

ISSN 1678-9644
Setembro, 2017

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

Documentos 314

Manejo Agroecológico do Solo

Flávia Aparecida de Alcântara

Embrapa Arroz e Feijão
Santo Antônio de Goiás, GO
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12, Zona Rural
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (62) 3533-2194
Fax: (62) 3533-2105
www.embrapa.br/fale-conosco/sac
www.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Lineu Alberto Domiti*
Secretário-executivo: *Pedro Marques da Silveira*
Membros: *Aluisio Goulart Silva, Ana Lúcia Delalibera de Faria, Élcio Perpétuo Guimaraes, Luciene Fróes Camarano de Oliveira, Luís Fernando Stone, Márcia Gonzaga de Castro Oliveira, Roselene de Queiroz Chaves*

Supervisão editorial: *Luiz Roberto Rocha da Silva*
Revisão de texto: *Rodrigo Peixoto de Barros*
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*
Tratamento de ilustrações: *Fabiano Severino*
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

On-line (2017)

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 Arroz e Feijão**

Alcântara, Flávia Aparecida de.

Manejo agroecológico do solo / Flávia Aparecida de Alcântara. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2017.
28 p. - (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 314)

1. Manejo do solo. 2. Agroecologia. 3. Matéria orgânica. 4. Fertilidade do solo. I. Título. II. Embrapa Arroz e Feijão. III. Série.

CDD 631.86

© Embrapa 2017

Autora

Flávia Aparecida de Alcântara

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO

Sumário

Introdução	7
Agroecologia e solos.....	9
A importância da matéria orgânica.....	11
Práticas adotadas nos sistemas agroecológicos.....	13
Sistemas Agroflorestais.....	14
Adubação verde e cobertura morta.....	15
Fertilizantes adequados.....	21
O que é qualidade do solo e como avaliá-la.....	23
Considerações finais	24
Referências	25

Manejo Agroecológico do Solo

Flávia Aparecida de Alcântara

Introdução

No Brasil, a pioneira em conciliar o manejo do solo e a ecologia foi a doutora Ana Primavesi, que publicou o livro *Manejo Ecológico do Solo* em 1979 (PRIMAVESI, 1979), em que esta brilhante engenheira-agrônoma e cientista, ressalta a necessidade de restabelecimento do equilíbrio do solo e de suas relações com o ambiente. Doutora Primavesi, que recebeu o prêmio *One World Award*, o principal prêmio da agricultura orgânica mundial, em 2012, disse em entrevista: “O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima e nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio e as plantas, nutridas.” (<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,pioneira-da-agroecologia-recebera-premio-mundial,903818>).

Nas décadas de 1950 e 1960, ainda antes da primeira edição do livro de Ana Primavesi, a revolução verde já estava mudando completamente a agricultura brasileira: vieram as grandes máquinas e os insumos sintéticos, bem como o raciocínio de uma agricultura baseada em produtos e não em processos. As consequências disso foram altas taxas de produtividade, mas altamente dependentes da indústria e aliadas a custos energéticos e ambientais também muito altos.

Agriculturas alternativas, como a orgânica, a natural e a biodinâmica, foram sintetizadas por seus precursores nas décadas de 1920 e 1930, mas só vieram realmente à tona por volta da década de 1970, com os movimentos ambientalistas. No entanto, é notório que, no mundo todo, muito mais esforços de pesquisa, ensino e extensão foram dedicados aos preceitos da agricultura industrial do que às agriculturas ditas alternativas. Esse fato apenas reforça a importância de pesquisadores como a doutora Ana Primavesi, que fizeram de suas carreiras e vidas um exemplo de busca da verdadeira sustentabilidade da agricultura.

Com o advento da agroecologia, uma ciência relativamente recente, foram lançadas as bases para os estudos dos processos ecológicos no meio agrícola, levando em consideração todo o ambiente e não apenas partes do mesmo. De forma holística, a agroecologia traz para a agronomia os conceitos da ecologia, não só aplicados a pragas e doenças ou a quaisquer outros tópicos isolados, e sim ao que se pode chamar de agroecossistema.

