seguida de medidas contra a reinfestação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o número de insetos que podem atacar às espécies usadas como adubos verdes ou cobertura de solo seja bastante expressivo, pouco se conhece

sobre sua biologia e seus danos. Portanto, o controle só deve ser adotado quando a produção de fitomassa ou de sementes estiver comprometida e for economicamente viável. Na maioria das vezes, uma desfolha inicial é recuperada ao longo do ciclo dessas plantas que, normalmente, são bastante rústicas e tolerantes aos diversos tipos de estresses (hídrico, nutricional, doenças, pragas, dentre outros). No caso da produção de sementes, é necessário fazer uma avaliação do dano e decidir como e quando aplicar as medidas de controle.

Destaca-se que muitas espécies de adubos verdes podem tornar-se hospedeiras de pragas-chave de culturas, como milho, soja, cana-de-açúcar e outras. Portanto, o controle se faz necessário antes de instalar a cultura comercial.

Outra opção é a de não utilizar espécies vegetais que sejam sujeitas às mesmas pragas em sistemas de rotação e consórcio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJAYI, O.; EZUEH, M. I.; TABO, R.; ASIEGBU, J. E.; LAXMAN, S.; SINGH, L. Observations on insect damage to pigeonpea in Nigeria. **International Chickpea and Pigeonpea Newsletter**, Andhra Pradesh, v. 2, p. 76-78, 1995.

ARAÚJO, J. P. P. de; RIOS, G. P.; WATT, E. E.; NEVES, B. P. das; FAGERIA, N. K.; OLIVEIRA, I. P. de; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA FILHO, A. **Cultura do caupi, Vigna unguiculata (L.) Walp**: descrição e recomendações técnicas de cultivo. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1984. 82 p. (Embrapa-CNPAF. Circular Técnica, 18).

ATACHI, P.; DJIHOU, Z. C. Record of the plants of *Maruca testulalis* (Geyer) (Lepidoptera: Pyralidae) in the republic of Benin. **Annales de la Societe Entomologique de France**, Paris, v. 30, n. 2, p. 169-174, 1994.

ÁVILA, C. J. Principais insetos-praga de solo que causam danos em cultivos do Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 6., 1997, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1997. p. 57-64.

BARCELOS, A. C. Pragas do arroz e seu controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 5, n. 55, p. 65, 1979.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CAMERON, D. G. Tropical and subtropical pasture legumes, 12. Puerto (*Pueraria phaseoloides*): a much underused legume. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 112, n. 5, p. 227-230, 1986.

COTTE, O.; CRUZ, C. Some host plants of leafhopper, *Empoasca* spp. (Homoptera: Cicadellidae) found on pigeon pea. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v. 72, n. 3, p. 499-500, 1988.

CZEPAK, C.; FERREIRA, E.; NOGUEIRA, S. B. Identificação e quantificação de cupins rizófagos na cultura do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 8, p. 871-875, 1993.

DHINGRA, K. L.; GHOSH, D. K. Efficiency of whitefly vector (*Bemisia tabaci*) in transmission of mungbean yellow mosaic virus in different source-test plant combinations. **International Journal of Tropical Agriculture**, Haryana, v. 11, n. 2, p. 49-152, 1993.

FERNANDES, P. M.; CZEPAK, C.; VELOSO, V. R. S. Cupins de montículos em pastagens: prejuízo real ou praga estética?. In: FONTES, L. R.; BERTI FILHO, E. **Cupins: o desafio do conhecimento**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 187-210.

FERREIRA, E.; MARTINS, J. F. S. **Insetos prejudiciais ao arroz no Brasil e seu controle**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1984. 67 p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 11).

FONTES, L. R. Cupins nas pastagens do Brasil: algumas indicações de controle. In: FONTES, L. R.; BERTI FILHO, E. **Cupins: o desafio do conhecimento**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 211-225.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GASSEN, D. N. Biologia e manejo de scarabaeoidea associados à agricultura. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DO SOLO, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. p. 75-96.

GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 134 p.

GILL, C. K.; RATAUL, H. S. Studies on the length of proboscis of some insect vectors in relation to the depth of leaf tissues of some common crop plants. **Indian Journal of Entomology**, New Delhi, v. 52, p. 704-706, 1990.

HAN, W. Z. Feeding behaviour of the cowpea aphid *Aphis craccivora* Koch on resistant and susceptible lablab beans. **Acta Entomologica Sinica**, Beijing, v. 33, n. 1, p. 28-34, 1990.

JONES, W. A.; SULLIVAN, M. J. Role of host plants in population dynamics of stink bug pests of soybean in South Carolina. **Environmental Entomology**, College Park, v. 11, n. 4, p. 867-875, 1982.

JUSTI JÚNIOR, J.; IMENES, S. de L.; BERGMANN, E. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C.; ZORZENON, F. J. Formigas cortadeiras. **Boletim Técnico do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 4, p. 5-31, mar. 1996.

KIECKHEFER, R. W. Cereal aphid (Homoptera: Aphididae) preferences for and reproduction on some warm-season grasses. **Environmental Entomology**, College Park, v. 13, n. 3, p. 888- 891, 1984.

MALI, M. S.; PATIL, S. P. Field screening of pigeonpea varieties against podborers. **Indian Journal of Entomology**, New Delhi, v. 56, n. 2, p. 191-193, 1994.

MATHEW, A. V.; BALAKRISHNAN, S. Yellow mosaic of velvet bean (*Stizolobium deeringianum* Bort.). **Madras Agricultural Journal**, Madras, v. 69, n. 2, p. 119-120, 1982.

MILANEZ, J. M. Biologia e controle de *Diabrotica* spp. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DO SOLO, 4., 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1993. p. 12-20.

OGUNWOLU, E. O.; HABECK, D. H. Comparative life-histories of three *Mocis* spp. in Florida. (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, Gainsville, v. 58, n. 2, p. 97-103, 1975.

OLIVEIRA, L. J.; GARCIA, M. A.; SOSA-GOMEZ, D. R.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SANTOS, B.; CORSO, I. Ocorrência, danos e manejo do coró-da-soja, *Phyllophaga cuyabana* Moser 1918 (Coleopatra: Melolonthidae). In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 6., 1997, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1997. p. 138-140.

OLIVEIRA, M. R. V.; SILVA, O. L. R. **Prevenção e controle da mosca branca *Bemisia argentifolii* (Hemiptera, Aleyrodidae)**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 16 p. (Alerta Fitossanitário, 1).

PANIZZI, A. R.; ROSSINI, M. C. Impacto de várias leguminosas na biologia de ninfas de *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 4, p. 507-512, 1987.

PATEL, H. T.; JHALA, R. C. Studies on host range, host preference and population dynamics of whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) in south Gujarat, India. **Gujarat Agricultural University Research Journal**, Ahmedabad, v. 17, n. 2, p. 76-81, 1992.

PUPO, N. I. H. **Pastagens e forrageiras**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977. 311 p.

RAMASUBRAMANIAN, G. V.; BABU, P. C. S. Field evalution of insecticides and botanicals against the spotted pod borer, *Maruca testulalis* (Greyer) on lablab. **Madras Agricultural Journal**, Madras, v. 78, p. 1-4, 17-19, 1991.

SALVADORI, J. R. **Manejo de corós em cereais de inverno**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. 8 p. (Embrapa-CNPT. Comunicado Técnico, 3).

SILVA, J. L.; NEVES, P. M. O. J. Ocorrência e controle de *Mocis latipes* (Guem, 1952) em pastagens tropicais no norte do Paraná. **Semina**, Londrina, v. 5, n. 16, p. 102, 1984.

SINGH, T. V. K.; SINGH, K. M.; SINGH, R. N. Host range of groundnut jassid, *Empoasca kerri Pruthi*. **Indian Journal of Entomology**, New Delhi, v. 53, n. 1, p. 1-17, 1991.

UMANA, R. G.; MASIS, C. E.; CAMPOS-MELENDEZ, L. F. Cultural and chemical control of macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) nut drop and rotting in Costa Rica. **Manejo Integrado de Plagas**, Turrialba, v. 26, p. 1-4, 1993.

VIEIRA, C. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFV, 1983. 231 p.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 139 p.

Uso de adubos verdes nos sistemas de produção no Bioma Cerrado

Carlos Pitol

Dirceu Luiz Broch

Arminda Moreira de Carvalho

Silvio Túlio Spera

INTRODUÇÃO

Na agricultura tradicional, os produtores têm-se deparado com uma série de limitações e dificuldades quanto ao uso de adubos verdes as quais poderão ser superadas à medida que, no sistema de produção, utilizarem-se de práticas de manejo como plantio direto, rotação de culturas, consórcios e integração lavoura-pecuária. Os adubos verdes viabilizam-se técnica e economicamente em sistemas de produção sustentáveis, pois promovem redução de custos de produção, agilizam a operação de plantio aproveitando os períodos ociosos e ampliando a diversidade de espécies vegetais e dos modos de utilização. Dessa forma, os adubos verdes apresentam vantagens e benefícios, contribuindo significativamente na redução do uso de insumos agrícolas (fertilizantes, corretivos, combustíveis, herbicidas e outros pesticidas). Essa é uma prática ao alcance do produtor rural para reduzir a dependência de insumos cada vez mais caros e para viabilizar economicamente sua propriedade, melhorando ou mantendo a qualidade do solo e da água.

A integração lavoura-pecuária tem grande importância na viabilidade econômica dos adubos verdes, pois, como muitas dessas plantas são forrageiras, seu aproveitamento na pecuária é a melhor forma de obter receita e, assim, torná-los mais acessíveis ao produtor.

Em Mato Grosso do Sul, o uso de adubos verdes ocorre mais intensivamente no período de inverno, mas existem alternativas para cultivo na safrinha, na primavera, e em consórcio com culturas de verão. O clima dessa região, principalmente, a distribuição de chuvas, favorece o uso de adubos verdes em diferentes sistemas de produção.

No Cerrado do Brasil Central, sobretudo, no Distrito Federal, as condições climáticas dificultam o estabelecimento de sistemas de produção com uso de adubos verdes. Os principais sistemas que apresentam potencialidade de adoção nessa região são: (a) adubos verdes semeados em pós-colheita à cultura principal; (b) adubos verdes semeados em consórcio; (c) adubos verdes antecedendo à cultura principal; e (d) adubos verdes na integração lavoura-pecuária. A introdução e a expansão do sistema plantio direto vêm abrindo novas perspectivas para uso de adubos verdes como cobertura de solo representando prática de manejo sustentável nessa região.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO COM USO DE ADUBOS VERDES NO CERRADO DO BRASIL CENTRAL

Semeadura em pós-colheita ou em sucessão à cultura de verão

Um fator que restringe as práticas da adubação verde é a época de semeadura, pois, o agricultor dificilmente deixará de cultivar culturas comerciais durante a safra de verão. O cultivo de adubos verdes e de plantas de cobertura em áreas de Cerrado do Brasil Central fica restrito ao período de seca ou ao final da estação chuvosa. Nesse período, a maior parte das áreas cultivadas nessa região não é utilizada, ficando exposta à erosão eólica e à hídrica, comum no início do período chuvoso, quando ocorrem chuvas de intensidade elevada. Os solos ficam também expostos à radiação solar intensa, à evaporação e à multiplicação de plantas invasoras.

A produção de biomassa e a manutenção de palha na superfície do solo são fatores fundamentais para garantia das práticas de adubação verde e da

eficiência de cobertura do solo no sistema plantio direto. Em algumas áreas de Cerrado, essa eficiência constitui problema, uma vez que a cultura para produção de palha deverá desenvolver-se após a cultura comercial, ou seja, no final da estação chuvosa, com reduzido suprimento de água. Além disso, as condições de clima, principalmente temperatura elevada e radiação solar intensa, favorecem a rápida decomposição dos resíduos vegetais. Com essas limitações, as plantas, semeadas em sucessão, apresentam estabelecimento rápido e capacidade de penetração do sistema radicular para exploração de maior volume de solo e redução dos efeitos do *deficit* hídrico. A taxa de decomposição dos resíduos dessas espécies deve ser baixa para favorecer sua permanência como cobertura do solo (CARVALHO, 2005). A elevada produção de biomassa e a facilidade de erradicação do material, facilitando a semeadura da cultura de verão, também são fatores a serem considerados (CARVALHO et al., 1996a; SILVA et al., 1997).

Burle et al. (1992) estudaram o comportamento de leguminosas cultivadas em sucessão ao milho, semeadas depois do cultivo comercial, no final do período chuvoso. Apesar do estresse hídrico em 1988, a *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) e a *Mucuna aterrima* (mucuna-preta) produziram acima de 2 t ha⁻¹ de fitomassa seca e acumularam mais de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Nos demais anos agrícolas, essas leguminosas, juntamente com *Cajanus cajan* (guandu) e *Tephrosia candida*, produziram quantidades superiores a 3 t ha⁻¹ de fitomassa seca em dois anos agrícolas consecutivos e acumularam acima de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Nesse mesmo experimento, estimou-se que o cultivo prévio de *Canavalia brasiliensis* e de *Tephrosia candida* resultou na produtividade de milho equivalente à adubação de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Tabela 1).

As leguminosas mais adaptadas ao sistema de pós-colheita no Bioma Cerrado, considerando, principalmente a tolerância ao *deficit* hídrico, são espécies de mucuna (*Mucuna aterrima*, *Mucuna pruriens*, *Mucuna urens*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e guandu (*Cajanus cajan*) (PEREIRA, 1988; AMABILE et al., 1996, 2000).

Tabela 1. Produtividade de milho após o cultivo de adubos verdes semeados em pós-colheita em Latossolo Vermelho, Planaltina, DF.

Espécie	Produtividade	
	1988/1989	1990/1991
	t ha ⁻¹	
<i>Canavalia brasiliensis</i>	7,3	6,0
<i>Tephrosia candida</i>	7,3	5,0
<i>Stylosanthes guianensis</i>	6,8	5,0
<i>Mucuna aterrima</i>	5,7	4,6
<i>Cajanus cajan</i>	5,6	4,4
<i>Stylosanthes guianensis</i>	5,1	5,3
<i>Sorghum bicolor</i>	5,1	4,2
Testemunha	4,8	3,9
Doses de N	kg ha ⁻¹	
0	4,8	3,9
50	7,4	6,5
100	7,3	6,4
200	8,4	7,3

Fonte: Burle et al. (1992).

Em Latossolo Vermelho argiloso de Goiânia (GO), os adubos verdes com teor mais elevado de nitrogênio resultaram nos maiores valores desse nutriente, na parte aérea do milho, cultivado depois da incorporação das espécies vegetais no solo (Tabela 2). No primeiro ano agrícola, os adubos verdes com a maior produtividade de fitomassa seca (Tabela 3) também resultaram no teor mais elevado de nitrogênio para a cultura de milho. Os resultados mostraram relação positiva entre o teor de nitrogênio na parte aérea das espécies leguminosas e a concentração determinada na folha de milho, principalmente, no segundo ano agrícola ($r = 0,51$; $p < 0,01$). Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), com teor mais elevado de nitrogênio na parte aérea, destacaram-se, correspondendo ao teor mais elevado de nitrogênio na parte aérea do milho. A *Brachiaria ruziziensis* resultou no teor mais baixo de nitrogênio

na parte aérea do milho nos dois anos agrícolas. No segundo ano, a vegetação espontânea e a *B. ruziziensis* apresentaram comportamento semelhante, resultando nos valores significativamente mais baixos de nitrogênio no milho em relação ao cultivo após as leguminosas (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de nitrogênio (N), em g kg⁻¹, na parte aérea de adubos verdes e na de plantas de milho cultivadas em sucessão, em Latossolo Vermelho argiloso, Goiânia, GO.

Espécie incorporada	N – Adubo verde (g kg ⁻¹)		N - Milho (g kg ⁻¹)	
	1993/1994	1994/1995	1993/1994	1994/1995
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	15,3 d	10,4 d	20,8 b	21,5 b
<i>Crotalaria juncea</i>	20,8 bc	16,8 c	23,5 ab	24,7 ab
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	23,5 b	20,2 bc	23,1 ab	25,0 ab
<i>Canavalia ensiformis</i>	31,1 a	31,1 a	24,3 a	26,5 a
<i>Cajanus cajan</i>	17,9 cd	21,5 b	25,1 a	24,3 ab
<i>Mucuna aterrima</i>	28,8 a	29,2 a	24,5 a	24,5 ab
Vegetação espontânea	20,2 bc	18,6 bc	24,1 a	21,9 b

Médias nas colunas seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Carvalho et al. (1996b).

