

Cruz das Almas, BA / Agosto, 2024

## Boas práticas agrícolas para manejo do solo em sistema orgânico





**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Mandioca e Fruticultura  
Ministério da Agricultura e Pecuária**

ISSN 1516-5728 / e-ISSN 1809-4996

## **Documentos 256**

Agosto, 2024

### **Boas práticas agrícolas para manejo do solo em sistema orgânico**

*Ana Lúcia Borges  
Francisco Alisson da Silva Xavier  
Harllen Sandro Alves Silva  
José Eduardo Borges de Carvalho (in memoriam)  
Laercio Duarte Souza  
Luciano Ricardo Braga Pinheiro  
Marcos Roberto da Silva*  
Autores

**Embrapa Mandioca e Fruticultura**  
Cruz das Almas, BA  
2024

**Embrapa Mandioca  
e Fruticultura**

Rua Embrapa, s/nº,  
Caixa Postal 07, 44380-000,  
Cruz das Almas, Bahia  
www.embrapa.br/mandioca-  
e-fruticultura  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
Presidente

*Eduardo Chumbinho de Andrade*

Secretária-executiva

*Maria da Conceição Pereira da Silva*

Membros

*Alecio Souza Moreira*

*Áurea Fabiana Apolinário de Albuquerque Gerum*

*Domingo Haroldo Rudolfo Conrado Reinhardt*

*Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki*

*Ildos Parizotto*

*Marcelo do Amaral Santana*

*Marilene Fancelli*

*Paulo Ernesto Meissner Filho*

*Tatiana Góes Junghans*

Edição executiva

*Eduardo Chumbinho de Andrade*

Revisão de texto

*Amanda Iooost da Costa*

Normalização bibliográfica

*Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

*Perrone (CRB-5/1161)*

Projeto gráfico

*Leandro Sousa Fazio*

Diagramação

*Anapaula Rosário Lopes*

Fotos da capa

*Francisco Alisson da Silva Xavier*

*Marcos Roberto da Silva*

*José Eduardo Borges de Carvalho*

Publicação digital: PDF

**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 Mandioca e Fruticultura

---

Boas práticas agrícolas para manejo do solo em sistema orgânico / Ana Lúcia Borges...  
[et. al.]. – Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2024.

PDF (54 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Mandioca e Fruticultura, e-ISSN 1809-  
4996 ; 256)

1. Solo. 2. Agricultura orgânica. I. Borges, Ana Lúcia. II. Xavier, Francisco Alisson da Silva. III.  
Silva, Harllen Sandro Alves. IV. Carvalho, José Eduardo Borges de. V. Souza, Laercio Duarte.  
VI. Pinheiro, Luciano Ricardo Braga. VII. Silva, Marcos Roberto da. III. Título. IX. Série.

CDD 631.45

---

*Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro Perrone Bibliotecária (CRB5 – 11/61) © Embrapa 2024*

## Autores

---

### **Ana Lúcia Borges**

Engenheira-agrônoma, doutora em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

### **Francisco Alisson da Silva Xavier**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

### **Harllen Sandro Alves Silva**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

### **José Eduardo Borges de Carvalho** *(in memoriam)*

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

### **Laercio Duarte Souza**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos/Produção Vegetal, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

### **Luciano Ricardo Braga Pinheiro**

Biólogo, mestre em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva, analista da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

### **Marcos Roberto da Silva**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola, professor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA



## Apresentação

---

Com muita satisfação a Embrapa Mandioca e Fruticultura disponibiliza o documento intitulado “Boas práticas para o manejo do solo em sistema orgânico”. Esta publicação tem grande relação com pelo menos três dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU): Fome Zero e Agricultura Sustentável; Saúde e Bem-Estar, e Vida Terrestre. Tem também conexão com o tema do Dia Mundial do Solo de 2022, “Solos, onde a alimentação começa”, que destaca o valor do solo para a produção de alimentos, melhor nutrição e dietas saudáveis.

Este documento teve origem na cooperação técnica entre a Embrapa Mandioca e Fruticultura e a Bioenergia Orgânicos, empresa localizada na Chapada Diamantina, BA. A partir dessa cooperação, foi possível executar o projeto “Desenvolvimento de sistemas orgânicos de produção para fruteiras de clima tropical”. Essa iniciativa levou a Embrapa Mandioca e Fruticultura a reforçar estudos no segmento de orgânicos e gerou sistemas orgânicos de fruteiras. Nesses sistemas o solo é destaque, uma vez que é a base da produção.

A publicação conta com sete segmentos, cobrindo desde a importância do solo, até questões relacionadas à calagem e gessagem, passando por temas como matéria orgânica, amostragens de solo, manejo e conservação do solo, mecanização, coberturas vegetais e adubação verde. Este documento, fruto de colaboração entre a Embrapa Mandioca e Fruticultura e a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, descreve as práticas necessárias para o manejo adequado do solo visando a uma produção sustentável, com base em experimentos realizados e também conhecimentos disponíveis na literatura. Aborda sobre o que avaliar, como avaliar e quando avaliar no que diz respeito à qualidade do solo e tem um foco especial na adoção da bioanálise, com sugestões de bioindicadores para avaliação da saúde do solo.

Desta forma, espera-se que as informações deste documento possam auxiliar no estabelecimento de culturas em sistema orgânico que atendam aos princípios de uma agricultura mais sustentável, uma vez que solos saudáveis são mais produtivos e resilientes.

*Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa*  
Chefe-Geral da Embrapa Mandioca e Fruticultura



## Sumário

---

<b>Introdução</b>	9
<b>Importância do solo</b>	9
<b>Matéria orgânica do solo</b>	11
<b>Amostragens do solo</b>	12
Amostragem do solo para análises físicas	13
Amostragem do solo para análises químicas	16
Amostragem do solo para análises biológicas	18
<b>Princípios básicos em manejo e conservação do solo</b>	20
Manejo dos restos culturais	23
Rotação de culturas	24
Cultivo intercalar	24
Adubação verde	25
<b>Mecanização no preparo do solo</b>	25
Preparo do solo – quando e como?	26
Aspectos para seleção do sistema de preparo do solo	26
Sistemas de preparo do solo	27
<b>Coberturas vegetais e adubação verde</b>	30
Benefícios das coberturas vegetais para a conservação do solo e da água	32
Incorporação e decomposição da fitomassa	34
Coberturas vegetais no controle de plantas espontâneas	35
Como plantar as coberturas vegetais	36
Manejo das coberturas vegetais perenes	39
Vantagens das coberturas vegetais	40
<b>Calagem e gessagem</b>	42
Calagem	42
Gessagem	44
Efeitos do calcário e gesso nos atributos químicos do solo	45

<b>Considerações finais</b>	49
<b>Referências</b>	50
<b>Glossário</b>	53

## Introdução

O solo é um dos recursos naturais mais importantes para o equilíbrio do planeta, sendo um componente-chave para manutenção da qualidade do ecossistema, produção de alimentos e fibras e promoção de serviços ambientais. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) estabelece anualmente o Dia Mundial do Solo. No ano de 2022, essa iniciativa teve como tema: “Solos, onde a alimentação começa”, e destacou o valor do solo para a produção de alimentos, melhor nutrição e dietas saudáveis.

O solo é o material natural que cobre a superfície do planeta Terra. Sua formação resulta da interação mecânica, química e biológica do intemperismo sobre o material parental, o que torna a sua composição uma mistura de minerais, matéria orgânica, água e ar. A composição do solo inclui materiais que estão presentes nos três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso (Koorevar et al., 1999).

A fase sólida do solo é composta de minerais e matéria orgânica. As partículas minerais têm origem no intemperismo das rochas e apresentam tamanhos que variam de fragmentos de rocha, que geralmente são minerais primários, até partículas coloidais que estão associadas a minerais secundários. A matéria orgânica tem os seus componentes de origem animal e/ou vegetal.

O volume do solo está dividido entre a fração mineral, que normalmente ocupa 50%, a fração orgânica, que se concentra mais próximo à superfície e ocupa cerca de 5%, e o sistema de poros, que varia de 45 a 50% do volume do solo, divididos entre poros com maiores diâmetros, que são considerados de aeração, e poros com menor diâmetros para armazenar água.