A agroecologia é definida por Gliessman (2001) como a ciência que estuda e aplica os conceitos da ecologia no manejo dos agroecossistemas. Entende-se por agroecossistema não só o sistema agrícola, mas também suas relações com os aspectos ambientais e sociais que dele dependem e dos quais ele próprio depende, ou seja, consideram-se as relações do sistema de produção com todo o seu entorno físico: ambiente (solo, clima, água, plantas...) e seres humanos (produtores, consumidores, mercados, comunidades...).

Para Altieri (2004), a agroecologia fornece as bases científicas para uma agricultura com maior grau de sustentabilidade. Essas bases científicas visam justamente subsidiar os agroecossistemas para que sejam rentáveis economicamente e, ao mesmo tempo, ambientalmente saudáveis e socialmente equilibrados.

A partir dos princípios agroecológicos, os sistemas são desenhados e manejados sempre de forma a aproximá-los o máximo possível da natureza, ou melhor, dos processos ecológicos que a própria natureza

executa. Dentre esses princípios, podem ser destacados os seguintes: busca e manutenção do equilíbrio ecológico, uso e manejo funcionais da agrobiodiversidade, reciclagem da matéria orgânica, uso racional do solo e do espaço, abordagem integrada dos fenômenos (em contraposição à abordagem compartimentada), rendimento ótimo (em contraposição ao rendimento máximo), regionalização da produção e fomento a mercados locais. Portanto, as agriculturas que têm como base a agroecologia, visam ao alcance de sistemas alimentares que sejam realmente sustentáveis.

A agroecologia subsidia cientificamente todas as formas alternativas de agricultura, que, por sua vez, seguem, em maior ou menor grau, os princípios agroecológicos, entre os quais um dos mais importantes é o manejo adequado do solo.

Agroecologia e solos

O ano de 2015 foi declarado o Ano Internacional dos Solos pela Organização das Nações Unidas (ONU), com o objetivo de mobilizar a sociedade sobre a importância dos solos e sobre os perigos que envolvem sua degradação, principalmente frente ao dilema de produzir alimentos em um mundo onde grande parte dos solos já está degradada, inclusive pelo uso agrícola inapropriado.

Os chineses têm um provérbio muito antigo que diz: *“O solo é a mãe de todas as coisas”*. Durante muito tempo, no entanto, encaramos o solo como um mero substrato, algo praticamente inerte e com apenas uma entrada (fertilizantes, preferencialmente sintéticos, e sementes) e uma saída (parte colhida das plantas).

Apesar de muito menos visíveis que a agricultura industrial ou convencional, os precursores das agriculturas alternativas já vinham, desde a década de 1920, enfatizando o cuidado com o solo, bem como a importância da matéria orgânica como recurso chave para a manutenção de sua fertilidade plena. Um exemplo disso é a agricultura orgânica, esquematizada pelo britânico Albert Howard. Em seu livro *Um Testamento Agrícola*, escrito em 1939, Howard preconizava métodos

de manejo do solo pela natureza, por meio do uso de adubação verde e de métodos de compostagem e reciclagem de materiais para incorporação de matéria orgânica ao solo (HOWARD, 2012).

Dentre os princípios agroecológicos está a valorização do solo como um dos pilares da manutenção da vida, juntamente com a água e com a agrobiodiversidade. Quando um desses pilares é, de alguma forma, deteriorado, dá-se o empobrecimento e a insustentabilidade de um ambiente e, conseqüentemente, dos seres humanos que dele dependem. Por isso, a manutenção e a melhoria da fertilidade do solo são uma das prioridades da pesquisa em agroecologia.

Nos sistemas agroecológicos, o manejo do solo prioriza práticas de rotação, sucessão e consórcio de culturas que adicionem matéria orgânica, por meio do uso de plantas de cobertura ou adubos verdes, associando-se essas práticas ao uso de fertilizantes orgânicos, ou mesmo organominerais, que forneçam nutrientes de forma adequada aos cultivos.

A matéria orgânica proveniente de plantas de cobertura e adubos verdes atuará principalmente como condicionadora do solo, mas também como fornecedora de nutrientes; já os fertilizantes orgânicos ou organominerais têm um importante papel como fonte de nutrientes mas, simultaneamente, colaboram para o condicionamento do solo, pois também adicionam matéria orgânica.