A relação positiva entre o teor de nitrogênio na parte aérea das espécies de adubos verdes e o rendimento de grãos de milho ($r = 0,46$; $p < 0,05$) também foi observada. No segundo ano agrícola, a baixa produtividade de fitomassa seca de *B. ruziziensis* e a da vegetação espontânea relacionaram-se com o menor rendimento de milho (Tabelas 3 e 4). *Brachiaria ruziziensis* pré-incorporada à semeadura de milho exerceu competição pelo nitrogênio no processo de mineralização desse elemento, resultando em reduções no rendimento da cultura (Tabela 4). Portanto, o uso sucessivo de gramíneas pode levar à imobilização de nitrogênio e reduzir a produtividade da cultura principal. Nesse aspecto, os sistemas de produção devem associar plantas de diferentes famílias, buscando a diversidade biológica dos agroecossistemas.

Tabela 3. Produtividade de fitomassa seca de diferentes espécies de adubos verdes, cultivadas na entressafra, em Latossolo Vermelho argiloso, Goiânia, GO.

Espécie	Fitomassa seca (kg ha^{-1})	
	1993/1994	1994/1995
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	6.450 b	2.800 f
<i>Crotalaria juncea</i>	5.975 b	6.925 a
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	5.900 b	4.312 d
<i>Canavalia ensiformis</i>	8.287 a	4.100 e
<i>Cajanus cajan</i>	8.950 a	4.500 c
<i>Mucuna aterrima</i>	8.562 a	6.100 b
Vegetação espontânea	5.937 b	2.153 g

Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Fonte: Carvalho et al. (1996a).

Tabela 4. Produtividade de milho, cultivado em sequência a diferentes espécies de adubos verdes incorporadas, em Latossolo Vermelho argiloso, Goiânia, GO.

Espécie incorporada	Produtividade (kg ha^{-1})	
	1993/1994	1994/1995
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	6.936 a	6.940 c
<i>Crotalaria juncea</i>	8.919 a	8.006 abc
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	8.541 a	7.832 abc
<i>Canavalia ensiformis</i>	7.738 a	8.588 a
<i>Cajanus cajan</i>	7.755 a	8.324 ab
<i>Mucuna aterrima</i>	7.271 a	7.751 abc
Vegetação espontânea	7.211 a	7.272 bc

Médias nas colunas seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Carvalho et al. (1996b).

Semeadura em consórcio

A maior parte das culturas comerciais cuja colheita ocorre na época seca, nas áreas agrícolas do Cerrado, não pode ser cultivada na entressafra. Por essa

razão, espécies vegetais que possam ser semeadas concomitantemente com uma cultura comercial como milho e que sobrevivam na época seca, estando já estabelecidas por ocasião da colheita da cultura, constituem a melhor opção de aproveitamento da água ainda remanescente no solo. Nesse sistema, é de fundamental importância que a espécie de adubo verde ou de cobertura de solo tenha desenvolvimento inicial lento, para que não venha a competir por água, luz e nutrientes com a cultura econômica (SUHET et al., 1994). A cobertura morta não necessariamente deve ser produzida pelo adubo verde. Geralmente, existe uma combinação de biomassa do adubo verde com os resíduos da cultura. Essa associação promoverá a cobertura do solo e a melhoria das suas propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas.

Entre as culturas comerciais, o milho, o sorgo e o arroz são as que, geralmente, proporcionam cobertura mais eficiente ao solo (Tabela 5), devido à maior produção de fitomassa e à decomposição mais lenta de seus resíduos vegetais. As leguminosas, apesar de não proporcionarem cobertura eficiente, principalmente, pela decomposição acelerada de seus resíduos, são excelentes condicionadoras de solo. Portanto, a associação dessas duas famílias de plantas é recomendável visando a um sistema de produção agrícola sustentável.

Uma das alternativas mais promissoras de associação de adubo verde com cultura comercial para a Região do Cerrado é a semeadura de leguminosas, concomitante com milho ou quando essa cultura já completou seu ciclo vegetativo (KAGE, 1984).

A mucuna-preta adapta-se ao cultivo em consórcio com milho e sua incorporação no solo pode corresponder à aplicação de 50 kg ha⁻¹ (PEREIRA, 1987) a até 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral nessa cultura (SUHET; RITCHIEY, 1987; BURLE et al., 1992). Recomenda-se a semeadura de milho no início do período chuvoso e a implantação do consórcio com mucuna-preta ou feijão-de-porco em janeiro, a incorporação no solo, a dessecação ou o manejo mecânico, seguido de plantio direto sobre os resíduos, após a colheita do milho, não deixando que a leguminosa atinja a formação completa de grãos. A mucuna e o

feijão-bravo-do-ceará apresentam dormência de sementes, podendo estabelecer-se na área como plantas invasoras de difícil controle.

Tabela 5. Porcentagem média de cobertura morta proporcionada por diferentes culturas comerciais ou consórcio de culturas.

Consórcio ou cultura solteira	Sistema de manejo	Cobertura morta (%)
Calopogônio + milho	Preparo convencional	80
Soja perene + milho	Preparo convencional	75
Milho solteiro	Preparo convencional	78
Milho + guandu	Preparo convencional	68
Milho + sorgo	Plantio direto	80
Milho + crotalária	Preparo convencional	70
Soja + guandu	Plantio direto	50
Soja + crotalária	Plantio direto	40
Soja + sorgo	Plantio direto	73
Soja + sorgo	Sobressemeadura	70
Soja perene + arroz	Preparo convencional	70
Estilosantes + arroz	Preparo convencional	70
Arroz	Preparo convencional	63
Soja	Preparo convencional	45

Fonte: Matsumoto (1986).

A mucuna-preta também pode ser semeada de 25 a 30 dias após a semeadura de milho efetuada em outubro. Depois da maturação fisiológica das espigas, realiza-se a dobra de milho e colhe-se a leguminosa em fins de junho a início de julho. Terminada a colheita de milho, os restos vegetais são incorporados ou deixados na superfície do solo como cobertura. As leguminosas forrageiras *Zornia* e *Stylosanthes* podem ser semeadas concomitantemente com o milho, inclusive, para promover melhor cobertura de solo (PEREIRA et al., 1992). A semeadura da espécie utilizada como adubo verde deve ser adaptada à mecanização, porém, existe dificuldade de plantio mecanizado nesse tipo de consórcio.

Geralmente, nos primeiros anos depois de iniciar o sistema de produção (consórcio) em uma área, ocorre competição de leguminosas, principalmente,

das perenes (por exemplo, o kudzu tropical e a zórnia) com o milho, podendo resultar em rendimentos muito baixos dessa cultura (Tabela 6). A partir do terceiro ano do consórcio, já são observados incrementos no rendimento do milho em consequência, sobretudo, da melhoria das propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas do solo devido ao uso das leguminosas em associação. A mucuna-preta, quando semeada no final do ciclo vegetativo do milho, é a leguminosa que tem proporcionado maior resposta em produtividade dessa cultura (Tabela 6).

Tabela 6. Produtividade de milho em associação com adubos verdes em Latossolo Vermelho-Amarelo, Planaltina, DF.

Consórcio	1982/1983	1983/1984	1985/1986
	t ha ⁻¹		
Milho + kudzu tropical	1,7	2,5	5,7
Milho + zórnia	1,6	3,8	4,0
Milho + <i>Indigófera hirsuta</i> /feijão-de-porco	2,2	2,6	2,7
Milho + restos culturais incorporados	2,5	3,1	4,0
Milho + restos culturais retirados	2,3	2,7	3,3
Milho + mucuna-preta	3,0	4,2	5,1

Fonte: Pereira (1987).

As leguminosas forrageiras com desenvolvimento inicial lento podem ser outra opção para cultivo associado com milho. Em áreas de Cerrado do Distrito Federal, observou-se que certas leguminosas com essa característica apresentam baixa concorrência com milho. Apesar disso, a produção de fitomassa é elevada, pois, quando essa cultura completa seu ciclo vegetativo, as leguminosas já estão estabelecidas e continuam vegetando e acumulando fitomassa durante o período de seca. Plantas forrageiras que se adaptam a esse sistema são: *Stylosanthes guianensis* var. *pauciflora* (Bandeirante), *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* (Mineirão), *Stylosanthes macrocephala* cv. Pioneiro e *Zornia latifolia*.

Outra grande vantagem da associação com essas leguminosas é a possibilidade de fornecimento de forragem no período de seca quando ocorre escassez de material com elevado valor protéico na região. A porcentagem de incremento na produtividade de milho em associação com essas leguminosas, em relação à aplicação de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio via fertilizante, foi crescente ao longo do tempo. No terceiro ano agrícola, a produtividade de alguns tratamentos, como Zornia, equivaleu à produção obtida com a adubação de 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio (SUHET et al., 1994).

A semeadura concomitante de calopogônio e arroz de ciclo precoce, para cobertura e melhoria físico-hídrica, química e biológica do solo para a cultura de soja subsequente, também é opção indicada por Pereira et al. (1992).

Uma associação pouco explorada, mas que pode apresentar resultados satisfatórios, é o consórcio de culturas perenes (por exemplo, citros, maracujá e café) com leguminosas. Algumas espécies como feijão-de-porco, guandu-anão, estilosantes, *Arachis* sp., crotalárias de porte mais baixo (*Crotalaria anagiroide*, *C. spectabilis* e *C. grantiana*) apresentam potencialidade para uso em consórcio. Nesse sistema, uma série de vantagens deve repercutir no rendimento e na qualidade do produto final das culturas (frutos ou grãos), além de contribuir para redução de custos (CARVALHO et al., 2000). Entretanto, as condições deverão ser tais que uma planta não faça sombreamento sobre a outra, não dificulte o controle fitossanitário, permita tratos culturais, colheita e tenha adequadas condições de manejo da leguminosa utilizando a roçadeira e/ou arado.

Cultivo anterior à cultura comercial no início do período chuvoso

Outra opção adequada é a semeadura de adubos verdes e de plantas de cobertura, com ciclos mais curtos, antes da cultura comercial ao longo da mesma estação chuvosa. *Crotalaria juncea* cuja floração ocorre em torno de 90 dias pode ser semeada no início do período de chuvas, ser incorporada ou mantida na superfície do solo, antecedendo as culturas como arroz, milho, sorgo ou cana-de-açúcar. Deve-se ter o cuidado de não cultivá-la sucessivamente na

mesma área, por causas da propagação de doenças. Para melhor aproveitamento de tempo, deve-se adotar plantio direto, já que o atraso do período chuvoso, comum em áreas de Cerrado do Brasil Central, pode comprometer a viabilidade desse sistema.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM MATO GROSSO DO SUL

Culturas de inverno

Devido à menor expressão econômica das culturas de inverno voltadas para a produção de grãos, é nesse período que ocorre o maior potencial para uso de adubos verdes que, tratando de plantio direto, torna-se fundamental para viabilizar o sistema, considerando-se a necessidade de manter o solo permanentemente coberto.

Pelas condições climáticas da região Centro-Sul do Estado de Mato Grosso do Sul, é possível o cultivo, com bons rendimentos, de várias culturas anuais de inverno (Tabela 7).

Tabela 7. Culturas anuais de inverno, indicadas para o Centro-Sul do Mato Grosso do Sul.

Cultura	Cultivar	Produção de B.S. ⁽¹⁾ (t ha ⁻¹)	Ciclo	
			Manejo ⁽²⁾	Colheita ⁽³⁾ (dias)
Aveia-preta	Comum RS	4 a 5	80	110
Aveia-branca para indústria	FMS 1	4 a 6	80 a 90	105 a 120
	FMS 2			
	FMS 3			
	UFRGS 7			
	São Carlos			
Nabo-forrageiro	Siletina	3 a 5	90	120
Ervilhaca-peluda	FMS - Laguna 1	3 a 5	120	160

⁽¹⁾ B.S. = biomassa seca; ⁽²⁾ Da semeadura ao manejo; ⁽³⁾ Da semeadura à colheita.

Fonte: Pitol (1993).

Entre as plantas citadas na Tabela 7, a aveia-preta é a espécie vegetal mais importante e com maior área de cultivo, devido às seguintes características: ampla adaptação, melhoradora de solo, eficiente cobertura em plantio direto, apropriada à rotação com soja e amplo uso na pecuária. Por sua vez, a aveia-branca para indústria é indicada para solos de fertilidade mais elevada, por ser mais exigente que a aveia-preta em nutrientes e por responder mais à produtividade.

Apesar do nome, nabo-forrageiro é usado como adubo verde, sendo indicado para compor sistemas de rotação de culturas antecedendo ao milho que é grandemente beneficiado pela ciclagem de potássio e nitrogênio. Por sua vez, ervilhaca-peluda é a espécie que tem apresentado melhor desempenho entre as leguminosas. Exige fertilidade elevada e, por ser de ciclo longo, cobre o solo até a época de semeadura do milho que é a cultura recomendada em sucessão.

Outras espécies vegetais que se adaptam razoavelmente à região, mas que não apresentam importância econômica são: centeio, tremoço-branco, chicharo, canola e ervilha (HERNANI et al., 1995).

A produção de fitomassa das espécies vegetais é variável em função das precipitações pluviais que ocorrem durante seu desenvolvimento. Na Tabela 8, é mostrada a produtividade de fitomassa seca ($t\ ha^{-1}$) obtida em 1993, em trabalho conduzido pela Fundação MS.

Tabela 8. Rendimento de fitomassa seca de diferentes culturas de inverno, avaliadas por ocasião do manejo, Maracaju, MS.

Cultura de inverno	Fitomassa seca ($kg\ ha^{-1}$)
Aveia + tremoço	5.328
Ervilhaca-peluda	5.004
Aveia-preta	4.720
Nabo-forrageiro	4.245

Fonte: Salton et al. (1993).

O efeito das culturas de inverno na produtividade de milho foi avaliado pela Fundação MS, em trabalho conduzido nas safras 1992/1993 e 1993/1994, em Maracaju, sendo os resultados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Produtividade de milho (média e porcentagem relativa) em sucessão às culturas de inverno, nas safras 1992/1993 e 1993/1994, Maracaju, MS.

Cultura de inverno	Produtividade			Porcentagem relativa ao pousio (%)
	1992/1993	1993/1994	Média	
	kg ha ⁻¹			
Pousio	5.959	3.827	4.893	100
Aveia-preta	6.208	4.268	5.238	107
Ervilhaca-peluda	6.250	4.610	5.430	111
Nabo-forrageiro	6.908	4.799	5.853	120
Média	6.331	4.376	-	-

Fonte: Fundação MS (1994).

Espécies vegetais de safrinha

O uso de espécies vegetais para adubação verde no período de safrinha (fevereiro a março) é limitado pelo fato de que, nas áreas de melhor fertilidade, a cultura da soja é colhida precocemente e planta-se, prioritariamente, milho de safrinha. Parte do restante das áreas é destinada a culturas de inverno (LANDERS, 1994).

O milheto ocupa maior área plantada em safrinha, sendo seu destino mais freqüente, o pastejo e a produção de sementes. Com a difusão do uso do grão de milheto na alimentação animal, deverá crescer a área de cultivo, visto seu baixo custo de produção. No entanto, girassol e sorgo representam alternativas para produção de grãos ou aproveitamento na pecuária. Por sua vez, leguminosas semeadas neste período estão sujeitas a geadas, o que prejudica a produção de fitomassa (PITOL, 1999).

As espécies vegetais alternativas adaptadas para cultivo nesse período constam na Tabela 10.

Tabela 10. Densidade de semeadura e data limite de semeadura das espécies vegetais indicadas para safrinha na região Centro-Sul do Estado de Mato Grosso do Sul, Maracaju, MS.

Espécie	Densidade de semeadura (kg ha ⁻¹)	Data limite de semeadura ¹
Milheto	20	20/03
Mucuna-preta	60	10/03
<i>Crotalaria juncea</i>	30	10/03
<i>Crotalaria breviflora</i>	20	10/03
Girassol	5	20/03
Sorgo-granífero	8	20/03
Sorgo duplo propósito	8	20/03
Sorgo-forrageiro	5	20/03

¹ A semeadura não deverá ultrapassar essas datas devido a perdas por estiagem e geadas.

Fonte: Salton et al. (1993).

Espécies vegetais de primavera

A semeadura de espécies para adubação verde na primavera é uma prática recente que visa preencher um período em que o solo fica descoberto por dois ou três meses, entre a colheita das culturas de inverno e a semeadura das culturas de verão. A cobertura do solo nesse período tem a finalidade de protegê-lo, evitando o desenvolvimento de plantas invasoras, aumentando a quantidade de palha sobre o solo, obtendo-se condições adequadas para plantio direto.

Nos meses de agosto e setembro, geralmente, ocorre *deficit* hídrico. Entretanto, em plantio direto, uma precipitação de 30 mm é suficiente para se efetuar a semeadura e estabelecer a cultura. Dessa forma, pode-se afirmar que, na média, em 80% dos anos, é possível efetuar o cultivo de espécies de primavera, em maior ou menor área, de acordo com a época de ocorrência e a quantidade de chuva. Recomenda-se que a área da propriedade agrícola a ser ocupada com essa prática seja de aproximadamente 30%.