O cuidado com o recurso natural solo tem sido uma preocupação para pesquisadores de todas as áreas de atuação. Sua degradação, especialmente pela perda de nutrientes, tem impactado diretamente a vida de muitos agricultores, uma vez que aproximadamente 95% dos alimentos provêm do solo. O processo de degradação ameaça a nutrição da população mundial e é reconhecido como um dos

maiores problemas para a segurança e sustentabilidade alimentar em todo o mundo.

Em plena expansão em todo o mundo, o sistema orgânico no Brasil já conta com 1,0 milhão de hectares, correspondendo a 0,4% da área agrícola cultivada. Esse sistema visa regenerar o solo como base da produção de alimentos, por meio do uso de técnicas conservacionistas, tais como rotação de culturas, consórcios, faixas vegetadas, manutenção de cobertura permanente, manutenção e incremento da fertilidade pela reciclagem de resíduos. Tem-se como alvo obter um solo saudável, resiliente e produtivo.

Assim, esta publicação abordará tópicos que incluem a importância do solo e da matéria orgânica, as formas de avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, a mecanização no preparo do solo e as práticas de manejo de coberturas vegetais, calagem e gessagem para que se tenha um solo de qualidade e de onde se possa obter alimentos mais nutritivos.

## Importância do solo

O marco inicial da agricultura deu-se aproximadamente há 12 mil anos, quando o homem deixa de ser simplesmente um coletor e passa a domesticar e cultivar as plantas. A partir de então, as sociedades civilizadas fundamentaram-se em medidas para controlar a natureza. Como reflexo disso, os recursos naturais, como o solo, as florestas, a fauna e a água, vêm sendo incessantemente impactados a partir das ações antrópicas para desenvolver agricultura que, muitas vezes, é feita de forma predominantemente exploratória, sem qualquer preocupação com a conservação dos recursos naturais. O estabelecimento da agricultura, portanto, se dá pelo uso do solo como substrato para sustentar e nutrir as plantas.

O solo é um dos recursos naturais mais importantes para o equilíbrio do ecossistema terrestre,

pois interage diretamente com a atmosfera, a biosfera, a litosfera e a hidrosfera (Coleman, 2013). Tais interações fazem do solo um importante componente para manutenção da qualidade do ecossistema, para a produção de alimentos e fibras e promoção de serviços ambientais.

Para entender a importância do solo para a produção de alimentos, deve-se inicialmente considerar seu embasamento conceitual. O Sistema Brasileiro de Classificação do Solo define o solo como sendo uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos; contém matéria viva e pode ser vegetado na natureza e, eventualmente, ter sido modificado por ações do homem (Santos et al., 2018). Portanto, os componentes do solo revelam muito a seu respeito e de que maneira ele vai se comportar no ambiente. A forma com que o solo é manejado e usado na agricultura impacta diretamente nos seus componentes. Por exemplo, práticas mecânicas inadequadas poderão causar compactação e diminuir o espaço poroso e, assim, diminuir o fluxo de gases como oxigênio ( $O_2$ ) e gás carbônico ( $CO_2$ ).

O solo desempenha importantes funções no ecossistema, as quais são chamadas de funções do solo. A funcionalidade de um solo é determinada pela relação existente entre seus atributos físicos, químicos e biológicos. Alguns atributos podem ser considerados como indicadores da funcionalidade do solo, tais como: densidade do solo, porosidade, resistência à penetração de raízes, pH, carbono orgânico, saturação por bases, atividade da biomassa microbiana, etc. O monitoramento desses atributos constitui-se uma ferramenta importante para avaliar a qualidade e funcionalidade do solo em resposta a um determinado tipo de uso ou manejo. As funções do solo dão suporte à prestação de serviços do ecossistema. Estes serviços podem ser divididos em quatro categorias: 1) serviços de provisão – diretos ou indiretos para o homem, tais como fornecimento de água doce, madeira, fibra e combustível; 2) serviços regulatórios – regulação de gases e água, clima, inundações, erosão, polinização e doenças; 3) serviços culturais – estética, espiritualidade, educação e recreação; 4) serviços de suporte – ciclagem de nutrientes, produção primária, habitação e biodiversidade. A escolha das funções que devem ser constantemente monitoradas depende das condições regionais e da especificidade da atividade agrícola. Por exemplo, para o cultivo dos citros, Souza et al. (2003) apontaram que quaisquer interferências de uso e manejo do solo para aumentar a produtividade deve estar

relacionada com: 1) melhoria do crescimento do sistema radicular em profundidade; 2) aumento da capacidade de armazenamento da água no perfil do solo; e 3) melhoria dos atributos químicos do solo. Outras funções podem estar associadas com outras culturas.

Historicamente vem-se atribuindo o conceito de solo fértil como sendo aquele que apresenta quantidade adequada de nutrientes para uma determinada cultura. Desconsidera-se nesta abordagem os demais atributos do solo que são igualmente fundamentais para o crescimento das raízes. Não é razoável, portanto, entender a fertilidade do solo a partir do conceito reducionista em relação aos nutrientes, mas sim considerar a gama de funções que este deve exercer. Sendo assim, parece muito mais coerente concordar com o conceito estabelecido por Marcos (1982), que considera “solo ideal, ou solo fértil, como aquele que é capaz de fornecer água, ar, calor e nutrientes às plantas, no momento e na medida em que elas necessitam.” Fornecer água, ar, calor e nutrientes depende da inter-relação entre os atributos físicos, químicos e biológicos responsáveis pela funcionalidade dos solos.

A conscientização de que o solo é um componente crítico da biosfera terrestre, importante não apenas para a produção de alimentos e de fibras, mas também para a manutenção da qualidade ambiental, resultou na definição do termo qualidade do solo. Os primeiros pesquisadores que trouxeram essa abordagem estabeleceram que a qualidade do solo pode ser entendida como a capacidade que ele tem para, dentro dos limites do ecossistema, sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde do homem, das plantas e dos animais (Doran e Parkin, 1994). Uma revisão crítica e atual sobre o tema de qualidade do solo pode ser encontrada em Bünemann et al. (2018).

Mensurar a qualidade do solo é um exercício de identificação dos atributos físicos, químicos e biológicos que respondem mais rapidamente ao manejo ou que afetam diretamente as funções do ecossistema. Esses indicadores podem ser qualitativos (ex. drenagem rápida) ou quantitativos (ex. velocidade de infiltração). Na definição dos melhores indicadores, deve-se atentar aos seguintes critérios, de acordo com Doran e Parkin (1996):

- Integrar atributos e processos físicos, químicos e biológicos do solo.
- Correlacionar com processos do ecossistema.
- Ser acessível a muitos usuários.

- Ser sensível ao manejo e clima.
- Ser aplicável à condição de campo.
- Ser componente de bancos de dados existentes.
- Ser interpretável.

A avaliação da qualidade do solo requer métodos sistemáticos para medir e interpretar as contribuições dos indicadores selecionados. A aplicação do mecanismo desenvolvido por Wymore (1993) combina diferentes funções e indicadores para determinar o índice de qualidade do solo (IQS). Esse modelo apresenta uma estrutura de cálculo com pesos e ponderações predefinidos para as principais funções e seus indicadores de qualidade. Utilizando essa abordagem, Melo Filho et al. (2007) estabeleceram um IQS global de 0,4620 para um Latosolo Amarelo coeso no Tabuleiro Costeiro na Bahia. A simples análise deste valor não diz muito para as ações necessárias para correção ou prevenção de problemas relacionados com o manejo. No entanto, a análise de forma mais integrada na geração deste índice informou que a produção agrícola nessa classe de solo nos Tabuleiros Costeiros deve ser realizada necessariamente com a melhoria da capacidade de retenção e armazenamento de água, a redução da acidez e o aumento da oferta de nutrientes.

A chave da fertilidade do solo está na inter-relação dos seus atributos físicos, químicos e biológicos.

Os atributos físicos influenciam diretamente processos-chave no solo, tais como: infiltração de água, erosão, ciclagem de nutrientes e atividade biológica. Como principais atributos físicos destacam-se: textura, estrutura, densidade, porosidade, consistência, infiltração, resistência à penetração, cor, temperatura e estabilidade de agregados.