A agroecologia vem ao encontro das preocupações da ONU e da sociedade, ressaltadas no Ano Internacional dos Solos e, com certeza, pode contribuir muito para que se alcance uma produção de alimentos que siga seu curso sem degradá-lo ou destruí-lo, mas, ao contrário, reparando-o, reconstruindo sua fertilidade, respeitando-o como a “mãe de todas as coisas” e, assim, permitindo a continuidade da vida. Por isso, é chegada a hora de usufruir de toda a sabedoria de pessoas como Ana Primavesi e Albert Howard e estudar, avançar e praticar o que hoje se pode chamar de Manejo Agroecológico do Solo.

A importância da matéria orgânica

A matéria orgânica (MO) é constituída de resíduos de origem vegetal ou animal, como esterco, restos de cultura, palhadas, folhas, cascas e galhos de árvores, raízes das plantas, e animais que vivem no solo, como cupins, formigas, besouros, fungos, bactérias e outros microrganismos. Esses componentes da matéria orgânica podem estar vivos (como os pequenos animais) ou já em decomposição (como os resíduos de plantas incorporados ao solo ou em cobertura). Como tudo que um dia foi vivo é constituído de carbono orgânico, muitas vezes encontramos o termo carbono orgânico como sinônimo de matéria orgânica. Na realidade, o carbono é o principal constituinte da matéria orgânica, mas a ele estão ligados vários outros elementos importantes, como por exemplo, o nitrogênio. É a matéria orgânica que confere a cor escura aos solos e garante que ele se mantenha vivo, ou seja, abrigando organismos que favorecem processos que mantêm a vida do solo (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2007).

A MO é considerada um componente-chave da qualidade do solo (DORAN, 1997), bem como de todos os sistemas terrestres (BARTJES; SOMBROEK, 1997). Esse consenso resulta principalmente de dois aspectos: O teor sensível a alterações promovidas no solo, e a maior parte dos atributos do solo ligados às suas funções básicas fortemente relacionados aos teores e à qualidade da matéria orgânica.

Suas reações no solo são bem diversas: trocas iônicas (ligadas à capacidade de troca de cátions - CTC); reações com minerais do solo (por exemplo, ligações com partículas de argila) e com moléculas orgânicas (adsorção de outras moléculas orgânicas); e complexação com metais (diminuição da concentração de metais pesados na solução do solo e complexação de Al^{+3}) (CANELLAS, 1999). Essas reações dão à MO um papel fundamental em atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Entre as características e propriedades químicas afetadas pela MO, destacam-se a disponibilização de nutrientes, o aumento da capacidade de troca de cátions e a

complexação de elementos tóxicos e micronutrientes. A agregação é o principal atributo físico favorecido pela MO e, a partir desse efeito, outros atributos físicos são positivamente afetados, como a densidade do solo, a porosidade, a aeração e a capacidade de retenção/infiltração de água. A MO também afeta diretamente atributos biológicos do solo, pois atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos quimioheterotróficos (BAYER; MIELNICZUCK, 1999).

Dos processos de decomposição e mineralização surgem os principais efeitos benéficos da matéria orgânica sobre a fertilidade do solo. A decomposição é o processo de quebra da matéria orgânica em partes menores, realizada pelos microrganismos decompositores presentes no solo, que utilizam a MO como alimento para sua sobrevivência e, para isso, precisam quebrá-la em partes menores. Já a mineralização é o resultado do processo de decomposição microbiana. Durante a decomposição, elementos químicos que antes se encontravam na forma orgânica são convertidos para a forma mineral e, assim, podem ser absorvidos pelas raízes das plantas. Os microrganismos decompõem primeiro as moléculas menores, ou seja, a parte mais fácil de ser quebrada e, nesse processo, a parte mais “dura”, mais difícil de decompor, vai se acumulando no solo. No entanto, a maior parte da MO adicionada ao solo é decomposta de forma relativamente rápida (de alguns meses até anos), principalmente em regiões onde a temperatura e a precipitação pluvial são altas, como no caso das regiões tropicais. O preparo intensivo do solo, por meio do revolvimento, também acelera a decomposição da MO, pois a ruptura dos agregados expõe mais o material ao ataque dos microrganismos. Infelizmente, é muito mais fácil e rápido perder matéria orgânica do que ganhar. Portanto, para manter o solo produtivo ao longo do tempo, é necessário que se adicione ou reponha MO com certa frequência. O ideal é que a cada cultivo se adicione MO ao solo (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2007). No entanto, a frequência da adição ou da reposição vai depender do sistema e das culturas em questão (Figura 1).