O potencial de produção de fitomassa de algumas espécies vegetais foi avaliado (Tabela 11). Com base nos resultados destacam-se o desempenho, principalmente, do milheto e da *Crotalaria juncea*, espécies que também apresentam potencial forrageiro, em especial, a gramínea. Neste mesmo trabalho, foi avaliada a resposta do milho em sucessão cujos resultados são mostrados na Tabela 12.

Tabela 11. Produção de fitomassa seca de espécies vegetais cultivadas na primavera, em Maracaju, MS.

Número de dias após a semeadura	Espécie					
	Cunhã	Niger	Crotalária	Teosinto	Sorgo	Milheto
	Fitomassa seca ($t \text{ ha}^{-1}$)					
57	0,80	2,69	3,33	3,87	4,66	6,35
72	1,85	3,77	7,60	5,40	8,35	9,42

Fonte: Salton et al. (1993).

Tabela 12. Produtividade do milho e porcentagem relativa em sucessão a plantas de cobertura de primavera, safra 1993/1994, Maracaju, MS.

Cultura de Primavera	Produtividade	
	kg ha^{-1}	% relativa à testemunha
Testemunha (pousio)	5.680	100
<i>Mucuna aterrima</i>	5.584	98
<i>Avena strigosa</i>	5.521	97
<i>Crotalaria juncea</i>	6.368	112
<i>Euchalaena mexicana</i>	5.021	88
<i>Sorghum bicolor</i>	5.104	90
<i>Guizotia abyssinica</i>	5.591	98
<i>Pennisetum americanum</i>	5.354	94
<i>Clitoria ternatea</i>	5.838	102
Média	5.562	98

Fonte: Fundação MS (1994).

O girassol também está sendo cultivado nesse período, como alternativa para produção de grãos ou cobertura de solo ou alimento para o gado.

De acordo com resultados e observações efetuadas durante quatro anos, as culturas com maior potencial são milheto, *Crotalaria juncea* e girassol e em menor relevância, mucuna-preta, *Crotalaria breviflora* e sorgo-forrageiro.

É importante o planejamento do uso das áreas com culturas de primavera, a fim de que sejam ocupadas, prioritariamente, aquelas com deficiência de palha sobre o solo e também para que não resulte em atraso na semeadura da cultura de verão.

Consórcio com adubos verdes

O consórcio é plantio da cultura principal (ex.: milho) com objetivo comercial e intercalação simultânea com uma espécie vegetal para adubação verde (ex.: mucuna-preta). Essa técnica visa, sobretudo, favorecer o desenvolvimento do adubo verde, pois quando a cultura principal atingir maturação fisiológica ou for colhida, o adubo verde já estará estabelecido e em pleno desenvolvimento vegetativo sem, no entanto, competir com a cultura principal. Isso possibilita maior rendimento de biomassa no sistema de produção.

Esse sistema tem grande importância para o Cerrado já que, ao semear os adubos verdes depois da colheita das culturas de verão (março/abril), as possibilidades de sucesso são reduzidas, devido ao longo período seco ou à ocorrência de geadas nas latitudes mais ao sul da região.

O maior número de opções de consórcio está relacionado à cultura do milho e citam-se as seguintes: mucuna-preta, guandu, feijão-de-porco, calopogônio, *Crotalaria juncea* e *Crotalaria breviflora*. O consórcio de arroz de sequeiro com calopogônio também é viável. É possível que mais culturas apresentem alternativas de consórcio, entretanto, não foram suficientemente avaliadas ou não se tem conhecimento de seu uso nesse sistema na região.

No Centro de Treinamento da Cotrijuí (atualmente Fundação MS), foi conduzido no período de 1986 a 1990, ensaio do consórcio de leguminosas com o milho, visando obter resultados comparativos e avaliar a potencialidade de uso de leguminosas como alternativa para cobertura de solo e reserva de forragem para outono/inverno. Utilizou-se o preparo convencional do solo com espaçamento de 1,0 m entre linhas e a densidade, de cinco plantas por metro linear (Tabela 13).

Tabela 13. Data da semeadura nos quatro anos de avaliação e estande de plantas de leguminosas, nos ensaios de avaliação de consórcios de leguminosas com milho, Maracaju, MS.

Tratamento	Safra				Estande de plantas Sem. m ⁻¹
	1986/87	1987/88	1988/89	1989/90	
Milho solteiro ¹	15/11	17/11	13/10	04/10	-
Milho + mucuna-preta	27/12	22/12	24/11	10/12	8/10
Milho + feijão-bravo-do-ceará	27/12	22/12	24/11	10/12	8/10
Milho + feijão-de-porco	12/12	07/12	31/10	26/10	8/10
Milho + calopogônio	12/12	07/12	31/10	26/10	40
Milho + guandu	12/12	07/12	31/10	26/10	20

¹ Cultivares de milho: 1986/1987; AG 2001, 1987/1988; C 125, 1988/1989; AG 401, 1989/1990; C 606.

Fonte: Pitol (1993).

Os resultados da produtividade do milho (Tabela 14) demonstram a viabilidade de uso dessa tecnologia com ganhos que, no caso da mucuna-preta, chegaram a 6%, na média dos quatro anos. A produção de fitomassa verde foi avaliada somente nas safras de 1988/1989 e 1989/1990 (Tabela 15). Esses resultados demonstram o potencial de produção de fitomassa das leguminosas, à exceção do calopogônio, apesar da cobertura de solo proporcionada.

Tabela 14. Produtividade de milho e porcentagem em relação à testemunha, obtidas em quatro anos consecutivos e média do ensaio de avaliação de consórcio de leguminosas com milho, conduzido em Maracaju, MS.

Tratamentos	Produtividade de milho						Média			
	1986/1987 kg ha ⁻¹	%	1987/1988 kg ha ⁻¹	%	1988/1989 kg ha ⁻¹	%	1989/1990 kg ha ⁻¹	%		
Milho solteiro	4.807	100	5.204	100	6.700	100	5.815	100	5.632	100
Milho + mucuna-preta	5.377	112	5.530	106	6.531	97	6.362	109	5.950	106
Milho + feijão-bravo-do-ceará	4.937	105	5.094	98	6.710	100	6.003	103	5.686	101
Milho + feijão-de-porco	4.884	102	4.883	94	6.740	101	6.090	105	5.649	100
Milho + calopogônio	4.971	104	5.436	104	7.038	105	6.007	103	5.863	104
Milho + guandu	4.831	101	5.562	107	6.623	99	6.127	105	5.786	103
Média	4.967	-	5.285	-	6.723	-	6.067	-	-	-
CV	7,2	-	7,6	-	5,4	-	6,0	-	-	-

Fonte: Pitol (1993).

No ano agrícola de 1989/1990 (Tabela 15), a semeadura antecipada do milho (4/10/1989) de uma cultivar superprecoce possibilitou o manejo dos adubos verdes em abril (10/4/1990) para execução do plantio direto da cultura de inverno, com contribuição satisfatória das leguminosas em termos de produção de biomassa.

Além de importantes para cobertura de solo no plantio direto, as leguminosas e, principalmente, o guandu podem ser utilizadas para forragem no período de outono/inverno, atuando como condicionadoras de solo.

Os resultados obtidos mostram que há potencial a ser explorado com o uso do consórcio de leguminosas com milho (Tabelas 14 e 15).

Tabela 15. Produção de fitomassa verde das leguminosas nos anos de 1988/1989 e 1989/1990, nos consórcios de leguminosas com milho, Maracaju, MS.

Tratamento	Produção de fitomassa verde (t ha ⁻¹)		
	1988/1989	1989/1990	Média
Milho + mucuna-preta	26,76	20,00	23,38
Milho + feijão-bravo-do-ceará	33,19	19,20	26,19
Milho + feijão-de-porco	24,60	17,46	21,03
Milho + calopogônio	8,47	9,93	9,20
Milho + guandu	20,04	20,00	20,02

Datas de avaliação: safra 1988/1989: 5/7/1989, safra 1989/1990: 10/4/1990.

Fonte: Pitol (1993).

Integração lavoura-pecuária

No plantio direto, a integração lavoura-pecuária tem-se ampliado em áreas de Cerrado do Brasil Central, como uma das principais opções para aproveitamento do seu potencial produtivo. Esse sistema viabiliza economicamente as duas atividades que, de forma isolada, apresentam altos riscos, pouco retorno econômico, problemas fitossanitários e ambientais.

A integração lavoura-pecuária, baseada na rotatividade das atividades realizadas entre 3 e 5 anos, torna viável o sistema plantio direto e a rotação de culturas. Nesse sistema de integração, aumenta-se o uso de forrageiras perenes (pastagens) que, associadas aos adubos verdes tradicionais, contribuirão para o estabelecimento de sistemas agropecuários produtivos e sustentáveis. O uso de adubos verdes deverá ser mais direcionado para seu aproveitamento na pecuária, e a cobertura de solo para plantio direto será conseqüência do manejo dedicado às pastagens.

As vantagens da integração lavoura-pecuária são apresentadas a seguir:

Vantagens da lavoura para a pecuária: retorno do capital investido mais rapidamente; fornecimento de nutrientes oriundos da adubação residual e da fixação de nitrogênio pela soja; oferta de forragem na época crítica (período de seca), tais como: aveia, milheto, sorgo (em pastejo, feno e silagem); milho, sorgo e girassol na forma de silagem; e recuperação da produtividade da pastagem.

Vantagens da pecuária para a lavoura: recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; aumento no teor de matéria orgânica e conseqüente seqüestro de carbono pelo solo; melhoria da agregação do solo, descompactação do solo promovida pelo sistema radicular abundante e agressivo das pastagens; aumento no armazenamento de água no solo; ciclagem de nutrientes; cobertura do solo para plantio direto, diminuindo as perdas por erosão; e rotação de culturas, promovendo maior diversidade de espécies vegetais no agroecossistema.

Vantagens da integração lavoura-pecuária: aumento em produtividade de grãos; aumento em produção de carne; redução de custos de produção e conseqüente aumento da rentabilidade econômica; maior estabilidade econômica e capitalização para o produtor; melhoria na conservação de solo e de água; incremento na fertilidade do solo; geração de empregos diretos, fixando o homem do campo na propriedade rural e indiretos, melhorando a renda dos setores do comércio, da indústria e de serviços; desenvolvimento do setor rural; e qualidade ambiental.

Atualmente, as forrageiras perenes mais indicadas na integração lavoura-pecuária são as braquiárias: *B. decumbens* e *B. brizantha* e os *Panicum maximum*: Tanzânia e Vencedor. Há outras espécies com possibilidades de uso, mas há ainda, necessidade de mais pesquisas para se conhecer melhor as potencialidades e os problemas dessas espécies nesse sistema.

Rotação de culturas

A rotação de culturas, além de manter a produtividade, é essencial para viabilizar o plantio direto, criando condições para o uso de adubos verdes que contribuirão para a sustentabilidade dos sistemas de produção.

A rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais no decorrer do tempo em uma mesma área. As espécies devem ter propósitos comerciais, de cobertura e de recuperação do solo. Na integração lavoura-pecuária, os propósitos comerciais podem estar relacionados à produção de grãos ou à produção de forragem, o que viabiliza maior número de opções para compor sistemas de produção.

Quando bem planejada, com o passar dos anos, a rotação de culturas preserva ou melhora as propriedades físico-hídricas, químicas e biológicas do solo; contribui para o controle e para a redução de ocorrência de plantas daninhas, doenças e pragas; repõe e aumenta a matéria orgânica do solo, protegendo-o dos fatores climáticos adversos; e contribui para viabilizar o plantio direto e para a diversidade biológica dos sistemas de produção.

O sucesso na rotação de culturas depende do planejamento das espécies e de cultivares a utilizar, devendo-se compatibilizar a produção de grãos, de fitomassa e o tempo de cobertura do solo.

As seqüências de cultivos (Tabela 16), adaptadas para as condições da região Centro-Sul do Mato Grosso do Sul, podem orientar os produtores sobre a sucessão de culturas comerciais e adubos verdes a ser seguida num sistema de rotação.

Tabela 16. Seqüência de culturas recomendadas em relação à cultura principal para compor sistemas de rotação de culturas na região Centro Sul do Estado de Mato Grosso do Sul, Maracaju, MS.

Cultura antecessora	Cultura principal		Cultura sucessora
	Recomendada	Não recomendada	
Não recomendada			
Nabo-forrageiro, guandu, ervilhaca, feijão, tremoço, mucuna, girassol e labe-labe	Milho, sorgo, milheto, arroz, trigo, aveia, consórcio de milho + mucuna e milho com guandu	Soja	Milho, sorgo, milheto, girassol, nabo-forrageiro arroz, ervilhaca, aveia e trigo
Sorgo, arroz, milheto, trigo	Soja, guandu, mucuna, girassol, crotalária, labelabe, nabo-forrageiro, ervilhaca, aveia, consórcio de milho + mucuna e milho + guandu	Milho	Aveia, nabo-forrageiro, trigo, girassol, milheto, soja, feijão, sorgo e arroz
		Algodão	Aveia, nabo-forrageiro, trigo, soja, milho, sorgo, milheto e arroz
	Nabo-forrageiro, girassol, feijão, tremoço, guandu e ervilhacá-peluda		Girassol, feijão, ervilhaca e tremoço

Continua...

Tabela 16. Continuação.

	Cultura antecessora		Cultura principal	Cultura sucessora
	Não recomendada	Recomendada		
Nabo-forrageiro, guandu, ervilhaca- peluda, labe-labe, feijão, tremoço e mucuna	Milho, soja, sorgo, arroz, milheto, aveia e trigo	Girassol	Milho, sorgo, arroz, aveia, milheto, nabo- forrageiro e trigo	Soja, algodão e feijão
Guandu, tremoço, soja, nabo-forrageiro, girassol, ervilhaca e labe-labe	Milho, sorgo, arroz, milheto, aveia e mucuna	Feijão	Milho, sorgo, arroz, trigo, milheto e aveia	Soja, nabo-forrageiro e girassol
Milheto e arroz	Milho, soja, guandu, aveia, trigo, crotalária, labe-labe, nabo- forrageiro, ervilhaca e mucuna	Sorgo	Girassol, feijão, aveia, nabo-forrageiro, tremoço, ervilhaca, guandu, soja, mucuna e labe-labe	Milho, milheto, arroz e trigo

Continua...

Tabela 16. Continuação.

Cultura antecessora	Cultura principal		Cultura sucessora
	Recomendada	Não recomendada	
		Arroz sequeiro	
Trigo, sorgo e milheto	Nabo-forrageiro, ervilhaca, aveia, tremoço, girassol, guandu, soja, milho, crotalária, mucuna, feijão e labé-labe	Girassol, feijão, tremoço, aveia, nabo-forrageiro, ervilhaca, guandu, soja, mucuna e labé-labe	Trigo, milho, sorgo e milheto
		Trigo	
Arroz, sorgo, milheto e aveia-preta para semente	Milho, algodão, girassol, mucuna, feijão, soja, guandu, crotalária e labé-labe	Mucuna, girassol, feijão, algodão, sorgo, milheto, guandu, soja, labé-labe e crotalária	Milho e arroz
		Aveia	
Nenhuma	Todas podem ser recomendadas	Todas podem ser recomendadas	Trigo após aveia-preta para semente

Fonte: Broch et al. (1997).

Manejo de adubos verdes

O tipo de manejo de adubos verdes deverá estar relacionado às espécies vegetais, estágio de desenvolvimento da cultura, equipamentos disponíveis na propriedade e finalidade do cultivo. Na agricultura, os adubos verdes são manejados para formar a cobertura do solo para plantio direto ou incorporados no solo no preparo convencional. Todavia, na integração lavoura-pecuária, essas culturas podem ser destinadas parcial ou totalmente para forragem, recebendo, portanto, outros tipos de manejo.

As opções de manejo podem ser assim resumidas:

Preparo convencional	→ Manejo mecânico	→ Grade niveladora Grade aradora Roçadora Picador-triturador de resíduos	+	Incorporação com grade pesada ou arado
	→ Manejo mecânico	→ Grade niveladora Roçadora Picador-triturador de resíduos Rolo-faca		
Plantio direto	→ Manejo químico	→ Herbicida sistêmico Herbicida de contato	+	Manejo químico complementar
	→ Uso animal	→ Pastejo Fenação Silagem Colheita de grãos	+	Manejo químico complementar
Integração lavoura-pecuária	→ Manejo químico	→ Herbicida sistêmico Herbicida de contato		

Fonte: Fundação MS, dados não publicados.

Nos sistemas de produção em que o preparo convencional do solo é utilizado, o manejo mecânico tem a função de eliminar superficialmente as plantas ou acondicionar a fitomassa para posterior incorporação com grade pesada ou com arado.

Algumas espécies de adubos verdes e os tipos de manejo mecânico mais indicado.