Os atributos químicos do solo, por sua vez, estão mais associados com a nutrição mineral propriamente dita, pois são eles que governam a disponibilidade de nutrientes na solução do solo. Podem ser citados como principais atributos químicos do solo: pH, teores de cátions trocáveis ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ), fósforo disponível, acidez trocável, saturação por alumínio, saturação por bases, capacidade de troca de cátions, nitrogênio mineral e carbono orgânico. Uma particularidade bastante importante com relação aos atributos químicos dos solos tropicais é a baixa capacidade de troca de cátions (CTC). Nos solos tropicais, de modo geral, predominam argilas denominadas caulinitas ou óxidos de ferro/alumínio. Estes minerais, devido à sua estrutura cristalina, possuem baixa CTC, que varia de 3 a 15  $cmol_c/kg$ . Já nos solos de clima temperado predominam argilas

com maior CTC, variando de 80 a 150  $cmol_c/kg$ . Comparativamente, a fração orgânica do solo, representada majoritariamente pelo húmus, possui CTC que pode variar de 400 a 800  $cmol_c/kg$  (Novotny et al., 2009). Tal constatação revela que solos de clima tropical são altamente dependentes da manutenção dos teores de matéria orgânica para sua adequada funcionalidade no ecossistema.

Os atributos biológicos são importantes bioindicadores de qualidade do solo, uma vez que são rapidamente afetados pelo uso e manejo do solo e influenciam os atributos físicos e químicos. O termo bioindicador representa um organismo vivo, ou grupo de organismos, capaz de detectar mudanças qualitativas ou quantitativas no meio ambiente provocadas por algum estresse de origem antrópica. Após a detecção de mudanças ambientais, os bioindicadores auxiliam na formulação e adoção de medidas preventivas ou corretivas para o problema levantado. O uso de bioindicadores é uma prática comum em estudos de impacto e monitoramento ambiental, já que eles fornecem informações sobre as condições do ecossistema. São escolhidos com base em suas características biológicas, como a sensibilidade aos poluentes, a distribuição geográfica e a facilidade de coleta e análise. Eles podem ser utilizados para medir diferentes parâmetros ambientais, como a qualidade da água e do solo, a poluição do ar, a contaminação por metais pesados, entre outros. Os principais bioindicadores do solo são representados pela macro, meso e microfauna. A macrofauna envolve organismos com dimensões acima de 10 mm de comprimento e 2 mm de diâmetro (ex. minhocas, cupins, formigas, coleópteros, aracnídeos e outros); a mesofauna inclui organismos de tamanho entre 2 a 10 mm que não criam galerias próprias, mas habitam nos espaços porosos (ex. ácaros, colêmbolos); já a microfauna compreende o conjunto de organismos menores que 2 mm, identificados apenas com auxílio de microscópio (ex. bactérias, fungos, protozoários, nematoides). Esses organismos são responsáveis pelo processo de decomposição da matéria orgânica e formação do húmus, portanto, decisivos no processo de ciclagem de nutrientes.

## Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica é um componente fundamental para a funcionalidade dos solos tropicais, tema discutido mais detalhadamente por Craswell e Lefroy (2001). Por influenciar os atributos físicos, químicos e biológicos, a matéria orgânica constitui-se um

indicador fundamental para aferição da qualidade do solo. A matéria orgânica do solo (MOS) é constituída por resíduos vegetais em vários estágios de decomposição, pela biomassa microbiana e pela fração mais estável denominada húmus. Ela apresenta-se como um complexo sistema de substâncias, que tem sua dinâmica governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua de seus constituintes sob a ação de fatores físicos, químicos e biológicos (Stevenson, 1982).

É possível classificar a MOS em componentes vivos e não-vivos. Os componentes vivos raramente ultrapassam 4% do carbono total do solo, podendo ainda ser subdividido em três compartimentos: raízes (5 a 10%), macrorganismos (15 a 30%) e microrganismos (60 a 80%). Os componentes não-vivos normalmente constituem a maior proporção do carbono orgânico total do solo, acima de 96%, subdividindo-se em matéria macrorgânica e o húmus (Camargo et al., 1999).

A matéria orgânica afeta diretamente algumas características fundamentais dos solos, tais como: retenção de calor; capacidade de retenção de água, secagem imediata; estabilidade estrutural do solo; armazenamento e permeabilidade da água; disponibilidade de nutrientes, CTC e acidez trocável do solo; possui ação tamponante em faixas ácidas, neutras e alcalinas de pH; afeta a bioatividade, persistência e biodegradabilidade de pesticidas, etc. (Silva; Mendonça, 2007).

A matéria orgânica é um atributo determinante da qualidade do solo, pois as funções que ela exerce estão intimamente associadas com propriedades emergentes que promovem a qualidade do solo. Por exemplo, quanto ao aspecto físico do solo a matéria orgânica afeta diretamente a taxa de infiltração de água, o intervalo hídrico ótimo, a resistência à penetração de raízes, a macroporosidade e a estabilidade de agregados. Do ponto de vista químico, a fração húmica promove aumento da CTC, regula o pH e disponibiliza nutrientes para as plantas. No componente biológico, afeta diretamente a atividade dos microrganismos, servindo como principal fonte de energia para a microbiota do solo.

A compartimentalização da matéria orgânica em reservatórios distintos tem sido apresentada como uma tentativa de se entender as funções e atividade dos seus componentes, permitindo observar os efeitos do manejo do solo nas alterações da dinâmica do C no ambiente (Sharma et al., 2022). Basicamente, a MOS pode ser entendida sob a forma de quatro compartimentos ou reservatórios, que são definidos baseados na biodisponibilidade destes à decomposição/oxidação: (1) compartimento ativo ou lábil,

formado de compostos prontamente oxidáveis; (2) compartimento lentamente oxidado, protegido dentro de macroagregados do solo; (3) compartimento muito lentamente oxidado, associado aos microagregados; e (4) compartimento passivo ou recalci-trante, sob a influência direta da mineralogia da argila, não sendo afetado facilmente pelas práticas de manejo ou ataque de microrganismos (Silva; Mendonça, 2007). O compartimento 1 é representado por estruturas orgânicas mais simples, que podem ser decompostas facilmente pelos microrganismos, tais como açúcares, ácidos orgânicos de baixo peso molecular, derivados de exsudatos radiculares, e fragmentos da biomassa microbiana do solo; já os compartimentos 2 e 3 compreendem a matéria macrorgânica, que se constitui fonte de energia para os microrganismos e formação de agregados. Durante o processo de decomposição, são considerados transitórios, formados por restos vegetais em diferentes estágios de decomposição que podem estar livres no solo ou protegidos dentro da estrutura dos agregados; por fim, o compartimento 4 é formado por estruturas orgânicas mais complexas que estão fortemente associadas às argilas do solo, o que lhe confere uma forte proteção contra o ataque microbiano. Neste compartimento estão inclusas as substâncias húmicas, mais comumente conhecidas com húmus do solo. Detalhes sobre a origem, natureza e compartimentos da MOS são amplamente encontrados em literatura específica (Silva; Mendonça, 2007; Cunha et al., 2015).

## Amostragens do solo

Amostragens de solo são realizadas com a finalidade de avaliar os seus atributos físicos, químicos e biológicos. Esta caracterização do solo permite medir a sua aptidão para fornecer nutrientes e água para as plantas, bem como mostrar as limitações físicas e químicas ao crescimento e desenvolvimento das raízes e as condições biológicas favoráveis e/ou desfavoráveis para o desenvolvimento das plantas.

Mesmo sendo uma prática necessária, em qualquer sistema de produção, para implantação das culturas, no sistema orgânico continua sendo imprescindível. Objetiva conhecer os atributos físicos, químicos e biológicos do solo para o adequado suprimento de nutrientes às plantas, com responsabilidade ambiental e econômica, sendo indispensável a realização de análises em laboratório.

A etapa de amostragem do solo é crítica e será abordada neste tópico.

## Amostragem do solo para análises físicas

A qualidade física do solo é de fundamental importância para a dinâmica dos processos hidrológicos, como: infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Assegurar a qualidade física propiciará o adequado suprimento e armazenamento de água, nutrientes e oxigênio vital para o desenvolvimento radicular das plantas.

A fase sólida do solo é composta de minerais e matéria orgânica que contém grande diversidade de tamanhos de partículas (Tabela 1). As partículas minerais têm origem no intemperismo das rochas e apresentam tamanhos que variam de fragmentos de rocha, que geralmente são minerais primários, até partículas coloidais que estão associadas a minerais secundários. A matéria orgânica tem os seus componentes de origem animal e ou vegetal.