Foto: Agostinho Dircou Didonet



Figura 1. A presença de minhocas é um indicativo de solo rico em matéria orgânica.

Práticas adotadas nos sistemas agroecológicos

O primeiro princípio para a autorregulação dos agroecossistemas, próprio dos sistemas naturais, é a biodiversidade. A partir de sua restituição, estabelecem-se complexas interações entre o solo, as plantas e os animais (ALTIERI et al., 1987). A promoção da sustentabilidade de um agroecossistema depende, portanto, da otimização de processos, como a disponibilidade e o fluxo de nutrientes, a proteção da superfície do solo, a conservação e a integração da biodiversidade e a complementaridade no uso de recursos genéticos vegetais e animais (ALTIERI, 2002).

Todas as práticas que visam ao aumento da diversidade do sistema contribuem para o alcance de maior sustentabilidade. A sucessão, a rotação e o consórcio de culturas, o uso dos adubos verdes e os sistemas integrados são formas de criar maior diversidade e, assim, induzir a maiores graus de sustentabilidade.

Sistemas Agroflorestais

Os sistemas agroflorestais (SAF's) são aqueles em que espécies florestais são utilizadas em associação com cultivos agrícolas e/ou animais em uma mesma área (MACEDO et al., 2000) (Figura 2). Os SAF's podem contribuir para o uso adequado dos recursos naturais, pois cumprem importantes funções biológicas e socioeconômicas, pois a presença de árvores no sistema traz benefícios diretos e indiretos, tais como o controle da erosão e a manutenção da fertilidade do solo, o aumento da biodiversidade, a diversificação da produção e o alongamento do ciclo de manejo da área. Seu objetivo principal é otimizar o uso da terra, conciliando a produção florestal com a produção de alimentos, conservando o solo e diminuindo a pressão pelo uso da terra para produção agrícola. Áreas de vegetação secundária, sem expressão econômica e social, podem ser reabilitadas pelas práticas agroflorestais. Além disso, são sistemas mais estáveis, com menor entrada de recursos externos e, portanto, maior autossuficiência (ENGEL, 1999).

Foto: Agostinho Dirceu Didonet



Figura 2. Cultivo de grãos e hortaliças em associação com cultivo florestal.

Para a correta implantação de um SAF é necessário o conhecimento de características como clima, solo, árvores, pastagens e animais, aliado ao conhecimento de práticas que são bastante específicas. Geralmente, um SAF definido para um determinado local pode não ser adequado para uso em outras regiões e locais. Portanto, a composição do SAF deve ser aquela em que o produtor tenha um conhecimento razoável das espécies e predileção pelo manejo das espécies escolhidas. Nos SAF's, a produção de fitomassa que retorna ao solo e de MO gerada pelos componentes do sistema é equiparável àquela produzida pelo sistema natural, desde que se considerem as mesmas condições de clima. O importante nesse aspecto é que os nutrientes contidos na fitomassa, que se decompõem disponibilizando-os para as raízes na camada mais superficial do solo, foram reciclados e retirados de camadas bem mais profundas, não acessíveis às raízes das principais culturas anuais. Esse papel é executado pelas árvores componentes do sistema agroflorestal, que retiram esses nutrientes, incorporando-os em sua fitomassa (DIDONET, 2010).

Em uma avaliação de SAF's conduzidos sob manejo agroecológico em um assentamento da reforma agrária, no interior de São Paulo, Junqueira et al. (2013) detectaram que o sistema contribuiu para descompactar o solo, controlar a erosão, aumentar a retenção de água e para o aumento da ocorrência de plantas indicadoras de solos de alta qualidade, entre outras vantagens.