Espécie	Manejo ⁽¹⁾
Aveia	Grade aradora
Nabo-forrageiro	Grade niveladora / roçadeira / picador-triturador de resíduos
Tremoço	Roçadeira / Picador-triturador de resíduos
Ervilhaca-peluda	Grade niveladora fechada
Mucuna-preta	Grade niveladora fechada + grade niveladora (fitomassa seca)
Milheto	Grade aradora
Girassol	Roçadeira / picador-triturador de resíduos
Guandu	Roçadeira / picador-triturador de resíduos
Crotalária	Roçadeira / picador-triturador de resíduos

⁽¹⁾ A incorporação deve ser realizada a partir de uma semana do manejo mecânico.

Fonte: Salton et al. (1995).

No sistema plantio direto, normalmente, o produtor se defronta com maior número de situações que exigem conhecimento aprofundado do manejo de adubos verdes. Em plantio direto, essa operação tem como objetivo controlar com eficiência as espécies de adubos verdes e de plantas invasoras e formar uma cobertura que proteja o solo o maior tempo possível.

O manejo mecânico de adubos verdes, na maioria das situações, exige manejo químico complementar. Por essa razão, a opção de se utilizar somente manejo químico tem sido a mais indicada, devido à economia de tempo, de dinheiro e a sua eficiência. Em alguns casos, por causa da elevada altura atingida pelas plantas de adubos verdes, é necessário efetuar primeiro o manejo mecânico.

Plantas de cobertura e o manejo mais indicado no plantio direto.

Espécie	Manejo
Aveia	Rolo-faca + manejo químico complementar / herbicida sistêmico
Nabo-forrageiro	Grade niveladora / picador-triturador de resíduos / rolo-faca + manejo químico complementar / herbicida sistêmico
Tremoço	Rolo-faca + manejo químico complementar
Ervilhaca-peluda	Herbicida sistêmico / de contato
Mucuna-preta	Grade niveladora + rolo-faca / herbicida sistêmico
Milheto	Rolo-faca + manejo químico complementar / herbicida sistêmico
Girassol	Rolo-faca / picador-triturador de resíduos
Guandu	Rolo-faca / picador-triturador de resíduos + manejo químico complementar
Crotalárias	Rolo-faca / picador-triturador de resíduos + manejo químico complementar

Fonte: Salton et al. (1995).

O manejo químico complementar deve ser efetuado quando as plantas invasoras a serem controladas desenvolverem área foliar suficiente para absorção de herbicidas, com água disponível no solo e antes que algumas espécies com dormência de sementes (por exemplo: mucunas e feijão-bravo-do-ceará) atinjam essa fase de formação de sementes.

Integração lavoura-pecuária

Na integração lavoura-pecuária, o manejo é mais complexo, pois envolve o aproveitamento total ou parcial das forrageiras anuais pela pecuária e o manejo das forrageiras perenes para formar cobertura de solo no sistema plantio direto.

A integração lavoura-pecuária traz como novidade o estabelecimento do plantio direto sobre pastagem dessecada na passagem da atividade pecuária para lavoura. O pastejo rotativo torna-se fundamental, pois, além de melhorar o aproveitamento da pastagem, aumenta e uniformiza a cobertura do solo. No entanto, com o pastejo das forrageiras anuais, o manejo para plantio direto é

alterado, uma vez que o sistema terá à disposição menor quantidade de biomassa, e o manejo mecânico é dispensado. Por sua vez, o manejo da pastagem permanece para introdução do plantio direto envolve, quando necessário, uma roçada para eliminar touceiras durante o inverno. Na primavera, o gado é retirado para permitir o rebrotamento da pastagem visando ao manejo com herbicida que é realizado normalmente em torno de 20 dias antes da semeadura da cultura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para se estabelecer um agroecossistema sustentável, devem-se considerar, além da produção de fitomassa, a decomponibilidade (C/N, C/P, lignina, polifenóis, C/N, lignina/N, lignina + polifenóis/N) e a capacidade de reciclar nutrientes das espécies vegetais a serem usadas em associação (rotação, sucessão, consórcio ou em sistemas agroflorestais) com as culturas.

A incorporação das plantas condicionadoras no solo promove a ciclagem mais rápida de nutrientes, favorecendo seu uso pela cultura em seqüência, principalmente, daqueles elementos com potencial de lixiviação como o nitrogênio e os cátions trocáveis ou dos que podem ser retidos com relativa facilidade, como o fósforo em solos intemperizados com elevada capacidade de sorção. No entanto, essa utilização eficiente dos nutrientes liberados no processo de decomposição depende do sistema de cultivos (rotação, sucessão ou consórcio) e da sincronia entre a cultura principal e os adubos verdes.

No caso da manutenção dos resíduos em superfície, como no plantio direto, os benefícios sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo ocorrem num período mais longo, principalmente no Cerrado, cujo clima favorece a decomposição dos resíduos vegetais e dificulta o estabelecimento de uma cobertura eficiente do solo. Todavia, a melhoria e/ou a manutenção da agregação do solo, a proteção contra a erosão (hídrica e eólica), contra as amplitudes térmicas e a radiação solar intensa já ocorrem num prazo relativamente mais curto. O estoque de carbono também é favorecido pelo não-revolvimento do solo, consequentemente, a mitigação de CO₂.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M.; DUARTE, J. B.; FANCELLI, A. L. Efeito de épocas de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos Cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, 1996.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.
- BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. **Integração agricultura-pecuária:** plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária. Maracajú: Fundação MS, 1997. 24 p.
- BURLE, M. L.; SUHET, A. R.; PEREIRA, J.; RESCK, D. V. S.; PERES, J. R. R.; CRAVO, M. S.; BOWEN, W.; BOULDIN, D. R.; LATHWELL, D. J. **Legume green manures:** dry-season survival and the effect on succeeding maize crops. Raleigh: Tim McBride, 1992. 35 p. (Bulletin, 92-04).
- CARVALHO, A. M. de; BURLE, M. L.; PEREIRA, J.; SILVA, M. A. **Manejo de adubos verdes no cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 28 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 4).
- CARVALHO, A. M. de; CORREIA, J. R.; BLANCANEUX, P.; FREITAS, L. R. S.; MENEZES, H. A.; PEREIRA, J.; AMABILE, R. F. Caracterização de espécies de adubos verdes para milho em Latossolo Vermelho-Escuro originalmente sob Cerrado. In: SIMPOSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos cerrados:** anais / **Biodiversity and sustainable production of food and fibers in the tropical savannas:** proceedings. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1996a. p. 384-388.
- CARVALHO, A. M. de; SANTOS, R. A.; CORREIA, J. R.; VIVALDI, L. J. Eficiência de cobertura de espécies vegetais utilizadas como adubos verdes em região dos cerrados. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996b. **Resumos...** Piracicaba: ESALQ, 1996b. 1 CD-ROM.
- CARVALHO, A. M. de. **Uso de plantas condicionadoras com incorporação e sem incorporação no solo:** composição química e decomposição dos resíduos vegetais; disponibilidade de fósforo e emissão de gases. 2005. 167 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- FUNDAGÃO MS PARA PESQUISA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA. **Safrinha do milho.** Maracajú, 1994. 45 p.
- HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SALTON, J. C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul.** Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 93 p. (Embrapa-CPAO. Documentos, 4).

KAGE, H. Prática de adubação verde na Alta Mogiana, em São Paulo e Minas Gerais. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984. p. 129-132.

LANDERS, J. N. A safrinha. In: LANDERS, J. N. (Ed.). **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: Associação de Plantio Direto no Cerrado, [1994]. cap. 4, p. 53-88.

MATSUMOTO, K. **Adubação verde**: solução para o Cerrado. Uberlândia: Sementes Agromen, 1986. 14 p.

PEREIRA, J. **Avaliação de características agronômicas de leguminosas adubos verdes no Cerrado**: projeto de pesquisa. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1988. 12 p.

PEREIRA, J. Efeito de adubo verde, restos culturais e associação de cultivos em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) de cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**, Planaltina, DF, p. 191-194, 1987.

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1992, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-154.

PITOL, C. **Espécies vegetais para safrinha e inverno visando cobertura do solo**. Maracajú: Fundação MS, 1993. 6 p. (Fundação MS. Informativo Técnico, 2).

PITOL, C. O milheto em sistema de plantio direto. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina, DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. p. 69-73.

SALTON, J. C.; PITOL, C.; ERBES, E. J. **Cultivo de primavera**: alternativa para produção de palha em Mato Grosso do Sul. Maracaju: Fundação MS, 1993. 6 p. (Fundação MS. Informativo Técnico, 1).

SALTON, J. C.; PITOL, C.; SIEDE, P. K.; HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C. **Nabo forrageiro**: sistemas de manejo. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 23 p. (Embrapa-CPAO. Documentos, 7).

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEAUX, P.; LIMA, J.; CARVALHO, A. M. Rotação adubo verde - milho e adsorsão de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 649-654, 1997.

SUHET, A. R.; BURLE, M. L.; PERES, J. R. R. Associação de adubos verdes com culturas comerciais nos cerrados. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1987-1990**, Planaltina, DF, p. 111-115, 1994.

SUHET, A. R.; RITCHHEY, K. D. Níveis, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados 1982-1985**, Planaltina, DF, p. 107-109, 1987.

Viabilidade econômica do uso de plantas condicionadoras de solo em agroecossistema de sequeiro

Jozeneida Lúcia Pimenta de Aguiar

Arminda Moreira de Carvalho

Alexandre Nunes Cardoso

Antônio Carlos Gomes

INTRODUÇÃO

Ademandada crescente por alimentos, no último século, provocou pressão sobre a base produtiva que levou à escassez das terras de maior fertilidade havendo necessidade de incorporar ao processo de produção, solos de menor fertilidade, como os existentes no Cerrado, que abrange área de 207 milhões de hectares. Nesse bioma, existem limitações para a exploração de culturas comerciais devido à baixa fertilidade dos solos, associada à ocorrência de um clima bimodal, com cerca de seis meses de estresse hídrico e, também com ocorrência de veranicos¹ no período chuvoso. Portanto, para viabilizar a exploração dessas culturas, tornou-se necessário o estabelecimento de um modelo de desenvolvimento agrícola baseado no uso de máquinas, implementos e insumos modernos, resultando no inadequado manejo do solo, consequentemente, com decréscimos no teor de matéria orgânica e na qualidade biológica do solo, destruição dos agregados, compactação e erosão. Atualmente, estima-se que, nessa região, 44 milhões de hectares estejam ocupados por culturas temporárias e perenes, além de pastagens cultivadas. Essa opção tecnológica tem levado à redução da capacidade produtiva do solo chegando, em alguns casos, ao completo

¹ Interrupção das chuvas por um período de 10 a 15 dias. Esse é um fenômeno climático muito frequente no Cerrado e ocorre geralmente nos meses de janeiro e fevereiro, sendo responsável por uma queda considerável nas safras agrícolas (EMBRAPA, 1990).

abandono de áreas em estádio avançado de degradação (EMBRAPA CERRADOS, 1999).

O uso de plantas condicionadoras de solo é uma prática altamente promissora, tanto no aspecto técnico quanto no econômico. Com esse procedimento, minimizam-se os impactos negativos sobre a matéria orgânica e a atividade biológica causada pelas altas temperaturas, precipitações pluviométricas e pelo preparo intensivo dos solos, promovendo níveis satisfatórios de sustentabilidade ecológica, econômica e social. A melhoria da qualidade do solo para fins agrícolas por meio da adubação verde foi praticada pelos romanos e chineses há mais de dois mil anos, com a finalidade de favorecer cultivos subsequentes (TANAKA, 1981; DERPESCH, 1985; CALEGARI et al., 1993).

O plantio direto, sistema de manejo de solo estabelecido no sul do Brasil, no final da década de 1960, com a disponibilidade dos primeiros herbicidas dessecantes, beneficiou-se bastante dos resultados das pesquisas sobre adubação verde. No início da década de 1980, essa prática começou a ser adotada pelos produtores do Bioma Cerrado (SATURNINO, 2001). A área total cultivada em plantio direto, safra 2000/2001, foi de 17,4 milhões de hectares, sendo 28%, localizadas nesse bioma (PEQUENAS..., 2002).

Apesar de a adubação verde ser utilizada há milênios, um dos fatores limitantes a sua adoção é a falta de conhecimentos, por parte dos produtores, da viabilidade econômica e dos benefícios técnico, ambiental e financeiro que essa técnica pode trazer não só para a propriedade como também para a melhoria da qualidade de vida dessas populações rurais.

Com o objetivo de fornecer subsídios aos produtores da região sobre a viabilidade econômica do uso de espécies vegetais condicionadoras de solo (adubos verdes e plantas de cobertura), apresentou-se, neste capítulo, um estudo de caso com base numa sucessão milho e plantas condicionadoras de solo em pré-plantio, em sistema com incorporação, e em plantio direto. As plantas condicionadoras de solo em estudo foram: crotalaria juncea (*Crotalaria*

juncea), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), feijão-guandu cv. kaki (*Cajanus cajan*), mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*), girassol (*Helianthus annuus*) e milheto (*Pennisetum americanum*). A vegetação espontânea representou o tratamento testemunha.

ESTUDO DE CASO – MILHO E PLANTAS CONDICIONADORAS

Comportamento dos preços recebidos pelos produtores de milho

Os preços pagos aos produtores por sacas de milho de 60 kg (médias mensais, anuais e histórica), no Brasil, no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2002, estão discriminados na Figura 1.

O preço histórico do período ficou em torno de R\$ 12,23/saca de 60 kg. Analisando a tendência dos preços, verificou-se a existência de quatro períodos distintos: (a) o primeiro de 2 de janeiro de 1998 a 14 de outubro de 1999, no qual todos os preços situaram-se abaixo do preço histórico (em média 26,4%). O mínimo absoluto ocorreu no dia 18 de agosto de 1998, quando a saca de 60 kg foi cotada a R\$ 8,12 (33,6%, abaixo do preço histórico). O preço máximo ocorreu em 14 de outubro de 1999, com o preço de R\$ 12,08 por saca de 60 kg; (b) o segundo período, de 15 de outubro de 1999 a 28 de novembro de 2000, quando os preços ficaram, em média, 13,9% acima do histórico. O maior valor recebido pelos produtores foi o de R\$ 15,68 por saca de 60 kg, tendo ocorrido aumento no preço nos dias 18 e 20 de janeiro de 2000, de 28,3% superior à média histórica; (c) o terceiro situou-se entre 29 de novembro de 2000 a 3 de setembro de 2001, registrando queda no preço em relação à média histórica do período de 18,1%. A menor cotação ocorreu em 16 de fevereiro de 2001, sendo 30,7% inferior à média histórica e a maior em 30 de agosto de 2001, 0,3% inferior; (d) o quarto e último período iniciou em 4 de outubro de 2001 e foi até 27 de dezembro de 2002, quando os preços se mantiveram acima da média histórica em 34,2%, com ocorrência de um vale, no dia 8 de outubro de 2001.

em que a saca custava R\$ 12,23 e um pico em 29 de novembro de 2002 quando o preço da saca atingiu R\$ 30,07 (146,0%) acima do preço histórico.

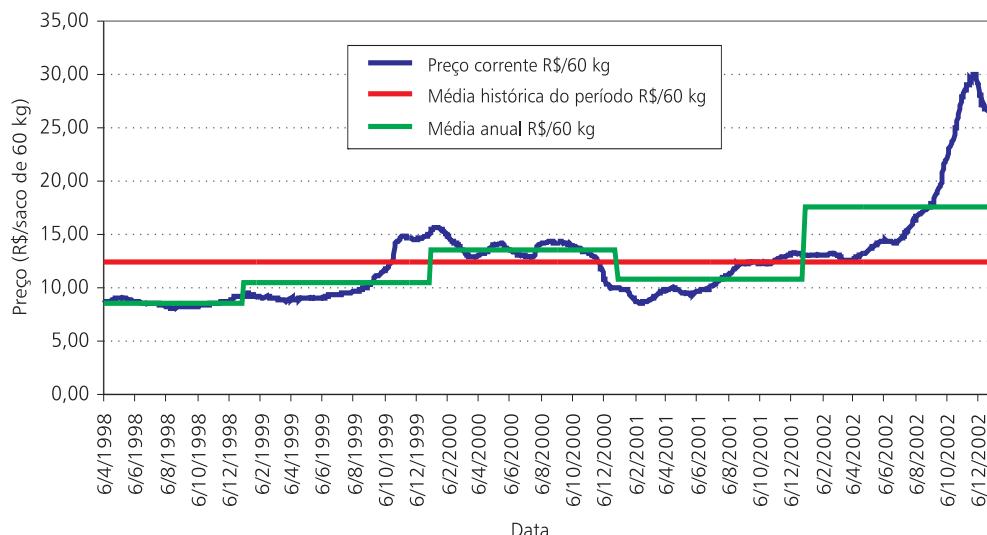


Figura 1. Médias mensais, anuais e históricas do preço recebido pelos produtores de milho no Brasil, no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2002.