### Granulometria do solo

A análise granulométrica tem como objetivo dimensionar o tamanho das partículas minerais do solo e quantificar a sua distribuição. Essas partículas, separadas de forma individual, são grãos de minerais, fragmentos de rocha não alterada ou

**Tabela 1.** Frações do solo matacões, calhaus e cascalho, denominadas esqueleto do solo (> 2,0 mm), e as areias, o silte e a argila, denominadas partículas primárias do solo (< 2,0 mm).

USA <sup>1</sup>	Diâmetro das partículas		ISS <sup>2</sup>
Frações	mm		Frações
Matacões	>200		Matacões
Calhaus	200 – 20		Calhaus
Cascalho	20 – 2		Cascalho
Areia muito grossa	2,00 – 1,00		
Areia grossa	1,00 – 0,50	2,00 – 0,20	Areia grossa
Areia média	0,50 – 0,25		
Areia fina	0,25 – 0,10	0,20 – 0,02	Areia fina
Areia muito fina	0,10 – 0,05		
Silte	0,05 – 0,002	0,02 – 0,002	Silte
Argila	< 0,002	< 0,002	Argila

(<sup>1</sup>) USA: Escala Americana. (<sup>2</sup>)ISS: Escala do Sistema Internacional (Atterberg). Fonte: Soil Survey Staff (1951).

parcialmente alterada com um ou mais mineral, concreções, nódulos e materiais diversos cimentados.

As partículas e os agregados de partículas são separados em peneiras, procurando manter o estado natural do solo e classificando o material separado em terra fina (< 2 mm), cascalho (> 2 e < 20 mm), calhaus (> 20 e < 200 mm) e os matacões (> 200 mm) (Fontana, et al., 2017).

As partículas maiores do que 2,0 mm são denominadas esqueleto do solo, onde predominam partículas isoladas; a fração menor do que 2,0 mm são as partículas primárias que são compostas de areia, silte e argila.

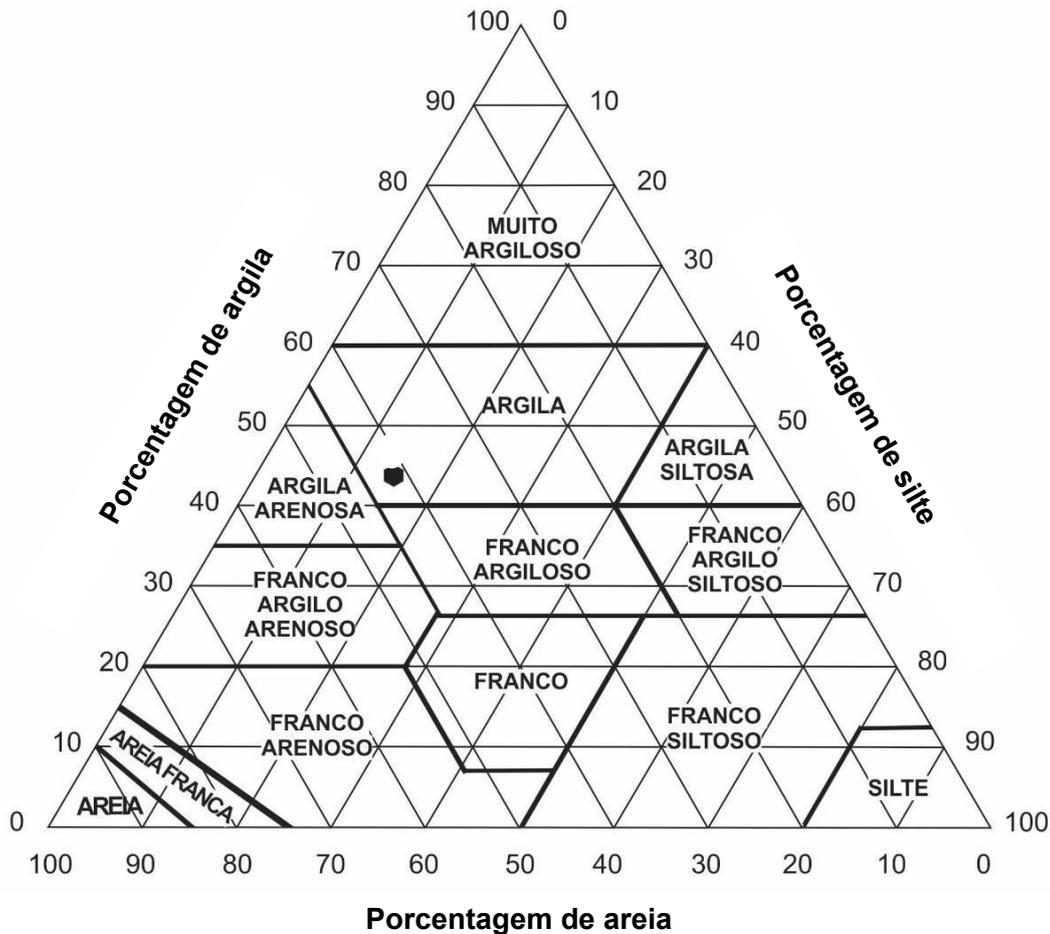
O cuidado em determinar o tamanho das partículas do solo se deve ao fato de que a relação solo – água, que inclui a infiltração, a drenagem, a retenção e a evaporação da água, ocorre na superfície das partículas do solo, onde quanto menor for o tamanho destas, mais ativos serão os fenômenos em termos físicos e químicos, fato que é atribuído ao grande aumento da superfície específica das partículas à medida que diminui o seu tamanho (Tabela 2) (Medina, 1975).

**Tabela 2.** Variação da superfície específica de partículas cúbicas, com massa de um grama, em função dos diâmetros de suas arestas.

Volume	Massa	Dimensão da aresta	Nº de partículas	Superfície específica	Fração do solo
cm <sup>3</sup>	g	mm		cm <sup>2</sup>	
1	1	10,0	1	6	Cascalho
1	1	1,0	10 <sup>3</sup>	60	Areia grossa
1	1	0,1	10 <sup>6</sup>	600	Areia fina
1	1	0,01	10 <sup>9</sup>	6000	Silte
1	1	0,001	10 <sup>12</sup>	60000	Argila

Fonte: Medina, 1975.

As propriedades de determinada proporção de areia, silte e argila de um solo podem se manter semelhantes na ocorrência de algumas variações desta proporção, o que permite estabelecer uma escala de texturas que classifica com o mesmo nome alguns grupos de diferentes porcentagens de areia, silte e argila (Figura 1).



**Figura 1.** Determinação da classe textural do solo em função dos teores de areia, silte e argila.

Fonte: Medina, 1975.

A textura das partículas exerce grande influência na estrutura do solo, uma vez que, quanto maior o teor de argila, maior será a estabilidade dos agregados, a porcentagem de microporos, a retenção e a disponibilidade de água, a capacidade de troca catiônica e a disponibilidade de nutrientes. O maior teor das areias propicia maior arejamento no solo; maior infiltração de água; menor resistência à penetração de raízes e menor risco de compactação do solo. O silte, apesar de ter o tamanho próximo ao das argilas, não tem a capacidade de estabilizar agregados, aumentar a disponibilidade de água, realizar a troca catiônica e disponibilizar nutrientes.

### Densidade do solo ( $D_s$ ) e densidade das partículas ( $D_p$ )

A determinação da densidade do solo ( $D_s$ ) exige o dimensionamento do volume de ar no solo, o que necessariamente deve ser realizado com amostras indeformadas e mão de obra treinada (Equação 1), por isso essa amostragem não será tratada aqui.

A sua citação é apenas para ressaltar as diferenças em relação à densidade de partículas ( $D_p$ ) (Equação 2) e evitar o uso inadequado da terminologia.

Os valores para a  $D_s$  nos solos tropicais estão próximos de 1,5 kg/dm<sup>3</sup>, quando são menores indicam boas qualidades do solo, como a presença de matéria orgânica e/ou uma estrutura de boa aeração; quando acima desse valor indicam a possibilidade de compactação (superfície) e ou estrutura com agregação alterada (subsuperfície).

$$D_s = \frac{M_s}{V_s + V_{ar}} \quad (1)$$

em que

$M_s$ : massa do solo (kg).