Adubação verde e cobertura morta

A adubação verde já era conhecida e utilizada por gregos, romanos e chineses, antes da Era Cristã (AMABILE; CARVALHO, 2006). Consiste na utilização de determinadas espécies de plantas em sistema de rotação, sucessão ou consórcio com a cultura de interesse econômico (CALEGARI et al., 1993). Essas plantas são, geralmente, chamadas de adubos verdes. No entanto, os termos plantas condicionadoras e plantas recicladoras também são muito utilizados para designá-las. Isso ocorre porque, ao adicionarem MO ao solo, os adubos verdes atuam como condicionadores. Ao mesmo tempo, por apresentarem um sistema radicular profundo e ramificado, capaz de explorar camadas subsupecíficas do solo, promovem a reciclagem de nutrientes.

Os resíduos dos adubos verdes podem ser deixados sobre a superfície do solo ou incorporados ao mesmo. A escolha da forma de manejo dependerá dos objetivos que se deseja alcançar com a adoção da prática (ALCÂNTARA et al., 2000). No primeiro caso, visa-se principalmente a cobertura e a proteção do solo (Figura 3); enquanto no segundo, o foco principal é a melhoria de sua fertilidade. Nos dois casos, a adição da MO proveniente da decomposição dos resíduos dos adubos verdes promove a melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. São essas condições que garantem sua qualidade, ou seja, sua capacidade de propiciar o desenvolvimento das culturas e se manter produtivo ao longo do tempo.

Foto: Sebastião José de Araújo



Figura 3. Palha de adubos verdes sobre o solo: cobertura e proteção.

No que diz respeito aos aspectos químicos, a adição de MO pode aumentar a disponibilidade de nutrientes, devido ao aumento da capacidade de troca de cátions efetiva do solo, e pode reduzir os teores de alumínio trocável, pela complexação desse elemento. Além disso, após a decomposição e mineralização dos resíduos dos adubos verdes, nutrientes antes indisponíveis para as culturas com raízes pouco profundas, como hortaliças, por exemplo, são adicionados à camada

arável. A utilização de leguminosas como adubo verde apresenta a vantagem de adicionar consideráveis quantidades de nitrogênio ao solo, devido à fixação biológica de nitrogênio (FBN).

Em relação às condições físicas do solo, pode-se destacar o efeito protetor da cobertura vegetal, que impede o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo e diminui os riscos de erosão, bem como o aumento da taxa de infiltração de água. Simultaneamente, a matéria orgânica adicionada pelos adubos verdes contribui para a redução da densidade do solo, para a agregação de suas partículas (ação cimentante) e para a melhoria da aeração e da drenagem (formação de macro e microporos).

Quanto aos aspectos biológicos, com o uso da adubação verde, cria-se um ambiente mais favorável para os microrganismos do solo, responsáveis diretos pela decomposição e mineralização da MO.

As sementes de adubos verdes podem ter custo limitante para alguns agricultores. No entanto, é importante saber que é possível produzi-las na propriedade, ou seja, após a primeira aquisição, o agricultor pode se tornar independente de novas aquisições no mercado.

A adubação verde pode ser adotada em rotação (plantio de espécies de adubos verdes no verão ou inverno, cobrindo o solo por um período de quatro a seis meses), em consórcio (adubo verde plantado em consórcio com a (s) cultura (s) principal (is)), adubação verde em sucessão (plantado logo após a cultura principal), e adubação verde em áreas de pousio temporário (viável em áreas degradadas ou que não estão incorporadas ao processo produtivo) (GUERREIRO, 2002). De toda forma, é possível e necessário que adaptações quanto à época de plantio e forma de manejo da adubação verde sejam feitas na própria propriedade, respeitando as demandas do agricultor.

Dentre as espécies que tem se destacado como adubos verdes, plantas condicionadoras ou recicladoras, podem ser citadas as leguminosas guandu (*Cajanus cajan*), mucuna-preta (*Mucuna*

aterrima), *Crotalaria juncea* (Figura 4), *Crotalaria oroleuca*, *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria paulina*, feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*); as gramíneas milheto (*Pennisetum glaucum*), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*) e aveia-preta (*Avena strigosa* Scheb); e plantas de outras famílias como a brássica, o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e a composta girassol (*Helianthus annuus*). A escolha das espécies depende de vários fatores, entre eles a região e suas condições edafoclimáticas e os objetivos a que se propõe.