Fonte: FGV (2003).

O preço do milho ainda depende, em grande parte, da demanda do mercado interno. Esse mercado está altamente correlacionado com o da carne, principalmente, de aves e de suínos. Outro fator que vem influenciando a alta dos preços do milho, desde 2001, é o fato de o Brasil ter passado a integrar, de forma constante, o mercado externo como mais um país exportador desse cereal. Isso se deve à política de exportação e ao fato de o Brasil ser um ofertante de milho não transgênico.

Produtividade do milho

As diferenças ocorridas na produtividade do milho nos dois tipos de manejo (com incorporação e plantio direto), ao longo do período, foram

estatisticamente significativas a 5% de probabilidade (Tabela 1). A quebra na produção não foi devida ao efeito climático (Figura 2), pois o índice que expressa a necessidade de água da planta (ISNA)² indicou que a cultura do milho não sofreu, em nenhum momento ao longo de seu ciclo, estresse hídrico. As variações no nível de produtividade foram ocasionadas por uma forte incidência de ataque da lagarta-do-cartucho que, para controle, houve necessidade de, na safra de 1998/1999, fazer sete aplicações de inseticidas³; na safra 1999/2000, cinco⁴; nas safras 2000/2001 e 2001/2002, quatro⁵ aplicações em cada uma.

Tabela 1. Produtividade média do milho em função do ano de safra.

Nº de ordem	Ano agrícola	Safra	Nº Repe- tições	Médias	Nível de significância	
					5%	1%
1	Ano 1	1997/1998	48	8.117	a	A
2	Ano 4	2000/2001	48	8.062	a	A
3	Ano 5	2001/2002	48	7.123	b	A
4	Ano 2	1998/1999	48	7.075	b	A
5	Ano 3	1999/2000	48	7.042	b	A

Nota: Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado d.m.s. 5% = 869; d.m.s. 1% = 1147.

² ISNA é igual a evapotranspiração real dividida pela evapotranspiração máxima.

³ Foram feitas no mês de novembro de 1998 três aplicações: a primeira no dia 24, utilizando um litro de Losban/ha; a segunda no dia 25, com um litro de Azodrin/ha; e a terceira no dia 27, utilizando novamente um litro de Losban/ha. No mês de dezembro do mesmo ano, foram feitas mais três aplicações: dia 9, com um litro de Losban/ha; dia 29, com um litro de Azodrin/ha; e dia 30, com 1,5 litro de Lanate/ha. No dia 5 de janeiro de 1999, foi feita a última aplicação, dessa vez, utilizando 300 mL/ha de Match que é um inseticida biológico.

⁴ Sendo duas no mês de novembro de 1999: a primeira no dia 19 e a segunda no dia 24, ambas utilizando um litro de Match/ha. Três aplicações no mês de dezembro do mesmo ano: a primeira dia 14 e a segunda dia 16, a dosagem foi de 1,5 litro de Losban/ha; a terceira foi no dia 21, utilizando um litro de Match/ha.

⁵ A dosagem utilizada em cada aplicação foi de 0,5 litro de Match/ha. Na safra 2000/2001, foi feita uma aplicação dia 24 de novembro e três em dezembro, nos dias 18, 21 e 23. Na safra 2001/2002, três aplicações em novembro nos dias 8, 21 e 28 e uma no dia 5 de dezembro.

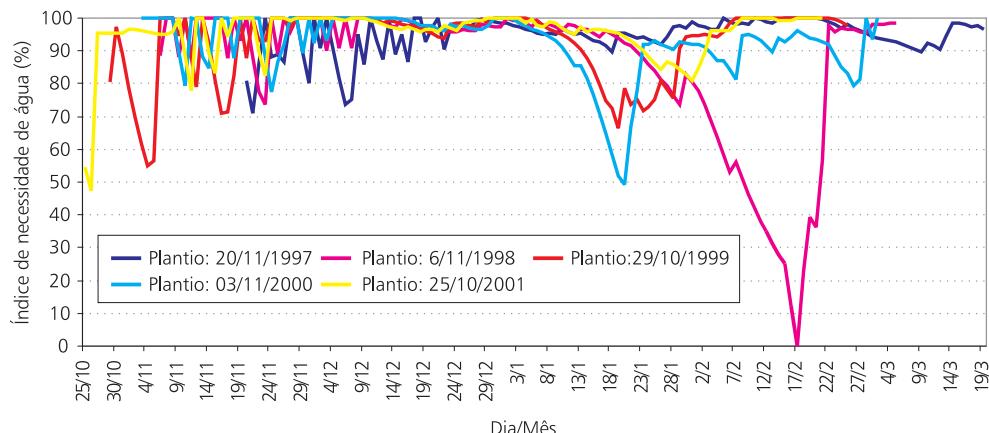


Figura 2. Evolução do ISNA (ET_r/ET_m) do milho em diferentes épocas de semeadura.

Fonte: Laboratório de Biofísica Ambiental da Embrapa Cerrados.

Sistema de plantio com incorporação dos resíduos vegetais (preparo convencional do solo)

No manejo com incorporação, a adubação verde consistiu de plantas condicionadoras de solo (crotalária, feijão-bravo-do-ceará, feijão-guandu, mucuna-cinza, girassol e milheto), e da vegetação espontânea, em sucessão à cultura do milho, que deve ter promovido melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, tanto em superfície quanto em profundidade.

Espera-se que os efeitos positivos na qualidade do solo redundem em aumento de produtividade da cultura subsequente que pode ou não ser traduzido em resultados econômicos para o agronegócio.

Ao analisar o efeito temporal das plantas condicionadoras de solo sobre o rendimento do milho (Tabela 2), com incorporação de resíduos vegetais em pré-plantio, observa-se que, na safra 1998/1999, ocorreu quebra na produção, em média, 10,7% em relação à safra anterior (1997/1998). A intensidade da quebra foi maior para a produção de milho obtida em sucessão à vegetação espontânea, à mucuna-cinza, à crotalária e ao feijão-bravo-do-ceará. Na safra subsequente

(1999/2000), houve quebra de produção em relação ao ano anterior para o milho cultivado em sucessão à crotalária, ao feijão-bravo-do-ceará, ao girassol e ao feijão-guandu, enquanto o milho, cultivado em sucessão à mucuna-cinza, ao milheto, ao nabo-forrageiro e à vegetação espontânea teve incremento positivo de produtividade. Por sua vez, na safra 2000/2001, a produção de milho foi superior à da safra do ano anterior, em média 11,1%, mas, na safra 2001/2002, apenas o milho cultivado em sucessão à crotalária e ao girassol tiveram novamente incremento positivo em produtividade, ao passo que nas demais houve quebra em seus níveis de produção.

Na Figura 3, também se observa a evolução da produtividade do milho ao longo dos cinco anos com incorporação das espécies de adubos verdes em pré-plantio do milho.

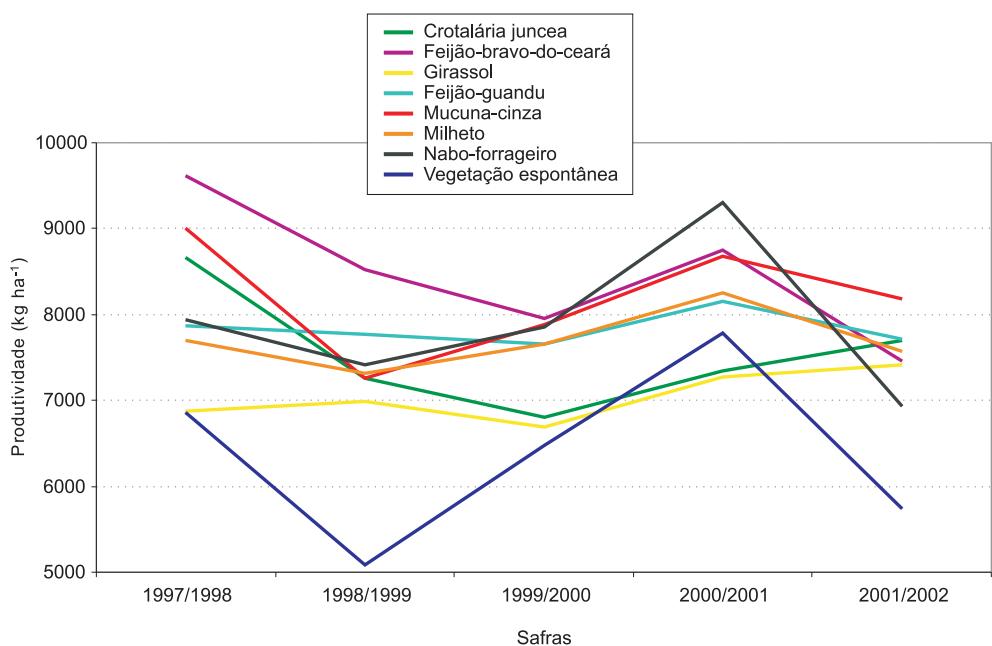


Figura 3. Evolução da produtividade do milho cultivado em sucessão às plantas condicionadoras de solo com incorporação em pré-plantio, safra 1997/1998 a 2001/2002.

Tabela 2. Produtividade média e variação anual do milho cultivado em sucessão às plantas condicionadoras de solo, em sistema com incorporação dos resíduos vegetais em pré-plantio, safra 1997/1998 a 2001/2002.

Espécies vegetais	Médias de produtividade (kg ha ⁻¹)						Variação anual (%)
	1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	Média	
Feijão-bravo-do-ceará	9623	8519	7948	8749	7457	8459	-11,47
Mucuna-cinza	9001	7259	7889	8684	8176	8202	-19,35
Nabo-forrageiro	7936	7415	7850	9298	6930	7886	-6,57
Feijão-guandu	7871	7776	7649	8147	7717	7832	-1,21
Milheto	7703	7316	7650	8254	7577	7700	-5,02
Crotalária juncea	86668	7264	6805	7338	7697	7554	-16,20
Girassol	68688	6983	6685	7271	7410	7043	1,67
Vegetação espontânea	6860	5081	6479	7784	5741	6389	-25,94
							27,53
							20,13
							-26,24

Os melhores desempenhos de produtividade (Tabelas 2 e 3), ao longo do período, foram obtidos com o cultivo do milho em sucessão ao feijão-bravo-do-ceará que produziu em torno de 8459 kg ha^{-1} , com incremento médio de 32,40% em relação ao milho cultivado em sucessão à vegetação espontânea e no cultivo do milho em sucessão à mucuna-cinza que produziu, aproximadamente, 8202 kg ha^{-1} , com ganho de 28,38%.

Plantio Direto

O plantio direto é um tipo de manejo do solo que implica seqüência e rotação de espécies vegetais para ciclagem de nutrientes e formação de palhada (cobertura de solo) em áreas onde não são efetuadas práticas de revolvimento como aração e gradagem. A semeadura da cultura é realizada sobre os resíduos acumulados na superfície do solo.

No sistema plantio direto, o milho foi semeado diretamente sobre os resíduos vegetais acumulados e em sucessão às plantas condicionadoras do solo (crotalária, feijão-bravo-do-ceará, feijão-guandu, mucuna-cinza, girassol, milheto) e vegetação espontânea como testemunha.

Ao analisar os efeitos das plantas condicionadoras de solo sobre o rendimento do milho (Tabela 4), verificou-se que, na safra 1998/1999, ocorreu quebra de produção de 17,5%, em média, em relação à safra anterior, com maior intensidade nas sucessões milho/crotalária e milho/nabo-forrageiro. Na safra subsequente (1999/2000) ainda houve quebra de produção em relação ao ano anterior de 3,6%, em média, com maior peso nas sucessões milho/feijão-bravo-do-ceará e milho/mucuna-cinza. Já na safra 2000/2001, houve incremento positivo na produtividade de milho, em média 18,4% em relação à safra anterior, ao passo que em 2001/2002 houve nova frustração de safra, em média, 12,9% menor do que a anterior.

Tabela 3. Variações de produtividade em relação ao primeiro ano de cultivo e à vegetação espontânea, do milho cultivado em sucessão às plantas condicionadoras de solo, em sistema de manejo com incorporação dos resíduos vegetais em pré-plantio, safra 1997/1998 a 2001/2002.

Espécies vegetais	Comparação em relação ao primeiro ano de cultivo				Comparação com a vegetação espontânea				Média
	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	
Feijão-bravo-do-ceará	-11,47	-17,40	-9,08	-22,51	40,28	67,68	22,67	12,40	29,88
Mucuna-cinza	-19,35	-12,35	-3,52	-9,17	31,21	42,88	21,76	11,57	42,41
Nabo-forrageiro	-6,57	-1,08	17,16	-12,67	15,69	45,94	21,16	19,46	20,72
Feijão-guandu	-1,21	-2,82	3,51	-1,95	14,74	53,05	18,06	4,67	34,42
Milheto	-5,02	-0,68	7,15	-1,63	12,29	44,00	18,07	6,04	31,98
Crotalária juncea	-16,20	-21,49	-15,35	-11,20	26,36	42,97	5,03	-5,73	34,07
Girassol	1,67	-2,67	5,86	7,90	0,12	37,44	3,17	-6,59	29,08
Vegetação espontânea	-25,94	-5,55	13,47	-16,31	0,00	0,00	0,00	0,00	10,24
									0,00

Tabela 4. Produtividade média e variações anuais do milho cultivado em sucessão às plantas condicionadoras de solo, em plantio direto, safras 1997/1998, 2001/2002.

Espécies vegetais	Médias de produtividade (kg ha ⁻¹)						Variação anual (%)
	1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	Média	
Feijão-bravo-do-ceará	9198	8089	7237	8417	7323	8053	-12,06
Mucuna-cinza	9445	7613	7002	7812	8044	7983	-19,39
Feijão-guandu	8272	6929	6869	7964	7130	7433	-16,23
Crotalária juncea	8936	6529	6470	7851	7351	7428	-26,93
Milheto	8362	6940	6858	7882	6560	7320	-17,00
Girassol	7596	6720	6421	7978	7148	7173	-11,53
Nabo-forrageiro	7917	6254	6627	8030	6050	6975	-21,01
Vegetação espontânea	7672	6514	6124	7539	5657	6701	-15,10

Observou-se, nesse sistema, que houve declínio da produtividade (Tabela 5), nas safras 1998/1999 e em 1999/2000, em todas as áreas onde o milho foi semeado diretamente sobre os resíduos vegetais, em consequência da infestação de lagarta-do-cartucho. Na quarta safra (2000/2001), houve pequena recuperação nos níveis de produtividade ocasionada pelo controle da infestação, voltando a declinar na safra seguinte (2001/2002) (Figura 4).

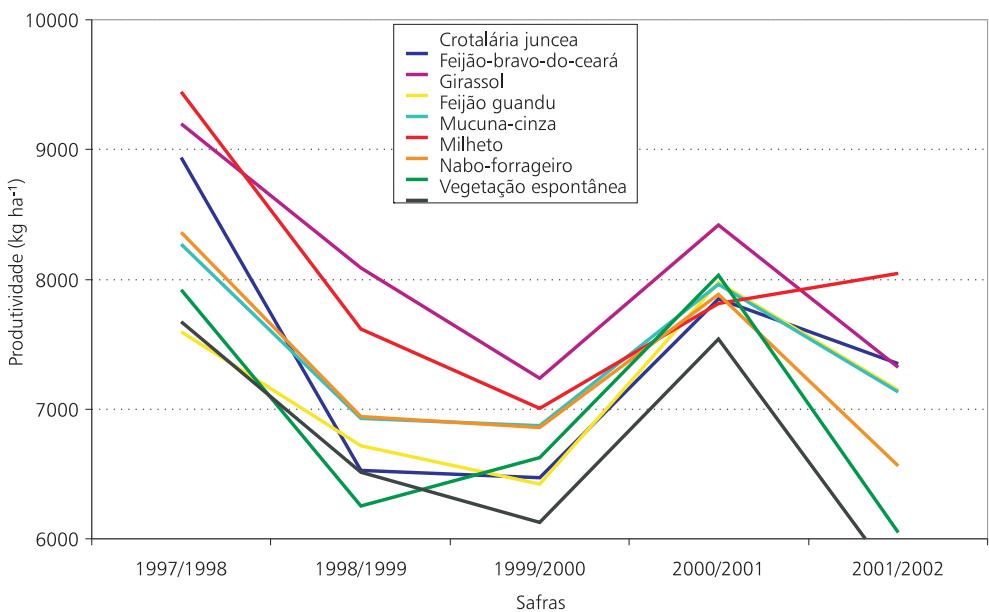


Figura 4. Evolução da produtividade do milho semeado diretamente sobre os resíduos vegetais em sucessão às plantas condicionadoras do solo, safras 1997/1998 a 2001/2002.