$V_s$ : volume do solo (dm<sup>3</sup>).

$V_{ar}$ : volume de ar (dm<sup>3</sup>).

A  $D_p$  determina o volume ocupado pela matéria sólida sem considerar a sua porosidade (Viana et al., 2017). É realizada com amostras deformadas e não dimensiona o volume de ar do solo. Por essa

razão, não avalia a estrutura do solo, mas estima a densidade média das partículas minerais e orgânicas na amostra de solo, o que possibilita prever a tendência dos minerais que predominam na sua composição média.

$$Dp = \frac{Ms}{Vs} \quad (2)$$

em que

Ms: massa do solo (kg).

Vs: volume do solo (dm<sup>3</sup>).

Alguns minerais nos solos tropicais, considerando a sua avaliação no estado puro, apresentam grande variação quanto aos valores da Dp.

Um exemplo são os resultados observados para a caulinita, a calcita e a hematita que apresentam valores para a Dp de 2,6; 2,7; e 5,2 kg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Os materiais orgânicos apresentam valores próximos de 1,0 kg dm<sup>-3</sup>.

### Estabilidade dos agregados do solo

A estabilidade dos agregados é uma estimativa relativamente acurada da qualidade de um componente da estrutura do solo. Sua execução requer bastante cuidado na retirada da amostra de solo na forma de bloco com 10 x 10 x 10 cm, com uma faca e pá reta, procurando preservar o seu volume natural de poros (Salton et al., 2017) (Figura 2).



Fotos: Laercio Duarte Souza

**Figura 2.** Amostragem de solo indeformada, em bloco, para análise da estabilidade de agregados. Demarcação da área do cubo e retirada do solo (A); limpeza e definição do tamanho do cubo (B); embalagem do cubo em celofane, acondicionado em caixa de isopor revestida com jornal, para envio ao laboratório (C).

No laboratório, este bloco será umedecido de forma lenta com borrifos de água e destorroado preservando os seus agregados, que serão submetidos ao peneiramento em seco e ao peneiramento submergindo em água. O diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados em seco e em água será utilizado para determinar o índice de estabilidade de agregados:

$$IEA = \frac{DMP_u}{DMP_s} \times 100$$

em que

IEA: índice de estabilidade de agregados.

DMPu: diâmetro médio ponderado úmido.

DMPs: diâmetro médio ponderado seco.

Isso significa que quanto maior o DMPu dos agregados, mais próximo do valor 1 (um) será o IEA. Entre os fatores que influenciam a agregação das partículas do solo e aumentam ou diminuem a sua estabilidade, segundo Kohnke (1968), pode-se ressaltar:

- Os íons Ca, Mg e K promovem a floculação das partículas no solo, o que favorece a agregação, enquanto os íons H e Na promovem a dispersão das partículas e fragilizam os agregados.
- Compostos orgânicos associados com cátions são efetivos na agregação das partículas e na estabilidade dos agregados.
- As areias são extremamente porosas e não formam agregados entre si, mas associadas ao silte e a argila compõem agregados com alguma estabilidade; o silte é uma partícula muito pequena, mas que não se agrega entre si e forma massas de poros com diâmetros restritos e instáveis.
- O tamanho ideal dos agregados está entre 0,5 e 2,0 mm; se maior do que isso, ocorre grandes espaços porosos que dificultam o desenvolvimento das raízes e facilitam as perdas de água por gravidade.
- A argila dispersa é a mais desfavorável de todas as estruturas do solo.

Vale lembrar que esse tipo de amostra, em forma de cubo, também pode ser utilizada para as análises de granulometria e densidade de partículas.

As agregações das partículas tendem a ocorrer com maior frequência com as partículas primárias minerais (areia, silte e argila) e orgânicas do solo, que quando dispostas em um arranjo que adquire alguma estabilidade em relação ao meio são denominadas de agregados. Essa formação, mais estável do que as partículas no meio que a circunda, cria poros menores em seu interior e poros maiores entre os agregados, o que inicia a formação da estrutura do solo – o espaço poroso onde a água e o ar se movem.

## Amostragem do solo para análises químicas

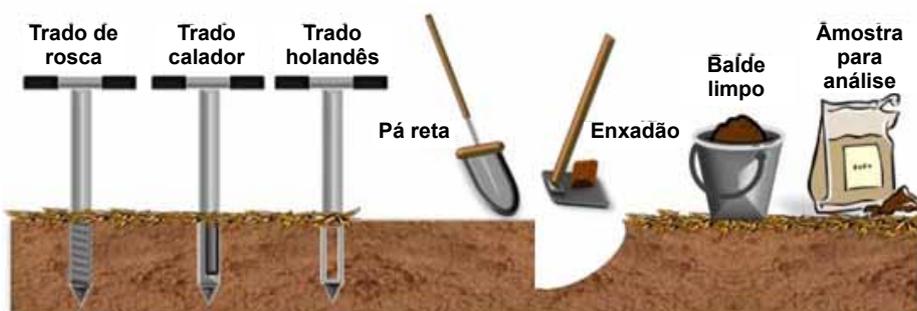
A análise química do solo avalia a sua capacidade de fornecer nutrientes para as plantas e detecta também a presença de elementos tóxicos, como o alumínio ( $Al^{+3}$ ). Desta forma, para recomendar corretamente a calagem, a gessagem e a adubação, visando a não poluição do ambiente, o retorno econômico e uma produção sustentável, esta análise deve ser realizada.

A amostragem do solo é considerada uma etapa crítica da análise química, pois ela deve representar a realidade da área a ser avaliada e, uma vez não realizada corretamente, pode comprometer as próximas etapas que são necessárias para a quantificação do calcário, do gesso e dos adubos a serem aplicados (Borges; Accioly, 2020).

Serão descritos a seguir os pontos que devem ser considerados na etapa da amostragem:

### Ferramentas necessárias

Para a amostragem do solo, normalmente são utilizados trados, mas, caso não haja disponibilidade, pode-se utilizar uma pá reta, com auxílio de enxadão, espátula ou faca. Serão necessários balde(s), sacos plásticos e etiquetas para identificação das amostras ou canetas apropriadas (Figura 3).



**Figura 3.** Ferramentas para amostragens de solo.

Fonte: Borges; Accioly, 2012.

Vale lembrar que as ferramentas para a amostragem e as embalagens do solo devem estar limpas, sem resíduos de qualquer natureza e sinais de oxidação (ferrugem). No caso de amostras onde serão analisados os micronutrientes, deve-se utilizar trado de aço e baldes plásticos.

## Área amostrada e número de amostras

A área a ser amostrada deve ser dividida em talhões homogêneos de no máximo 10 hectares. A homogeneidade deve ser quanto à cor do solo, topografia (topo, encosta ou baixada), textura (argilosa, média ou arenosa), condições de drenagem, grau de erosão, tipo de vegetação ou cultura anterior, histórico de uso (com ou sem cultivo, com ou sem calagem, adubado ou não), manejo e produtividade agrícola (Borges et al., 2021).

Na área homogênea, para que a análise química represente os atributos do solo é importante que sejam amostrados de 20 a 25 pontos (cada ponto será uma subamostra ou amostra simples), que será posteriormente misturado para formar a amostra composta (Pauletti; Motta, 2019; Borges et al., 2021). Para solos argilosos e aluviais, por serem mais heterogêneos, recomenda-se em torno de 30 pontos. É sabido que quanto maior o número de amostras simples maior será a representatividade da amostra composta e mais precisa a avaliação dos teores de nutrientes do solo (Borges et al., 2021).

Para a coleta das amostras simples, deve-se fazer um caminhar em zigue-zague, de modo a garantir que toda a área fique representada (Figura 4). Não coletar amostras em manchas de solo

muito diferentes do resto da área, próximas a casas, árvores, galpões, locais com presença de erosão, estradas, caminhos de pedestres, formigueiros, cupinzeiros, restos culturais e de animais, para que a amostra seja homogênea (Pauletti; Motta, 2019; Borges et al., 2021).