Foto: Sebastião José de Araújo



Figura 4. *Crotalaria juncea*: excelente opção para o verão nas regiões tropicais.

As espécies de adubos verdes podem ser usadas isoladamente ou em conjunto (coquetel) (Figura 5). O coquetel de adubos verdes é a mistura de espécies de diferentes famílias, que possuam diferentes hábitos de crescimento (arquitetura da parte aérea) e ocupem diferentes estratos do solo (desenvolvimento do sistema radicular). O coquetel traz como benefícios a exploração de camadas diferenciadas do solo pelas raízes, acarretando melhoria da estrutura; o acúmulo diferenciado de nutrientes; a velocidade distinta de decomposição dos resíduos, com impacto na proteção do solo, controle de plantas espontâneas e liberação de nutrientes; e o aumento da diversidade biológica, que acarreta impacto na população de insetos benéficos pela oferta variada de abrigo, de néctar e de pólen. Várias combinações podem ser feitas com base na disponibilidade de sementes e das condições climáticas locais. Para as regiões de clima tropical, as espécies mais difundidas nas misturas são milho, milheto, sorgo, painço, feijão-de-porco, feijão-bravo-do-ceará, feijão-de-corda, mucunas, lab-lab, calopogônio, crotalárias, guandu, tefrósia, leucena, girassol e mamona, dentre outras (ALMEIDA et al., 2007).

Foto: Priscila Vetrano Rizzo



Figura 5. Uso conjunto de dois adubos verdes: crotalária juncea e milheto.

Conforme dito anteriormente, a forma de utilização dos adubos verdes, das plantas condicionadoras ou recicladoras, dependerá dos objetivos. A utilização como cobertura morta é particularmente positiva para a proteção do solo contra erosão, perdas excessivas de água, amenização da temperatura do solo e, secundariamente, como fornecedora de nutrientes após a decomposição do material (SOUZA; RESENDE, 2003). A cobertura morta também pode ser realizada com os próprios restos culturais, dependendo da lavoura. Na Figura 6 mostra-se um bananal em que as próprias folhas velhas formam a cobertura morta do solo.

O manejo do material produzido (palha) pode ser feito pelo uso de roçadora ou rolo-faca. Alternativamente, pode-se usar no cultivo mínimo a grade “niveladora”. No entanto, essa só deve ser usada em alguns casos, quando há grande volume e massa vegetal, e deve ser passada fechada para não aprofundar no solo e não incorporar a cobertura morta, mantendo-a na superfície. O corte deve sempre ser realizado antes da existência de sementes viáveis. Nos casos em que as plantas de cobertura para a formação de palha apresentem alguma capacidade de rebrota, seu plantio em linha pode facilitar as capinas posteriormente, efetuando-se o semeio ou o transplante de mudas da (s) cultura (s) principal (is) nas entrelinhas das plantas de cobertura. No que diz respeito à escolha das plantas de cobertura, deve-se considerar o objetivo: como regra geral, se o desejado é uma cobertura morta duradoura, opta-se pelo plantio de gramíneas, que apresentam alta relação C/N, tais como o milho, o milheto, o sorgo, as aveias, entre outras; se, por outro lado, deseja-se obter cobertura morta de degradação mais rápida para a liberação de nutrientes para a cultura sucessora, utilizam-se plantas de cobertura com relação C/N mais baixa, tais como as brássicas, a exemplo do nabo forrageiro e das nabiças, as amarantáceas, como o amaranto, ou as leguminosas, como as mucunas, as crotalárias, o lab-lab, as sojas, o guandu, o feijão-de-porco, entre outras. O uso de vegetação espontânea também pode ser viável, porém, há que se observar se estão ocorrendo plantas espontâneas problemáticas, que poderão competir por água e nutrientes durante o ciclo da cultura principal, o que pode ser altamente desfavorável (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2007).