Não obstante as oscilações nos níveis de produtividade ao longo dos anos, os melhores desempenhos produtivos (Tabela 4) foram obtidos nas áreas em que o milho foi semeado em sucessão ao feijão-bravo-do-ceará, em plantio direto, com produtividade média, no período, de 8053 kg ha^{-1} , com ganho médio de 20,17% em relação ao milho cultivado depois da vegetação espontânea. Em seguida, o milho semeado em sucessão à mucuna-cinza, em plantio direto, com produtividade média de 7983 kg ha^{-1} , representou ganho de produtividade da ordem de 19,13% em relação ao milho cultivado em sucessão à vegetação espontânea.

Tabela 5. Variações da produtividade do milho cultivado sobre a palhada das plantas condicionadoras de solo, safras 1997/1998 a 2001/2002, em relação ao primeiro ano de cultivo e à testemunha.

Espécies vegetais	Comparação em relação ao primeiro ano de cultivo				Comparação com a testemunha				
	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000	2001/ 2002	Média
Feijão-bravo-do-ceará	-12,06	-21,32	-8,49	-20,38	19,89	24,18	18,17	11,64	29,46
Mucuna-cinza	-19,39	-25,86	-17,29	-14,84	23,11	16,88	14,35	3,62	42,19
Feijão-guandu	-16,23	-16,96	-3,72	-13,81	7,82	6,38	12,17	5,64	26,03
Crotalária juncea	-26,93	-27,60	-12,14	-17,73	16,48	0,24	5,65	4,14	29,95
Milheto	-17,00	-17,99	-5,74	-21,55	8,99	6,55	11,99	4,55	15,96
Girassol	-11,53	-15,46	5,03	-5,89	-0,99	3,17	4,86	5,82	26,37
Nabo-forrageiro	-21,01	-16,29	1,42	-23,59	3,19	-3,99	8,22	6,51	6,95
Vegetação espontânea	-15,10	-20,18	-1,73	-26,27	0,00	0,00	0,00	0,00	4,09
									0,00

Nos dois tipos de manejo - incorporado e plantio direto - as áreas com feijão-bravo-do-ceará e mucuna-cinza destacaram-se em eficiência produtiva, proporcionando à cultura do milho maiores ganhos na produtividade.

Análise econômica de cultivos de milho em sucessão às plantas condicionadoras de solo

A avaliação da viabilidade econômica do uso das plantas condicionadoras foi realizada mediante análise *ex-post* com a qual se pôde construir o fluxo de caixa para o horizonte de cinco anos, safras 1997/1998 a 2001/2002, baseado no processamento de dados reais de quantidade e preços vigentes no Distrito Federal. Esse tipo de análise é importante uma vez que com ela é possível definir projetos que exijam cálculos *ex-ante*, o que permite projetar o futuro com base em dados médios do passado (MATTOSO et al., 2001).

Elaboraram-se matrizes de coeficiente técnico com as informações do acompanhamento da produção de milho cultivado em sucessão às plantas condicionadoras de solo (crotalária juncea, feijão-bravo-do-ceará, feijão-guandu, mucuna-cinza, girassol, milheto e nabo-forrageiro), além da vegetação espontânea, em dois tipos de manejo (incorporação em pré-plantio e plantio direto) para as safras de 1997/1998, 1998/1999, 1999/2000, 2000/2001 e 2001/2002. O cultivo foi estabelecido em Latossolo Vermelho-Amarelo que ocupa aproximadamente 21,6% do Bioma Cerrado (REATTO et al., 1998).

Para obtenção do fluxo de caixa⁶ estimaram-se a receita bruta⁷ e o custo operacional efetivo⁸ referentes a cada sistema de produção (milho em sucessão às plantas condicionadoras de solo) para as safras de 1997/1998 a 2001/2002, gerando o fluxo de caixa para cada situação específica.

O lucro operacional efetivo (LOE) obtido da diferença entre a receita bruta e o custo operacional efetivo remunerou, além, dos outros custos operacionais, o capital fixo, a capacidade empresarial e o risco do negócio.

⁶ Ver metodologia em Contador (1997) e Helfert (2002).

⁷ Preço (Figura 1) vezes a quantidade (Tabelas 2 e 4).

⁸ Metodologia utilizada no Instituto de Economia Agrícola (IPEA), proposta por Matsunaga et al. (1976).

O investimento realizado em 1997, com a finalidade de recuperar a fertilidade de uma área de um hectare para cultivar o milho em sucessão às plantas condicionadoras de solo, tanto no sistema de preparo convencional quanto em plantio direto foi da ordem de R\$ 520,81, recursos esses gastos com adubação e serviços de correção do solo (Tabelas 5 e 6), equivalendo a 60,6 sacas de milho. Nessa operação, foram incluídos os gastos referentes à adubação para correção do solo (uma tonelada de superfosfato simples, 83 kg de KCL, 60 kg de micronutrientes FTE BR 12 e 500 kg de gesso agrícola), serviço de limpeza, distribuição e incorporação do adubo.

Manejo com incorporação dos resíduos vegetais

No primeiro ano (safra 1997/1998), o custo operacional efetivo (Tabela 6) para cultivar um hectare de milho foi da ordem R\$ 589,54, quando foram necessárias cerca de 68,6 sacas de 60 kg para custear um hectare do produto, ou seja, o equivalente a 4116 kg ha^{-1} . Os custos relacionados à semeadura e à incorporação das plantas condicionadoras do solo variaram de R\$ 174,50/ha para a vegetação espontânea, em que o dispêndio está relacionado somente com a incorporação da fitomassa, a R\$ 255,50/ha para o feijão-bravo-do-ceará que contabilizou tanto as despesas com a semeadura quanto a incorporação de sua fitomassa. Essas práticas corresponderam a uma elevação no custo de produção do milho que variou de 29,6% a 43,3%.

Na safra de 1998/1999, o total gasto para cultivar um hectare foi de R\$ 844,38, o equivalente a 80 sacas de 60 kg. Para custear a produção, nesse ano, foram necessárias 11,4 sacas adicionais, isso porque, enquanto o preço da saca teve aumento em relação ao ano anterior de 28,6% (Figura 1), o custo de produção aumentou em 43,2% (Tabela 6). A elevação no custo de produção foi devida a dois fatores: de um lado, o aumento dos preços dos insumos e serviços e do outro, a necessidade de efetuar um sistemático tratamento no controle da lagarta-do-cartucho. Na safra anterior, a despesa com inseticida representava apenas 0,1% do custo operacional, na safra em referência esse dispêndio significou 10,1%. O feijão-bravo-do-ceará e a crotalária juncea mantiveram as posições dos agroecossistemas de maiores custos.

Tabela 6. Investimento e custo operacional do milho cultivado em sucessão às plantas condicionadoras de solo, em manejo com incorporação, safras 1997/1998 a 2001/2002.

Descrição	Em preços correntes (R\$/ha)				Em saca de milho (sc. 60 kg ha ⁻¹)					
	1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002
1. Investimento (corr. do solo)	520,81				60,6					
Insumos	250,30				29,1					
Serviços	270,51				31,5					
2. Custo Operacional										
2.1. Cultura comercial do milho										
Insumos	589,54	844,38	906,17	1.142,83	1.257,11	68,6	80,0	66,9	105,9	71,3
Serviços	374,22	571,70	606,61	762,99	826,28	43,5	54,2	44,8	70,7	46,9
Outros custos operacionais	126,72	159,17	167,19	205,06	245,55	14,7	15,1	12,3	19,0	13,9
2.2. Plantas condic. de solo										
Feijão-bravo-do-ceará	255,50	261,58	276,00	288,50	333,00	29,7	24,8	20,4	26,7	18,9
Mucuna-cinza	230,25	238,83	256,25	274,75	338,25	26,8	22,6	18,9	25,5	19,2
Nabo-forrageiro	199,40	205,48	267,23	232,40	276,90	23,2	19,5	19,7	21,5	15,7
Feijão-guandu	227,30	233,38	247,80	260,30	304,80	26,4	22,1	18,3	24,1	17,3
Milheto	192,22	198,62	341,82	226,30	271,24	22,4	18,8	25,2	21,0	15,4
Crotalária juncea	248,25	255,37	270,80	293,76	330,23	28,9	24,2	20,0	27,2	18,7
Girassol	193,00	209,95	224,50	245,31	283,70	22,5	19,9	16,6	22,7	16,1
Vegetação espontânea	174,50	180,58	190,00	197,50	237,00	20,3	17,1	14,0	18,3	13,4

O custo de produção da safra 1999/2000, em valor corrente teve acréscimo de 7,3% em relação ao ano anterior e de 53,7% ao da safra 1997/1998, mas a correspondência de troca⁹ reduziu em 16,4% comparativamente à safra anterior e de 2,5% em comparação à primeira safra. Isso evidencia uma recuperação do preço do milho quando comparado aos preços dos insumos e serviços.

O milheto, safra 1999/2000, foi a planta condicionadora de solo que resultou no maior custo, correspondendo a 37,7% do custo total. O custo de cultivar e incorporar o milheto teve incremento da ordem de 72,1% e do nabo-forrageiro de 30,1%. Essa elevação está relacionada à necessidade de se aplicar 500 kg ha⁻¹ de sulfato de amônia, no milheto, e 50 kg ha⁻¹ da fórmula 20-0-20 e mais 111 kg ha⁻¹ de uréia no nabo-forrageiro, o que não ocorreu nos outros anos agrícolas em que as despesas limitavam-se somente à aquisição de sementes, ao custo de semear e de incorporar estas ao solo.

No controle da lagarta-do-cartucho gastou-se, na safra de 1999/2000, o equivalente a 21,4% do custo operacional, com aplicação de inseticida.

Em 2000/2001, o dispêndio para produzir um hectare de milho ficou em torno de 105,9 sacas. Esse aumento nas relações de troca deveu-se à queda do preço do milho recebido pelos produtores em relação à safra anterior, de 21,7% (Figura 1). Os maiores custos ficaram novamente com o feijão-bravo-do-ceará e com a crotalária juncea, enquanto, o custo de semear e incorporar o milheto reduziu em 33,8% e o nabo-forrageiro em 13,0%.

Na safra 2001/2002, os custos para produzir um hectare de milho ficaram em torno de 71,3 sacas. Essa queda foi devida à melhoria no preço recebido pelos produtores naquele ano que ficou acima do preço da safra anterior em 61,1% (Figura 1). Em novembro daquele ano, o milho obteve o melhor preço da série, superando a média histórica em 140,3%.

O gasto com o controle da lagarta-do-cartucho ficou em torno de 8,5% do custo operacional, isto foi em consequência da redução na quantidade de

⁹ Quantidade de sacas de milho necessária para cobrir a despesa de produzir um hectare do cereal.

inseticida de 6 litros/ha (3 litros/ha de losban e 3 litros/ha match biológico) para 2 litros por hectare de match biológico.

O custo operacional médio, nesses cinco anos, para cultivar um hectare de milho em sucessão às plantas condicionadoras de solo, no manejo com incorporação, variou de R\$ 1248,09/ha, para as áreas com a vegetação espontânea, a R\$ 1335,09/ha, para a área sob uso de feijão-bravo-do-ceará. Esses valores compreenderam o custo operacional da cultura de milho, o valor do investimento inicial (R\$ 520,81) e o custo operacional das plantas condicionadoras de solo (a semeadura, tratos culturais e incorporação). De maneira geral, em todas as situações analisadas, esses custos englobaram: gastos com serviços relativos à mão-de-obra e à operação com máquinas e equipamentos e foram da ordem de 43,2%; e gastos com insumos (fertilizante, inseticida, fungicida, formicida, entre outros), da ordem de 56,8% (Figura 5).

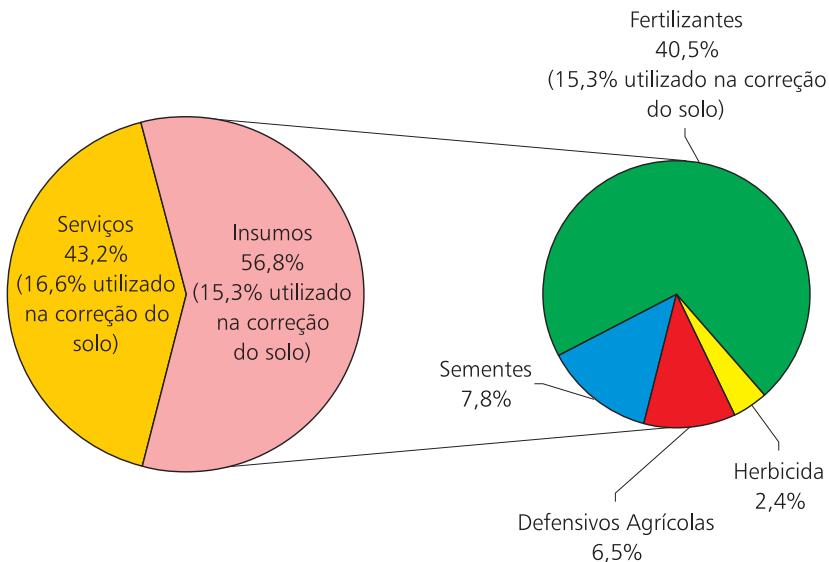


Figura 5. Participação de cada item de despesa no total do custo operacional do milho cultivado em sucessão às plantas condicionadoras de solo, com incorporação, safras 1997/1998 a 2001/2002.

O dispêndio com fertilizante, que compreende 40,5% do custo total, está assim distribuído: 15,3% referentes ao uso de fertilizantes para a correção do solo e 25,2% com adubação de semeadura e de cobertura. Na composição do custo total, os herbicidas participaram com apenas com 2,4%.

As despesas correspondentes ao item serviço estão assim divididas: 40,5% relacionadas à limpeza (capina), transporte, distribuição e incorporação do adubo (superfosfato simples, KCl e micronutrientes FTE BR 12) e do gesso; 32,5% com operações de semeadura, trato cultural, corte e incorporação dos resíduos vegetais das plantas condicionadoras de solo; e 27,0% com as operações de semeadura, tratos culturais; colheita e incorporação do milho.

As variações nos custos operacionais das plantas condicionadoras de solo estão relacionadas à quantidade de sementes utilizadas (kg ha^{-1}), ao preço delas, ao custo de semeadura e aos tratos culturais exigidos para cada espécie.

Os níveis de produtividade obtidos (Tabela 1) e os preços recebidos pelos produtores de milho (Figura 1) determinaram a receita bruta auferida em cada tratamento e constitui as entradas do fluxo de caixa (Tabela 7). Ao analisar essas entradas e compará-las à receita bruta gerada em todas as áreas com a de pior desempenho, a da vegetação espontânea, constata-se: que a sucessão feijão-bravo-do-ceará/milho destacou-se entre as demais por obter maiores ganhos por hectare, gerando receita bruta da ordem de 40,3%, 67,7%, 22,7% acima das obtidas na sucessão à vegetação espontânea, no primeiro, segundo e terceiro ano respectivamente. A receita bruta obtida na sucessão feijão-bravo-do-ceará/milho, no quarto ano, foi superada pela receita alcançada nas áreas sob uso de nabo-forrageiro, caindo para a quinta posição no quinto ano. Na área onde foi efetuada adubação verde com a mucuna-cinza, também se verificaram aumentos significativos na receita bruta da cultura do milho, os acréscimos foram de 31,2% no primeiro ano, 42,9% no segundo e 21,8% no terceiro ano. A incorporação da crotalária juncea e do milheto proporcionou efeitos significativos na receita bruta do milho, respectivamente, de 43,0% e 44,0%, na safra 1998/1999, de 34,1% e 32,0%, na safra 2001/2002.

No período em estudo, a incorporação do girassol e da vegetação espontânea no solo mostrou os piores resultados, enquanto as maiores receitas foram obtidas nas áreas sob uso de feijão-bravo-do-ceará com incorporação superior em 32,4% aos resultados alcançados nas áreas sob vegetação espontânea com incorporação e em 20,1% às receitas geradas nas áreas sob girassol com incorporação (Tabela 7).

Tabela 7. Receita bruta da cultura do milho tendo como manejo a incorporação dos resíduos vegetais em pré-plantio, safras 1997/1998 a 2001/2002.

Espécies vegetais	Receita total (R\$/ha)					Média*
	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	
Feijão-bravo-do-ceará	1.378,98	1.498,75	1.790,08	1.576,93	2.193,04	1.723,64
Mucuna-cinza	1.289,85	1.277,09	1.776,77	1.565,23	2.404,52	1.671,19
Nabo-forrageiro	1.137,23	1.304,40	1.767,98	1.675,86	2.038,31	1.606,80
Feijão-guandu	1.127,92	1.367,99	1.722,69	1.468,44	2.269,72	1.595,85
Milheto	1.103,84	1.287,11	1.722,96	1.487,60	2.228,51	1.568,95
Crotalária juncea	1.242,13	1.277,89	1.532,64	1.322,47	2.263,84	1.539,25
Girassol	984,19	1.228,47	1.505,52	1.310,41	2.179,49	1.435,13
Vegetação espontânea	983,04	893,82	1.459,22	1.402,91	1.688,50	1.301,79

*Pelo preço histórico.