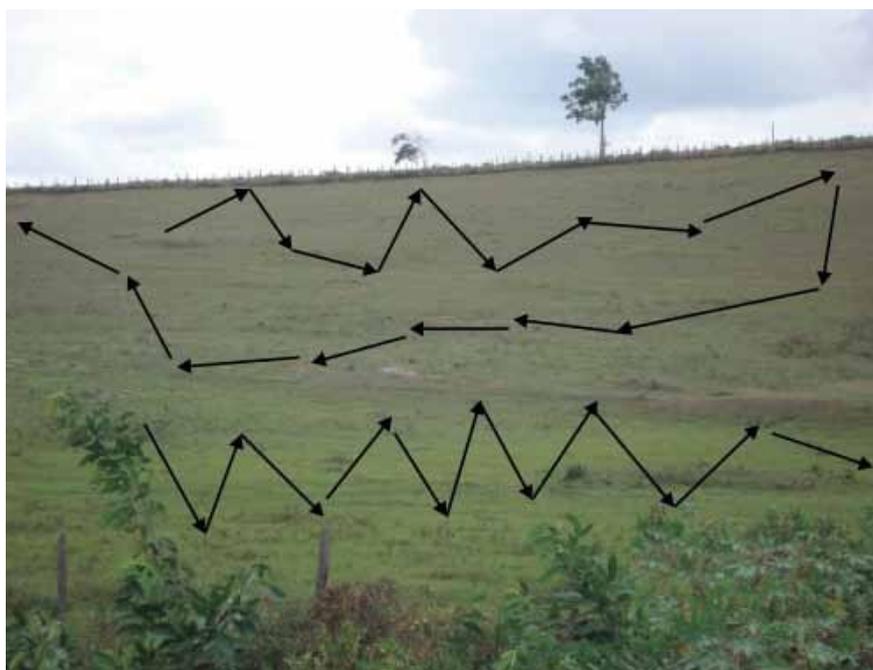
Em locais onde se percebe plantas com desenvolvimento anormal, a amostragem deve ser realizada separadamente para verificar se o problema pode estar relacionado aos atributos químicos do solo.

## Profundidade de amostragem

A profundidade de amostragem do solo pode variar com a finalidade da avaliação:

- De 0 a 20 cm para culturas perenes e culturas anuais. É a profundidade sugerida para fins de recomendação de calagem e adubação, principalmente para culturas com sistema radicular menos profundo.
- De 20 a 40 cm é recomendada para antes da implantação de qualquer cultura e também para acompanhamento dos atributos químicos das espécies com sistema radicular um pouco mais profundo. Esta amostragem deve ser realizada no mesmo ponto da amostra de 0–20 cm, tomando o cuidado de retirar o excesso de solo que caiu na abertura da coleta (Pauletti; Motta, 2019). Utilizada para a recomendação de gessagem.

Foto: Luciano da Silva Souza



**Figura 4.** Caminhamento em zigue-zague para coleta das amostras simples de solo, baixada e encosta separadamente.

- De 40 a 60 cm é recomendada antes da implantação da cultura visando detectar a ocorrência de barreiras físicas (pedregosidade, compactação, regiões de acúmulo de água) ou químicas (toxidez de alumínio trocável e deficiência de nutrientes), que impedem o crescimento radicular em profundidade.

### Local de amostragem

As amostras simples, em culturas perenes já instaladas, devem ser coletadas onde os fertilizantes são aplicados e com maior influência da queda dos resíduos vegetais. No local de amostragem devem ser retirados da superfície toda vegetação natural e os restos de cultura; porém, não se deve raspar a camada superficial (Pauletti; Motta, 2019).

Caso tenha interesse em conhecer a situação nutricional de todo o talhão, amostrar, separadamente, a área não adubada ou com cultura intercalar na entrelinha para comparação, uma vez que se espera a expansão do sistema radicular de absorção (Borges et al., 2021).

### Época de amostragem

A época de amostragem varia com o manejo do solo, a cultura e as adubações realizadas na área. Em culturas anuais e perenes, recomenda-se amostrar o solo após a colheita e, em culturas perenes, caso necessário, amostrar um a dois meses após a última adubação sólida e 15 dias após a fertirrigação.

A amostragem é facilitada ao realizá-la no final ou início do período chuvoso, com antecedência suficiente para receber os resultados do laboratório. Além disso, quando necessária a correção da acidez do solo, considerar o tempo necessário para reação do calcário de, no mínimo, 45 dias.

Recomenda-se a análise química anual do solo para culturas perenes; monitoramentos mais frequentes podem ser realizados, quando necessários e, se possível, conciliar com a análise química foliar.

### Acondicionamento e identificação das amostras

As subamostras (100 a 200 g) da mesma profundidade devem ser colocadas em um balde plástico, para evitar contaminação com metais, ou outro recipiente apropriado, com as identificações necessárias. Em seguida, misturar bem a massa de solo coletada, com as mãos protegidas, formando-se a amostra composta. Dessa mistura, separar aproximadamente 500 g em um saco plástico limpo. As amostras

compostas devem ser identificadas com data, local, cultura e profundidade da coleta para posterior envio ao laboratório (Borges et al., 2021).

### Encaminhamento das amostras

As amostras compostas devem ser encaminhadas o mais rápido possível para o laboratório. Caso não seja possível o envio em menos de 12 horas, elas devem ser secas à sombra e enviadas, quando possível, para o laboratório.

De maneira geral, as seguintes determinações são recomendadas: acidez ativa (pH), fósforo (P), potássio ( $K^+$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), acidez trocável – alumínio ( $Al^{3+}$ ), sódio (Na), acidez potencial – hidrogênio e alumínio ( $H^+ + Al^{3+}$ ), matéria orgânica (MOS) e os micronutrientes cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn), como também os cálculos da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V%).

Deve-se fornecer sempre as informações solicitadas sobre a área e a cultura, pelo laboratório escolhido, o qual deve participar de programas de controle de qualidade.

### Amostragens do solo para análises biológicas

A microbiota tem sua importância para a manutenção da sustentabilidade e saúde do solo, e as formas de avaliação da atividade microbiana são recomendadas como bioindicadores da qualidade do solo. A saúde do solo ou qualidade do solo envolve aspectos relacionados ao equilíbrio ecológico, estrutura física consistente que permita boa percolação da água e crescimento radicular, condição química balanceada e de alta capacidade para fornecimento de nutrientes, conectados à alta diversidade e atividade macro e microbiana.

A definição de indicadores biológicos, bem como a forma como mensurá-los serão descritos. Os bioindicadores apresentam a vantagem de serem mais sensíveis do que indicadores químicos e físicos do solo, uma vez que podem registrar com maior antecedência alterações em solos em função do seu uso e manejo.

Práticas agrícolas já estabelecidas são excelentes ferramentas para o aumento da comunidade microbiana e estímulo da sua atividade, como policultivo, rotações de culturas, cultivos de cobertura, uso de composto e esterco, adubação verde, utilização de húmus de minhoca e outras práticas, aplicação de insumos biológicos para crescimento das plantas ou controle de patógenos e insetos, dentre outras. A aplicação dessas práticas nada mais é que uma

lavoura bem manejada, que busca evitar o desequilíbrio e reflete uma agricultura com estratégias que contribuem para a sustentabilidade do solo. As técnicas mencionadas, dentre outras, estão detalhadas em outros tópicos desta publicação.

É importante destacar que a implementação de um sistema orgânico de produção exige mudanças de técnicas de cultivo que, inicialmente, envolvem a recuperação de áreas outrora ocupadas por agricultura convencional. As técnicas de manejo, como já citadas, contribuirão para o reestabelecimento do equilíbrio ecológico no solo, resultando na melhoria da qualidade do solo.

Vários parâmetros podem ser analisados para avaliar a resposta do solo às práticas agrícolas no tocante à sua qualidade. Embora seja assunto que desperte algumas controvérsias entre especialistas, a quantificação da biomassa microbiana bem como da atividade de microrganismos no solo são bioindicadores com metodologias bem definidas, que podem ser realizadas em laboratórios. A análise da atividade enzimática no solo e a quantificação de taxas de respiração são algumas das formas de avaliação empregadas. Até recentemente empregadas apenas em estudos científicos, atualmente há no Brasil empresas privadas ou instituições públicas credenciadas para a realização desse tipo de análise.