Figura 6. Cobertura morta proveniente da própria cultura: folhas de bananeiras que protegem o solo e aumentam a matéria orgânica ao longo do tempo.

Fertilizantes adequados

Apesar de as práticas de manejo, como a rotação de culturas e a adubação verde, contribuírem para o aumento dos teores de MO e promoverem melhorias químicas, físicas e biológicas, na grande maioria das situações são necessários aportes de nutrientes para o suprimento adequado às demandas nutricionais das culturas, pois, com a colheita, ocorre a exportação dos nutrientes absorvidos pelas plantas. Nos sistemas agroecológicos, o aporte de nutrientes pode ser realizado por meio do uso de fertilizantes orgânicos e organominerais que tenham como matéria prima, preferencialmente, resíduos da própria propriedade ou materiais abundantes na região, que sejam de fácil acesso e baixo custo (Figura 7). Processos como a compostagem e a vermicompostagem podem tornar o agricultor independente da aquisição de fertilizantes no mercado e fornecer um produto de qualidade, ecologicamente correto e economicamente

viável. É importante esclarecer que se entendem aqui por fertilizantes organominerais aqueles provenientes do enriquecimento de fertilizantes orgânicos com materiais minerais naturais não solúveis e não sintéticos, permitidos pela legislação brasileira para uso em agricultura orgânica, como, por exemplo, os fosfatos naturais e os pós de rocha.

Foto: Pricila Vetrano Rizzo



Figura 7. Pilha de composto orgânico elaborado com matérias-primas da propriedade: esterco bovino, capim napier e folhas de bananeira.

O manejo da fertilidade do solo nos sistemas agroecológicos se baseia não apenas no aspecto químico, mas também nos atributos físicos e biológicos, considerando, inclusive, os efeitos em médio e longo prazo do manejo da matéria orgânica e dos nutrientes. Assim, por ser bastante complexa, a recomendação de doses de fertilizantes orgânicos e organominerais ainda precisa ser mais bem estudada. No entanto, para que se calculem doses de fertilizantes a serem utilizadas, devem-se levar em conta aspectos que são preconizados pela fertilidade do solo clássica, como a análise química do solo, a composição do adubo

e a exigência das culturas em questão. A grande diferença é que nos sistemas agroecológicos, grande peso é dado também ao histórico do sistema, ou seja, que culturas vieram antes e que culturas virão depois, além da interação do sistema com o todo da propriedade (outras atividades, por exemplo).

Outro ponto importante no manejo da correção e da adubação em sistemas agroecológicos é a busca constante do equilíbrio. Por isso, é necessário que se planeje o manejo da fertilidade do sistema, levando em consideração o equilíbrio no solo e não os teores e parâmetros máximos que se pode alcançar. Por exemplo, é muito mais sustentável ter um solo com saturação por bases (V) de 50%, mas equilibrado em relação aos teores de MO, macro e micronutrientes, do que elevar a saturação para 60% ou 70% e correr o risco de causar algum desequilíbrio (desnecessário), como, por exemplo, deficiência de algum micronutriente.

O que é qualidade do solo e como avaliá-la

Qualidade do solo é a capacidade ou especificidade do solo de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana (DORAN; PARKIN, 1994). Para avaliá-la é preciso fazer uma varredura nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, de forma a verificar se estão favorecendo ou desfavorecendo a qualidade.

Tais avaliações começam com a coleta de amostras para determinações laboratoriais de atributos químicos, físicos e biológicos. Dentre os químicos, destacam-se os teores de MO e de Al, de macro e micronutrientes e o pH; dentre os físicos, a densidade do solo, a umidade, a capacidade de retenção de água e a porosidade; dentre os biológicos, o carbono da biomassa microbiana. Esse seria um conjunto mínimo de atributos, que pode ser ampliado, dependendo das possibilidades de coleta e análise.

Sem diminuir a importância dos dados laboratoriais, da elaboração de índices e da pesquisa em qualidade do solo, faz-se necessária a existência de alguma ferramenta simples que possa ser utilizada pelos próprios agricultores na avaliação *in loco* da qualidade do solo de suas áreas.