Na Tabela 8, observa-se o fluxo líquido de caixa que mede o resultado da atividade, mostrando o montante disponível para cobrir os custos fixos, o risco do negócio, a capacidade empresarial e o retorno do investimento.

O maior lucro operacional para o horizonte de tempo de cinco anos, sem deduzir os retornos do investimento, foi alcançado nas áreas sob feijão-bravodoceará com incorporação, em média, de R\$ 492,71/ha/ano. A segunda alternativa mais lucrativa foi aquela área em que se usou a mucuna-cinza com incorporação, resultando em lucro médio anual do período da ordem R\$ 455,52/ha/ano. A pior alternativa foi o uso de vegetação espontânea com incorporação, em que os lucros médios anuais foram de R\$ 157,87/ha. As safras 1999/2000 e a 2000/2001 foram as que apresentaram melhores resultados econômicos para as diversas plantas condicionadoras de solo, isso em consequência de melhores cotações do preço milho.

Essa alta cotação ocorreu em consequência do crescimento do consumo mundial que, nos últimos anos, vem sendo proporcionalmente maior do que o aumento da produtividade, devido à mudança no hábito de europeus e de americanos que passaram a se alimentar com carne branca, o que ocasionou o aumento da produção mundial de frangos e a elevação da demanda por rações que têm como matéria-prima o milho. Paralelamente, os Estados Unidos, maior produtor mundial, desenvolveram um programa de bioenergia que demanda mais de 30 milhões de toneladas de milho para processamento. Por sua vez, a China, segundo maior produtor de milho, cada vez mais destina sua produção ao mercado interno, de modo a atender a avicultura e a exportação de frangos para os países asiáticos e europeus. Associado a esses fatores, a falta de terra e os preços internacionais da soja colaboraram para inibir o crescimento da produção de milho, que, somados à demanda crescente do consumo interno dos principais países produtores, vêm ocasionando a gradativa redução dos estoques finais mundiais nesses últimos anos. Essa situação colabora para que as cotações internacionais da *commodity* se elevem (TAVARES, 2004).

Tabela 8. Fluxo líquido de caixa do cultivo do milho em sucessão às plantas condicionadoras de solo, em manejo com incorporação, safras 1997/1998 a 2001/2002.

Espécies vegetais	Investimento	Fluxo líquido de caixa (R\$/ha)				Média*
		1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	
Feijão-bravo-do-ceará	-520,81	533,94	392,78	607,90	145,60	602,93
Mucuna-cinza	-520,81	470,06	193,88	614,34	147,65	809,16
Nabo-forrageiro	-520,81	348,30	254,54	594,58	300,63	504,30
Feijão-guandu	-520,81	311,08	290,23	568,72	65,31	707,81
Milheto	-520,81	322,09	244,11	474,97	118,47	700,16
Crotalária juncea	-520,81	404,34	178,14	355,66	-114,12	676,51
Girassol	-520,81	201,65	174,14	374,85	-77,73	638,68
Vegetação espontânea	-520,81	219,00	-131,14	363,04	62,58	194,39
						157,87

*Pelo preço histórico.

O lucro operacional acumulado, além de indicar as condições financeiras e operacionais do sistema analisado, mostra a capacidade de pagamento e o período de retorno efetivo do investimento. Portanto, de acordo com a Tabela 9, verifica-se que, para um horizonte de cinco anos, a sucessão feijão-bravo-do-ceará/milho acumulou os maiores lucros retornando, no primeiro ano, 100% de seu investimento e, ainda, obteve saldo positivo da ordem de R\$ 13,14/ha. Saldo que se destina a cobrir o custo fixo, o risco do negócio, o juro do capital empatado e a remunerar a capacidade empresarial. A segunda melhor opção (sucessão mucuna-cinza/milho) retornou, na primeira safra, 90,3% do investimento, ficando o restante para cobrir na safra subsequente.

Plantio Direto

O valor do investimento no sistema plantio direto foi o mesmo realizado com incorporação dos resíduos vegetais (R\$ 520,81). O custo operacional da cultura do milho, no primeiro ano (safra 1997/1998), ficou em torno de R\$ 468,94/ha, equivalendo a 54,6 sacas de milho/ha. O custo da formação da palhada variou de R\$ 233,96/ha para a vegetação espontânea que envolveu somente a dessecação da fitomassa a R\$ 314,96/ha para o feijão-bravo-do-ceará que, além da dessecação, incluiu o custo da semente e do serviço de semeadura (Tabela 10), esse dispêndio equivaleu a 27,2 a 36,6 sacas de milho/ha respectivamente.

Na safra de 1998/1999, o custo para produzir um hectare aumentou 49,0%, enquanto o preço subiu apenas 28,6%, assim como no manejo incorporado essa elevação deveu-se ao aumento dos preços dos insumos, serviços e também à necessidade de efetuar tratamento sistemático no controle da lagarta-do-cartucho. A despesa com inseticida que correspondia a apenas 0,1% do custo operacional, na safra anterior, passou a representar 10,6%. No sistema plantio direto gastou-se entre 19,3 e 25,8 sacas de 60 kg no processo da semeadura à dessecção da fitomassa das plantas condicionadoras de solo, sendo que o feijão-bravo-do-ceará e a crotalária juncea resultaram nos maiores dispêndios para a formação da palhada.

Tabela 9 Lucro operacional acumulado do cultivo de milho em sucessão às plantas condicionadoras de solo, em manejo com incorporação, safras 1997/1998 a 2001/2002.

Espécies vegetais	Lucro operacional acumulado (R\$/ha)			
	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001
Feijão-bravo-do-ceará	13,14	405,92	1.013,82	1.159,42
Mucuna-cinza	-50,75	143,13	757,48	905,12
Nabo-forrageiro	-172,51	82,03	676,60	977,23
Feijão-guandu	-209,73	80,50	649,22	714,53
Milheto	-198,72	45,39	520,36	638,83
Crotalária juncea	-116,47	61,67	417,33	303,21
Girassol	-319,16	-145,02	229,83	152,10
Vegetação espontânea	-301,80	-432,95	-69,91	-7,33
				187,06

Tabela 10. Investimento e custo operacional da cultura comercial do milho em sistema plantio direto sobre a palhada das plantas condicionadoras de solo safras 1997/1998 a 2001/2002.

Descrição	Em preços correntes (R\$/ha)				Em saca de milho (sc. 60 kg ha ⁻¹)				
	1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	1997/ 1998	1998/ 1999	2000/ 2001	2001/ 2002
1. Investimento (corr. do solo)	520,81					60,6			
Insumos	250,30					29,1			
Serviços	270,51					31,5			
2 . Custo Operacional									
2.1. Cultura comercial do milho									
Insumos	468,94	698,49	733,80	919,80	1.014,83	54,6	66,2	54,2	85,2
Serviços	374,22	571,70	606,61	762,99	826,28	43,5	54,2	44,8	70,7
Outros custos operacionais	94,72	126,79	127,19	156,81	188,55	11,0	12,0	9,4	14,5
2.2. Espécies veg. em sucessão									
Feijão-bravo-do-ceará	314,96	285,01	300,47	292,70	310,80	36,6	27,0	22,2	27,1
Mucuna-cinza	289,71	262,26	280,72	278,95	316,05	33,7	24,8	20,7	25,8
Feijão-guandu	286,76	256,81	272,27	264,50	282,60	33,4	24,3	20,1	24,5
Crotalária juncea	302,71	272,80	288,27	289,65	298,80	35,2	25,8	21,3	26,8
Milheto	251,68	222,05	366,29	230,50	249,04	29,3	21,0	27,1	21,4
Girassol	252,46	222,51	237,97	239,51	248,30	29,4	21,1	17,6	22,2
Nabo-forrageiro	258,86	228,91	309,70	236,60	254,70	30,1	21,7	22,9	21,9
Vegetação espontânea	233,96	204,01	214,47	201,70	214,80	27,2	19,3	15,8	18,7
									12,2

Na safra 1999/2000, os maiores custos operacionais para produzir um hectare de palhada foram provenientes do milheto e do nabo-forrageiro, sendo superior aos da safra anterior em 65,0% e 35,3% respectivamente. Além do aumento dos preços dos insumos e de serviços que girou em torno dos 6%, essa elevação do custo de formação de palhada justificou-se pela necessidade de essas espécies receberem adubação de cobertura que, no caso do milheto, foi de 500 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio; e, em relação ao nabo-forrageiro, de 50 kg ha⁻¹ da fórmula 20-0-20 associado a 111 kg ha⁻¹ de uréia. Os gastos com o controle da lagarta-do-cartucho foram os mais altos de todo o período analisado, de R\$ 193,89/ha, representando 22,6% do custo operacional, ou seja, mais do dobro gasto na safra anterior.

Na safra 2000/2001, a relação de troca teve alto peso para os produtores devido à queda de 21,7% no preço recebido. Para custear a formação de palhada, gastou-se entre 18,7 e 27,1 sacas de milho e, para cobrir os custos operacionais da produção desse cereal, utilizou-se adicionalmente mais 85,2 sacas. Em contrapartida, o gasto com inseticida, para controle da lagarta-do-cartucho, caiu para 9,8% do custo operacional, e as despesas com formação da palha, à exceção do milheto e do nabo-forrageiro foram reduzidas em 1,8%, em média.

A redução da despesa com a formação da palhada está relacionada à diminuição na quantidade de dessecante que, na safra anterior, foi de 2,5 L ha⁻¹ de Glifosate e 1,5 L ha⁻¹ de 2,4D. Nesta safra, passou a empregar apenas 3 L ha⁻¹ do Glifosate. Associado a esse fato, está, também, uma queda no preço do Glifosate, de 9,1%. O milheto e o nabo-forrageiro tiveram redução de 37,1% e de 23,6% respectivamente, por não haver sido efetuada adubação de cobertura naquele ano.

Na safra 2001/2002, os custos de se produzir um hectare de milho ficou em torno dos 57,6 sacas/ha, sendo que essa queda na relação de troca foi consequência de melhores cotações no preço do milho que se situou acima do preço da safra anterior em 61,1% (Figura 1). Em novembro de 2002, o milho obteve o melhor preço da série, superando a média histórica em 140,3%. Associada ao aumento do preço do milho houve, também, a menor incidência do ataque de lagarta-do-cartucho que levou à redução na quantidade de inseticida de 6 litros/ha (3 litros/ha de losban e 3 litros/ha match biológico) para 2 litros do match biológico por hectare. O gasto com esse inseticida ficou em torno de 8,9% do custo operacional.

No horizonte de cinco anos, a média do custo operacional do milho cultivado em plantio direto, variou de R\$ 1085,12, para as áreas onde a vegetação espontânea foi mantida para cobertura de solo, a R\$ 1172,12 para as áreas com feijão-bravo-do-ceará. Na composição desses valores, incluíram-se o valor do investimento inicial (R\$ 520,81), o custo operacional da cultura e da formação da palhada. De maneira geral, em todas as situações analisadas, os custos, compostos dos gastos com serviços, foram de 38,8% e os relativos aos insumos, de 61,2% do total. Na categoria dos insumos (42,1%), realizaram-se despesas com fertilizantes, dessas, 15,9% com a correção do solo e 26,2% com adubação de plantio e de cobertura; o item semente correspondeu a 7,9% do custo operacional, o defensivo agrícola a 6,5% e o herbicida a 4,6% (Figura 6).

No cálculo das receitas brutas, consideraram-se o efeito de cada planta de cobertura na produtividade do milho (Tabela 4) e os preços recebidos pelos produtores (Figura 1). Essas receitas constituíram as entradas do fluxo de caixa disponível na Tabela 11.

O feijão-bravo-do-ceará e a mucuna-cinza, utilizados como cobertura do solo, destacaram-se porque produziram, nesse período de cinco anos, de forma sistemática, as maiores receitas, em média, R\$ 1.640,80/ha e R\$ 1.626,65/ha, respectivamente, superiores às obtidas nas áreas onde o milho foi cultivado sobre a palhada da vegetação espontânea, em 20,2% e 19,1% respectivamente. Ao longo desse período, o resultado obtido com a receita bruta dessas duas leguminosas alternaram-se entre a primeira e a segunda posição.

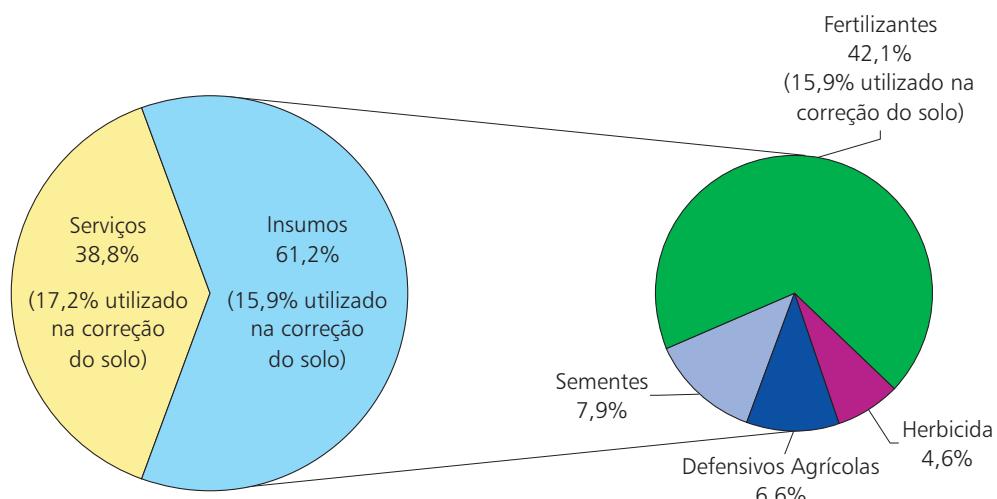


Figura 6. Custo de cada item no total do custo operacional do milho cultivado em sistema plantio direto em sucessão às plantas condicionadoras de solo, média 1997 a 2002.

O milho cultivado sobre a palhada do girassol obteve a menor quebra de produção. A receita bruta auferida nessa área foi em média de R\$ 1 461,48/ha/ano, superior à de áreas sob uso de nabo-forrageiro e vegetação espontânea (Tabela 11).

O fluxo líquido de caixa, constante da Tabela 12, mede o resultado da atividade, mostrando o montante disponível para cobrir os custos fixos, os riscos do negócio, a capacidade empresarial e o retorno dos investimentos.

Tabela 11. Receita bruta da cultura de milho cultivado em plantio direto em sucessão às plantas condicionadoras de solo, safras 1997/1998 a 2001/2002.

Espécies vegetais	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	Média*
	Receita total (R\$/ha)					
Feijão-bravo-do-ceará	1.318,08	1.423,04	1.629,84	1.516,98	2.153,82	1.640,80
Mucuna-cinza	1.353,47	1.339,39	1.577,03	1.407,99	2.365,73	1.626,65
Feijão-guandu	1.185,38	1.219,03	1.546,96	1.435,39	2.096,88	1.514,47
Crotalária juncea	1.280,53	1.148,68	1.457,15	1.415,04	2.162,10	1.513,42
Milheto	1.198,28	1.220,93	1.544,51	1.420,59	1.929,26	1.491,56
Girassol	1.088,51	1.182,21	1.446,16	1.437,88	2.102,42	1.461,48
Nabo-forrageiro	1.134,51	1.100,15	1.492,53	1.447,25	1.779,28	1.421,29
Vegetação espontânea	1.099,40	1.145,92	1.379,18	1.358,79	1.663,73	1.365,39

*Pelo preço histórico.

Tabela 12. Fluxo líquido de caixa do cultivo do milho em plantio direto, em sucessão às espécies vegetais, safras 1997/1998 a 2001/2002.

Espécies vegetais	Investimento	Fluxo líquido de caixa (R\$/ha)					Média*
		1997/ 1998	1998/ 1999	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	
Mucuna-cinza	-520,81	594,82	378,64	562,50	209,24	1.034,85	573,94
Feijão-bravo-do-ceará	-520,81	534,18	439,54	595,57	304,48	828,19	572,84
Feijão-guandu	-520,81	429,68	263,73	540,89	251,09	799,45	474,71
Crotalária juncea	-520,81	508,88	177,39	435,07	205,58	848,47	455,80
Milheto	-520,81	477,66	300,39	444,41	270,29	665,39	460,48
Girassol	-520,81	367,11	261,21	474,38	278,56	839,29	454,16
Nabo-forrageiro	-520,81	406,71	172,75	449,02	290,85	509,75	396,37
Vegetação espontânea	-520,81	396,50	243,42	430,91	237,29	434,10	384,43

*Pelo preço histórico.