O entrave levantado por vários cientistas com relação a possíveis limitações dessas análises trata da pouca ou nenhuma existência de valores de referência para a grande maioria dos tipos de solo, que os classificariam com baixa ou alta qualidade. Isso acontece para outros bioindicadores. Para Latossolos argilosos do Cerrado, a Embrapa Cerrados desenvolveu níveis de referência após anos de pesquisa. Mas, para a grande maioria dos casos, a alternativa é o acompanhamento ao longo do tempo, por meio de análises periódicas, realizadas desde o início do processo de restauração da área, criando, assim, níveis de comparação que auxiliariam no mapeamento de eventuais mudanças na atividade da comunidade microbiana.

## Biomassa microbiana

A biomassa microbiana tem nas bactérias e fungos os responsáveis por cerca de 90% da atividade microbiana do solo, que atuam em diversos processos ecológicos. Esse microbioma, em alta diversidade e atividade, é um bioindicador que pode ser empregado para caracterizar um solo com um grau de sustentabilidade ambiental aceitável e desejável. A parte “viva” do solo é quem atua diretamente,

por meio de seus processos e interações para a melhoria das condições físicas e químicas.

A quantificação da biomassa microbiana bem como da atividade de microrganismos no solo são bioindicadores com metodologias bem definidas, que podem ser realizadas em laboratórios.

A amostragem de solo deve seguir padrão semelhante ao adotado para as análises químicas, tanto na camada de 0–20 cm quanto naquela, cujas atividades são mais intensas (0–10 cm). Assim, para análises microbiológicas, usualmente a profundidade de amostragem deve ser na camada de 0–10 cm. Para diminuir a esperada variabilidade dos resultados, é importante preparar uma amostra composta que deve ser homogeneizada a partir de subamostras equidistantes.

## Atividade enzimática - BioAS

O conceito de amostragem denominado Fertbio foi proposto como alternativa para inserir os ensaios microbiológicos no escopo de acompanhamento laboratorial por produtores de grãos (Mendes et al., 2019). A proposta é a padronização de etapas de campo; tratamento de dados e definição dos protocolos de forma mais assertiva, definindo indicadores confiáveis e que sejam reproduzidos por laboratórios prestadores de serviço. Os dados coletados ao longo dos anos permitiram uma delimitação de escopo para um preciso diagnóstico do índice de qualidade do solo combinando Fertilidade e Atividade microbiana (IQS Fertbio).

Conhecida como tecnologia BioAS, reduziu significativamente o escopo de análises microbiológicas envolvidas no diagnóstico de saúde do solo. Tradicionalmente, têm-se enzimas associadas aos ciclos biogeoquímicos, especialmente aquelas vinculadas ao ciclo do carbono, do nitrogênio, do enxofre e do fósforo (P). A BioAS reduz o modelo de Índice Biológico de Qualidade do solo (IQS bio) para apenas duas enzimas,  $\beta$ -glicosidase e aril-sulfatase. Apesar de não estar no escopo da BioAS, não é incomum que a fosfatase ácida também faça parte do portfólio analítico de laboratórios credenciados, para ensaios envolvendo determinação da atividade enzimática em amostras de solo (Silveira et al., 2022).

Assim, para utilização do método BioAS são necessárias cinco informações: o momento de coleta, a forma, a profundidade de amostragem, a conservação do solo coletado e o tempo de envio para análise.

### Momento da coleta

Recomenda-se que as amostragens sejam realizadas no momento da coleta para as análises químicas, facilitando para o produtor a logística de campo e envio das amostras. Em Latossolos argilosos do Cerrado, nas áreas destinadas a grãos, o fim do período chuvoso após a colheita é adotado como o momento propício.

Como regra, devem ser evitados eventuais momentos extremos de geada ou secas atípicas, uma vez que essas variações podem afetar diretamente na atividade da biomassa microbiana. Evidentemente, o responsável pela coleta deve ponderar sobre particularidades da cultura e definir qual a época de coleta mais propícia. Reforça-se que sendo a coleta feita de forma conjunta para análise química poderá facilitar ao profissional habilitado a interpretação dos resultados e fazer as devidas inferências para os índices de qualidade.

### Forma e profundidade de amostragem

Para diminuir a variabilidade dos resultados, é importante preparar uma amostra composta que deve ser homogeneizada a partir de 7 a 10 subamostras equidistantes, onde a primeira será coletada na linha de plantio e as demais representativas de pontos até a metade de cada entrelinha. Sugere-se considerar a área amostrada e número de amostras descritas para as análises químicas.

Exemplo: para uma cultura com espaçamento de 1,2 m tem-se a metade da entrelinha com 60 cm. Separando este espaço em três pontos equidistantes, tem-se uma subamostra a cada 20 cm para ambos os lados, sendo o ponto central de amostragem localizado na linha de plantio, totalizando sete subamostras. A princípio, pelo método Fertbio, esta forma de coleta é praticada para culturas anuais. Mas também é usual para plantios de fruteiras e avaliação de áreas nativas.

### Conservação e envio da amostra coletada

Após as coletas, as amostras podem ser armazenadas por sete dias até o início das análises. A umidade do solo pode ser uma fonte de variabilidade prejudicial. Assim, as amostras podem ser acondicionadas secas ao ar, mesmo havendo uma queda da atividade microbiana; porém, a quantificação enzimática não alterará os modelos de correlação com o carbono orgânico do solo.

### Taxa de respiração microbiana

A respiração basal do solo é um parâmetro utilizado para estimar a atividade dos microrganismos

pela quantificação de CO<sub>2</sub> liberado. Os protocolos são diversos, sendo os mais comuns o uso de sistemas de potes fechados, estimativa em campo com soda lime e análise por infravermelho próximo, sendo este último dependente de equipamentos mais robustos (Alef, 1995; Keith; Wong, 2006; De Gregorio et al., 2013). Em laboratório, a padronização das amostras é necessária. Capacidade de campo, granulometria, temperatura, massa e tempo de incubação são previamente ajustados. A relação da taxa respiratória e massa microbiana é chamada quociente metabólico ( $qCO_2$ ), sendo este índice utilizado como indicador de estresse ambiental (Anderson; Domsch, 1993).

### Quociente metabólico

Considerado um indicador mais sensível, o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) é obtido pela combinação da biomassa microbiana do solo e da respiração microbiana, correspondendo à quantidade de CO<sub>2</sub> emitida por unidade de massa (Saviozzi et al., 2002). O  $qCO_2$  está relacionado com a estabilidade do ambiente, e já se mostrou sensível para comparar manejos envolvendo plantio direto ou tradicional, sucessões ecológicas de manchas florestais em recuperação, efeitos do pH e temperatura. É um bioindicador de estresse ambiental e confirma a hipótese ecológica da estabilidade bioenergética de ecossistemas preservados. Resumidamente, ambientes mais estáveis apresentam menores valores de  $qCO_2$  quando comparados com áreas similares e submetidas à pressão antrópica não controlada.

## Princípios básicos em manejo e conservação do solo

Atualmente, a maior parte dos sistemas convencionais de produção de fruteiras tropicais ainda adota práticas intensivas de manejo do solo na condução dos pomares, desde o preparo do solo para o plantio até a colheita. Dentre as práticas mais comuns estão arações e gradagens frequentes, que são praticadas muitas vezes sem qualquer critério técnico e considerando qualquer nível de umidade do solo. A falta de boas práticas mecânicas leva à perda da capacidade produtiva do solo, pela máxima exposição da superfície, aceleração da perda de matéria orgânica, potencialização da erosão, destruição da estrutura do solo e perda da atividade biológica.

Quando as práticas agrícolas, principalmente as mecanizadas, são feitas sem critérios técnicos norteadores, o potencial de degradação do solo aumenta, o que resulta na menor capacidade de exercer suas funções no ecossistema. Inicialmente, as perdas são imperceptíveis até que as constatações visuais, com erosão laminar, exposição da camada subsuperficial, sulcos de erosão, etc., tornem-se mais visíveis. A perda de solo é considerada um dos prejuízos mais sérios causados pela erosão, uma vez que uma camada de um centímetro de espessura de solo pode levar mais de 100 anos para ser formada (Balota, 2017).

É urgente que os atuais sistemas de produção de fruteiras revisem todas as etapas que exigem o manejo do solo e da água. Nesta nova concepção, estes devem considerar um conceito mais abrangente de fertilidade do solo, que não seja apenas relacionado à quantidade de nutrientes presentes na solução. O manejo conservacionista do solo deve, portanto, considerar solo fértil como sendo aquele capaz de fornecer água, ar, calor e nutrientes às plantas, no momento e na medida em que elas necessitam (Marcos, 1982). Na concepção deste conceito, as funções do solo e suas relações com a planta são priorizadas. Fornecer água, ar, calor e nutrientes depende da inter-relação entre os atributos físicos, químicos e biológicos responsáveis pela funcionalidade dos solos.