A metodologia “Sistema de Avaliação Rápida e Fácil da Qualidade do Solo e da Sanidade dos Cultivos” foi proposta e está descrita em Altieri e Nicholls (2002) e Nicholls et al. (2004). Ela se baseia em duas funções que são próprias de ecossistemas: (1) a diversidade dos microrganismos, plantas e animais, e (2) a ciclagem biológica de nutrientes via MO. Objetiva-se, com o método, avaliar a eficiência do manejo do agroecossistema, por meio de indicadores fáceis de estimar em campo, que perpassam não só atributos facilmente verificáveis da qualidade do solo, mas também aspectos relacionados à sanidade dos cultivos. No Brasil, a aplicação do método e a capacitação de agricultores para seu uso pode ser encontrada em Machado e Vidal (2006). Com esse método, os próprios agricultores podem, de forma simples, acompanhar os efeitos no manejo em seus agroecossistemas e, com base nisso, tomar as melhores decisões.

Considerações finais

O solo é um recurso chave para a manutenção da vida. Suas relações com o clima, os microrganismos, as plantas e os animais são profundas e ainda pouco compreendidas, visto que o solo pode ser considerado um “sistema” em si mesmo. Para manejá-lo de forma segura e realmente sustentável, ou seja, mantendo-o saudável e produtivo para as futuras gerações, o manejo agroecológico do solo propõe a valorização da matéria orgânica e o uso de práticas que contribuam para a manutenção e o aumento de seus teores no solo, além de práticas que aumentem a diversidade dos sistemas, posto que sistemas mais diversos “em cima” (maior diversidade vegetal e animal) refletem em maior diversidade “embaixo” (maior diversidade de microrganismos no solo e maior fertilidade). É preciso imitar a natureza para que se consiga diversidade

e, conseqüentemente, equilíbrio e fertilidade que se mantenham em longo prazo. Os sistemas agroflorestais, os adubos verdes e as plantas condicionadoras, as sucessões, rotações e consórcios, e o uso equilibrado de fertilizantes orgânicos e organominerais, fazem parte do manejo agroecológico do solo, fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agroecológicos de produção.

Referências

ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R. Manejo do solo. In: HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A.; RESENDE, F. V. (Ed.). **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 79-98. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

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

ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Adubação verde. In: HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A.; RESENDE, F. V. (Ed.). **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 99-112. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2004. 110 p.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia**, Turrialba, n. 64, p. 17-24, jun. 2002.

ALTIERI, M. A.; ANDERSON, M. K.; MERRICK, L. C. Peasant agriculture and the conservation of crop and wild plant resources. **Conservation Biology**, Oxford, v. 1, n. 1, p. 49-58, May 1987.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 23-40.

BARTJES, N. H.; SOMBROEK, W. G. Possibilities for carbon sequestration tropical and subtropical soils. **Global Change Biology**, Oxford, v. 3, n. 2, p. 161-173, Apr. 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 9-23.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 1-55.

CANELLAS, L. P. **Avaliação de características físico-químicas de ácidos húmicos**. 1999. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

DIDONET, A. D. **Sistemas agroflorestais: segurança alimentar, produtos e serviços associados**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 24 p.

DORAN, J. W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo: anais**. [Viçosa, MG]: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 1 CD-ROM.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment: proceedings of a symposium**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA. Special publication, 35).

ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p.

GUERREIRO, C. P. V. Diferentes métodos de adubação verde. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, v. 2, n. 14, p. 12-13, maio/jun. 2002.

HOWARD, A. **Um testamento agrícola**. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 360 p.

JUNQUEIRA, A. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; CANUTO, J. C.; NOBRE, H. G.; SOUZA, T. J. M. Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 102-115, 2013.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 93-98, jan./ fev. 2000.

MACHADO, C. T. T.; VIDAL, M. C. **Avaliação participativa do manejo de agroecossistemas e capacitação em agroecologia utilizando indicadores de sustentabilidade de determinação rápida e fácil**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 44 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 173).

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; DEZANET, A.; LANA, M.; FEISTAUER, D.; OURIQUES, M. A rapid, farmer-friendly method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. **Biodynamics**, Pottstow, n. 250, p. 33-40, 2004.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1979. 579 p.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 564 p.