O investimento realizado para corrigir o solo visando ao cultivo do milho de sequeiro em plantio direto foi da ordem de R\$ 520,81/ha. Nesse sistema, as áreas nas quais foram obtidos os melhores desempenhos econômicos foram aquelas em que a mucuna-cinza constituiu a cobertura do solo. Nessas, o lucro operacional médio anual alcançado foi da ordem de R\$ 573,94/ha, seguida daquelas áreas onde o milho foi cultivado sobre a palhada do feijão-bravo-do-ceará, em que o lucro médio anual girou em torno de R\$ 572,84/ha, produzindo diferença mínima de apenas R\$ 1,10/ha no lucro obtido pelo o preço histórico. Isso se deveu ao fato de que, na área onde o feijão-bravo-do-ceará foi usado como cobertura do solo, o milho produziu em torno de 70kg ha⁻¹ a mais que na área onde foi semeada a mucuna-cinza (Tabela 4). Para se produzir um hectare de milho (Tabela 10) utilizando como planta de cobertura o feijão-bravo-do-ceará, gastou-se, em média, R\$ 15,25/ha a mais do que na área onde se utilizou a mucuna-cinza.

A diferença entre o custo de produção das duas leguminosas está mais diretamente relacionada ao preço da semente, pois as sementes do feijão-bravo-do-ceará custam mais do dobro em relação às da mucuna-cinza. Sabendo que esse insumo representa 7,9% do custo operacional total, vê-se que ele tem um peso significativo na alteração do custo final.

O lucro operacional acumulado, além de demonstrar as condições financeiras e operacionais do sistema analisado, mostra, também, a capacidade de pagamento e o período de retorno efetivo do investimento. Portanto, de acordo com a Tabela 13, verifica-se que, para um período de cinco anos, nas áreas cultivadas em sucessão à mucuna-cinza e ao feijão-bravo-do-ceará, além de se obter os maiores lucros acumulados no período, houve retorno 100% de seus investimentos no primeiro ano, alcançando, ainda, saldo positivo da ordem de R\$ 74,01/ha e R\$ 13,37/ha respectivamente. Nas demais áreas, o retorno total dos investimentos só ocorreu a partir da segunda safra.

Os piores desempenhos econômicos foram obtidos nas áreas onde havia vegetação espontânea e nabo-forrageiro como plantas de cobertura.

O saldo do fluxo de caixa destinou-se a cobrir o custo fixo, o risco do negócio, o juro do capital empregado e a remuneração da capacidade empresarial.

Tabela 13. Lucro operacional acumulado do cultivo do milho, em sistema plantio direto, em sucessão às plantas condicionadoras de solo, safras 1997/1998 a 2001/2002.

Espécies vegetais	Lucro operacional acumulado (R\$/ha)			2001/2002
	1997/1998	1998/1999	1999/2000	
Feijão-bravo-do-ceará	13,37	452,91	1048,48	1352,95
Mucuna-cinza	74,01	452,65	1015,15	1224,40
Feijão-guandu	-91,13	172,61	713,50	964,58
Crotalária juncea	-11,93	165,46	600,54	806,12
Milheto	-43,15	257,24	701,65	971,94
Girassol	-153,70	107,52	581,90	860,46
Nabo-forrageiro	-114,10	58,65	507,68	798,52
Vegetação espontânea	-124,31	119,11	550,02	787,30

Incorporação dos resíduos vegetais x plantio direto

Nas áreas onde o milho foi cultivado em sucessão ao feijão-bravo-do-ceará, à mucuna-cinza, ao nabo-forrageiro, ao feijão-guandu, ao milheto e à crotalária juncea, a receita bruta obtida no manejo incorporado foi superior em 5,0%, 2,7%, 13,1%, 5,4%, 5,2% e 1,7%, respectivamente, à alcançada no sistema plantio direto; ao passo que, nas áreas onde o milho foi cultivado em sucessão ao girassol e à vegetação espontânea, a receita bruta, no sistema plantio direto, foi superior em 1,8% e em 4,9%, respectivamente, ao do incorporado (Figura 7).

Quando se compararam os ganhos de produtividade (Figura 8) em cada tipo de manejo, observa-se que, nas áreas sob vegetação espontânea, obtiveram-se os menores níveis, enquanto nas áreas com uso de feijão-bravo-do-ceará, verificou-se melhor eficiência produtiva com ganho de 32,4% em relação à sucessão à vegetação espontânea, no manejo incorporado, e de 20,2%, no sistema plantio direto; a segunda melhor opção ficou com as áreas sob o uso de mucuna-cinza como planta condicionadora de solo (Tabelas 3 e 5).

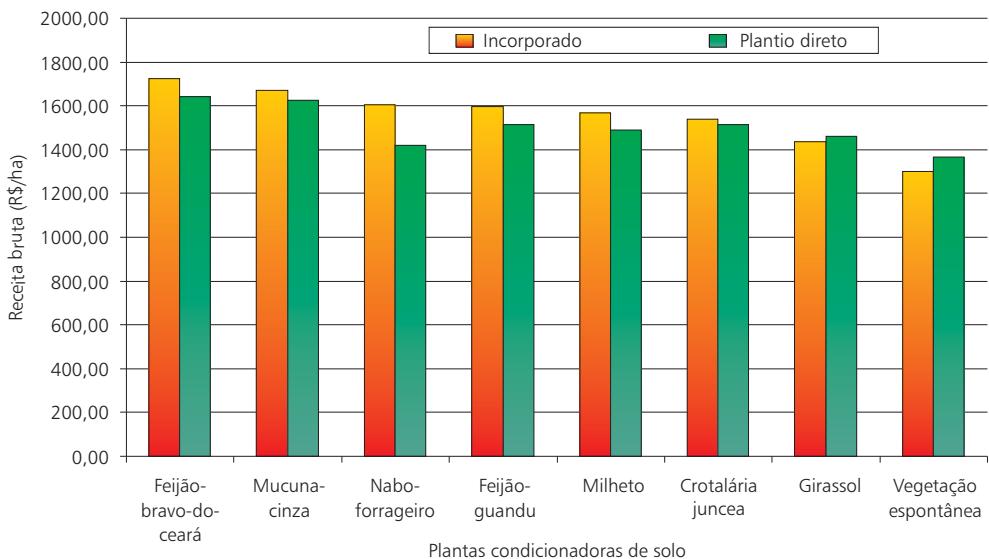


Figura 7. Receita bruta das áreas onde o milho foi cultivado em sucessão às plantas condicionadoras, nos sistemas de plantio com incorporação dos resíduos vegetais, em pré-plantio e em plantio direto, média do período 1997 a 2002.

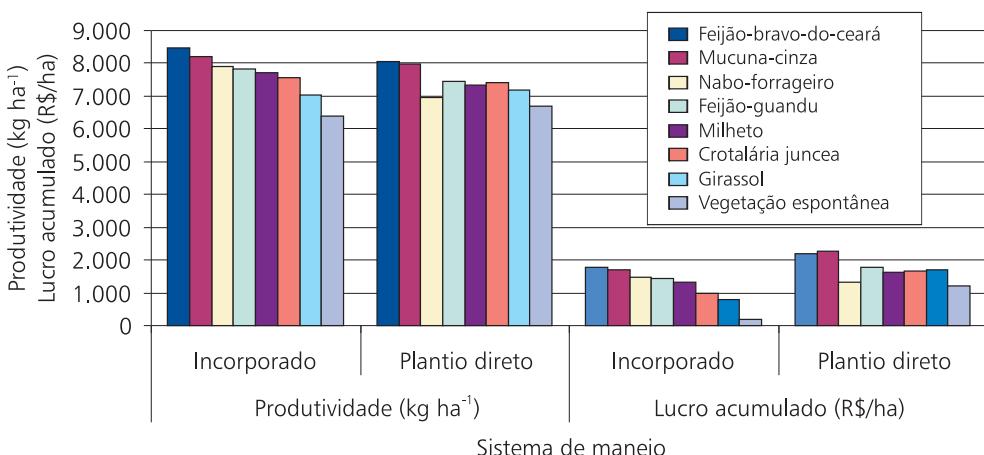


Figura 8. Desempenho produtivo e econômico do milho em sucessão às plantas condicionadoras do solo, em sistema de manejo incorporado, em pré-plantio, e em plantio direto, média de 1997 a 2002.

O custo operacional no sistema plantio direto foi, em média, 13,7% inferior ao obtido no manejo com incorporação, isso por que o plantio direto é um sistema em que há redução de serviços e, neste caso, foram gastos cerca de 17,3% a menos com esse fator de produção. Essa redução foi devida à não-utilização de operações como aração e gradagem para incorporar a palhada do milho e das plantas condicionadoras de solo. Em contrapartida, as despesas com herbicidas para dessecar a fitomassa das plantas condicionadoras de solo subiram 88,6%. A quantidade de herbicida aplicada resultou em pequeno impacto no custo operacional total do sistema plantio direto, porque este participa com apenas 4,6%, enquanto o item serviço representa 38,8% (Figura 6).

Na comparação do custo operacional nos dois sistemas (Tabelas 6 e 10), a menor diferença foi obtida nas áreas em que o feijão-bravo-do-ceará foi utilizado como cobertura de solo no plantio direto, sendo seu dispêndio 13,3% inferior ao manejo incorporado, enquanto a maior diferença ocorreu nas áreas onde o girassol foi usado, com redução do custo de 14,6%.

Quanto ao lucro operacional acumulado no período de 1998 a 2002, observa-se que no sistema plantio direto, à exceção das áreas onde o milho foi cultivado em sucessão ao nabo-forrageiro, em que houve redução de 11,7% de seus lucros, em todas as demais sucessões houve lucros operacionais acumulados superiores aos alcançados no manejo incorporado (Figura 8). As menores diferenças foram constatadas nas áreas onde o milheto, o feijão-bravo-do-ceará e o guandu foram utilizados como cobertura, com lucros superiores ao manejo incorporado em 22,3%, 23,8% e 24,0% respectivamente. As maiores diferenças favoráveis ao plantio direto foram observadas nas áreas onde se utilizaram como cobertura do solo a vegetação espontânea, o girassol e a crotalária juncea, com diferencial de 552,9%, 114,9% e 68,9% para a primeira, segunda e terceira espécies vegetais.

Nas áreas onde o feijão-bravo-do-ceará foi usado como planta condicionadora de solo, a cultura do milho teve bom desempenho econômico. O lucro operacional acumulado no período foi superior ao obtido na sucessão à vegetação espontânea em mais de 800%, no manejo incorporado (Tabela 9), e em mais de 70%, no sistema plantio direto (Tabela 13). Comparando os dois sistemas de manejo, verificou-se que o lucro obtido no plantio direto foi, em média, 23,8% superior ao do manejo com incorporação de resíduos vegetais.

Na Tabela 14, mostra-se a comparação entre as médias dos lucros nos dois sistemas de manejo do solo (plantio direto e incorporação dos resíduos vegetais), confirmando, assim, que há diferença entre eles de 5% de probabilidade.

No manejo com incorporação dos resíduos vegetais, à exceção das áreas sob vegetação espontânea, para todas as demais, o retorno do investimento ocorreu entre a primeira e terceira safra (Tabela 9). Mas, no sistema plantio direto, sem exceção, os retornos do capital investido ocorreram no intervalo da primeira a segunda safra (Tabela 12).

De maneira geral, nas áreas onde se utilizou o manejo com incorporação dos resíduos vegetais (preparo convencional do solo), foram obtidas as maiores

produtividades, enquanto nas áreas sob plantio direto alcançaram-se os melhores lucros ao longo dos cinco anos (Figura 8, Tabela 14).

Tabela 14. Comparaçao de médias de lucro obtido em cinco anos (R\$/ha).

Espécies	Lucro médio em cinco anos
Feijão-bravo-do-ceará	1.543,3a
Mucuna-cinza	1.446,1a
Milheto	1.345,4a
Feijão-guandu	1.256,5a
Nabo-forrageiro	1.143,3a
Crotalária juncea	1.085,1a
Girassol	1.026,7a
Vegetação espontânea	257,4a
Manejo	
Plantio direto	1.620,2 A
Plantio convencional	655,8 B

Obs: Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de produção agrícola é complexo e reflete, ao longo dos anos, a dinâmica de parâmetros ambientais, econômicos e sociais. Portanto, é natural que os custos de produção não captem todos esses efeitos, refletindo, tão-somente, uma orientação para se projetar o futuro com base em dados médios do passado. Além disso, cada agroecossistema requer um ajuste específico, com reflexos nos custos envolvidos.

O milho em sucessão às plantas condicionadoras de solo comparado ao milho em sucessão à vegetação espontânea apresentou, tanto no sistema de

manejo incorporado quanto no de plantio direto, de maneira geral, o melhor desempenho produtivo e econômico, com destaque para as áreas sob uso de feijão-bravo-do-ceará, no sistema incorporado, e sob mucuna-cinza, no plantio direto.

Nos dois sistemas de manejo de solo, plantio direto e com incorporação, o investimento realizado no início do processo produtivo foi da mesma magnitude. Entretanto, o menor tempo para retorno desses investimentos ocorreu nas áreas com feijão-bravo-do-ceará, em ambos os sistemas de manejo e nas áreas com mucuna-cinza, no sistema plantio direto, sendo que esta última proporcionou maior lucro líquido depois de deduzidos os investimentos.

Neste estudo, pôde-se mostrar, também, que o plantio direto, embora produzindo 3,3% menos que o incorporado, foi economicamente mais viável, pois teve, em média, elevação do lucro líquido, acumulado no período, de 41,8%. Isso por que o custo operacional desse sistema foi inferior ao manejo com incorporação dos resíduos vegetais em 13,7% em consequência da redução de 17,3% nas despesas com serviços mecanizados (aração e gradagem).

Essa queda na demanda por serviço mecanizado pode ser vista de forma positiva na agricultura familiar, podendo criar oportunidades para incorporação de novas atividades ao sistema produtivo, levando ao aumento da renda. Porém, na ótica macro, o homem – como fator de produção – desempregado será devolvido ao sistema para ser alocado em outras atividades ou setores da economia.

Adicionalmente, corroborando o pensamento de diversos autores, o plantio direto, apesar dos inúmeros benefícios ambientais, consiste em um sistema complexo no qual há necessidade de o agricultor dispor de aporte financeiro para realizar os investimentos iniciais (adubação corretiva e outras práticas de recuperação do solo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (IAPAR. Circular, 80).
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais de adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 1-55.
- CONTADOR, C. R. **Projetos sociais:** avaliação e prática. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1997.
- CRUZ, J. C.; MONTEIRO, J. de A.; SANTANA, D. P.; GARCIA, J. C.; BAHIA, F. G. F. T. de C.; SANS, L. M. A.; PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2. ed. Brasília: Embrapa-CNPMS; Embrapa-SPI, 1996. 204 p.
- DERPSCH, R. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1985. 95 p. (IAPAR. Documentos, 9).
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Produtor:** previna-se contra o veranico. Planaltina, DF, 1990. 2 p. (Embrapa-CPAC. Noticiário, 242).
- EMBRAPA CERRADOS. **Conhecimento, tecnologia e compromisso ambiental**. Planaltina, DF, 1999. 1 CD-ROM.
- FGV. **FGVDADOS:** séries gratuitas, preço a vista do milho. Disponível em: <http://www.fgvdados.com.br/dsp_frs_pai_ferramentas.asp>. Acesso em: 20 mar. 2003.
- HELPFERT, E. A. **Técnicas de análise financeira:** um guia prático para medir o desempenho dos negócios. 9. ed. Porto alegre: Bookman, 2002. 411 p.
- MARTIN, N. B.; SERRA, R.; ANTUNES, J. F. G.; OLIVEIRA, M. D. M.; OKAWA, H. Custos: sistema de custo de produção agrícola. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 9, p. 97-122, 1994.
- MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. de; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 126-139, 1976.
- MATTOSO, M. J.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Custo de produção em plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 109-116, jan./fev. 2001.

PEQUENAS iniciativas, grandes resultados. **A granja**, Porto Alegre, v. 58, n. 643, p. 16-17, 2002.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de. (Ed.). **Cerrado:** ambiente e flora. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. p. 47-86.

SATURNINO, H. M. Evolução do plantio direto e as perspectivas nos cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 5-12, 2001.

TANAKA, R. T. A adubação verde. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 7, n. 81, p. 62-67, set. 1981

TAVARES, C. E. C. **Análise prospectiva do mercado de milho:** safra 2004/2005. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/cas/especiais/Perspectivas%20para%20o%20Mercado%20de%20Milho%202004%20e%202005.pdf>> . Acesso em: 20 abr. 2004.

Produção editorial, impressão e acabamento
Embrapa Informação Tecnológica



Cerrados

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISBN 85-7075-027-8

A standard linear barcode is shown, representing the ISBN number 85-7075-027-8.

9 788570 750273

CGPE 5816