A funcionalidade do solo assume papel-chave na mediação de processos na natureza, tais como: fornecer nutrientes para as plantas e organismos, regular a dinâmica da água no ambiente, atuar como um tampão e atenuar a ação de contaminantes, regular a emissão de gases de efeito estufa e, sobretudo, influenciar a saúde dos homens e animais (Doran; Parkin, 1994).

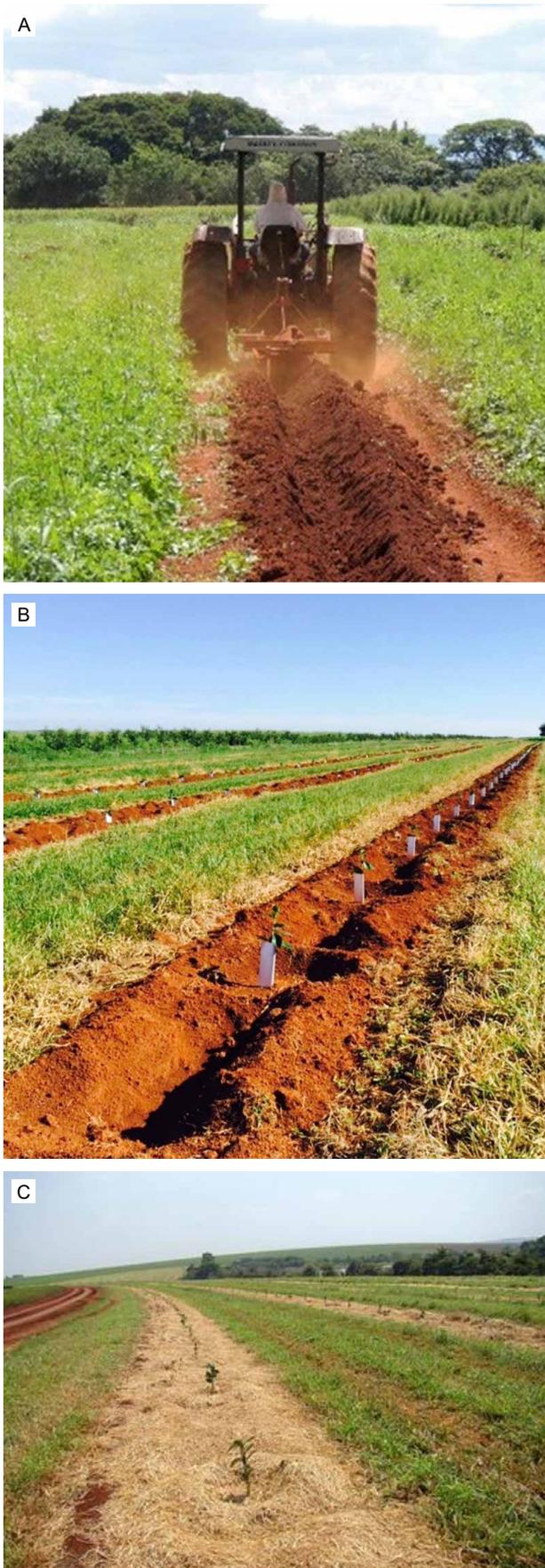
Monitorar as funções do solo é um passo importante para manter a produtividade de um sistema agrícola. A escolha das funções que devem ser constantemente monitoradas depende das condições regionais e da especificidade da atividade agrícola. Para cada função, um conjunto de indicadores relacionados aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo deverá ser avaliado. Por exemplo, para avaliar a função de “melhoria do crescimento do sistema radicular em profundidade”, atributos como densidade do solo, resistência à penetração e porosidade do solo são indispensáveis. O desenvolvimento de sistema agrícola que cause menor impacto sobre a funcionalidade do solo deve considerar as peculiaridades de clima, disponibilidade de recursos, espaço, espécies mais adaptadas, mão de obra, dentre outros aspectos. Cada cultura agrícola responde diferentemente a uma determinada condição de clima e solo, de modo que uma pode

ser mais exigente por algum fator de produção em relação à outra.

O manejo do solo, obedecendo aos princípios da conservação, tem como objetivo manter a capacidade produtiva do solo, evitando o processo de degradação. Segundo o dicionário da língua portuguesa, “conservar” significa: manter em bom estado, guardar, preservar, continuar a ter, não perder, durar, manter em bom estado, preservar (Ferreira, 2004). O desafio em desenvolver sistemas agrícolas mais sustentáveis é tentar integrar esse significado para orientar as práticas de conservação do solo no contexto agrícola.

Na agricultura orgânica, o manejo do solo deve priorizar as ações que i) não comprometam as interações ecológicas, mediadas por organismos vivos (ex. macro, meso e microfauna) e ii) aumentem os níveis de matéria orgânica do solo. Por influenciar diretamente diferentes atributos físicos, químicos e biológicos, a matéria orgânica é um componente fundamental para a funcionalidade dos solos tropicais (Craswell; Lefroy, 2001). Esta é constituída por resíduos vegetais em vários estágios de decomposição, pela biomassa microbiana e pela fração mais estável denominada húmus. De modo geral, considera-se que em 100 kg de matéria orgânica cerca de 58 kg seja constituído de carbono. O revolvimento intensivo da superfície do solo, que ocorre quando práticas como aração e gradagem são feitas rotineiramente e sem padrão técnico adequado na propriedade, é um dos principais meios para acelerar as perdas da matéria orgânica. A passagem constante dos discos ocasiona a destruição dos agregados do solo, expondo a matéria orgânica que estava no seu interior. Esta é facilmente decomposta pelos microrganismos do solo ou pela ação dos raios solares. Assim, o carbono orgânico do solo é transformado em gás carbônico (CO<sub>2</sub>) que é liberado para a atmosfera. O processo de degradação do solo, então, se estabelece com a redução dos teores de matéria orgânica.

As recomendações para o manejo do solo no cultivo orgânico devem ter como base dois princípios básicos da conservação: i) reduzir o revolvimento da camada superficial e ii) manter solo com cobertura vegetal (viva ou morta). Reduzir o revolvimento significa reduzir o preparo do solo, especialmente na fase de implementação dos pomares. Por exemplo, a técnica do cultivo mínimo tem sido aplicada ao cultivo dos citros em São Paulo (Figura 5). O preparo do solo é feito na linha de plantio (Figuras 5A e 5B) e a biomassa roçada nas entrelinhas são aplicadas nas linhas (Figura 5C). Esse é um modelo moderno de citricultura e aplica os princípios norteadores da conservação.



**Figura 5.** Cultivo mínimo em citros mostrando o preparo do solo nas linhas de plantio (A e B) e manutenção da cobertura do solo pela fitomassa roçada das entrelinhas (C)

Práticas de manejo que priorizam o preparo mínimo e a cobertura do solo visam: menor compactação do solo, melhoria da sua estrutura, menores perdas de solo e água por erosão, diminuição da decomposição rápida da matéria orgânica, amenização da temperatura do solo, proteção contra as chuvas e enxurradas, incorporação da matéria orgânica e nutrientes.

A implementação das práticas de manejo e conservação é fundamental para o sucesso do planejamento da atividade agrícola da propriedade. A seguir são abordadas algumas práticas indispensáveis para conduzir o cultivo orgânico em um modelo conservacionista:

- 1) Análise do solo: considerada etapa fundamental para o início do cultivo. Maiores detalhes sobre os procedimentos de amostragem do solo estão disponíveis no tópico Amostragens do solo.
- 2) Correção da acidez: a elevação pH do solo e a neutralização do alumínio trocável é feita pela calagem. Esta prática depende da análise química do solo e deve ser realizada conforme orientações específicas para cada cultura. Maiores detalhes sobre os procedimentos de calagem e gessagem estão disponíveis no tópico Calagem e gessagem.
- 3) Conhecimento da declividade do terreno: a declividade do terreno é um fator fundamental para definir as práticas conservacionistas. Terrenos com declividades entre 3 a 5% são os mais aptos para a maioria das culturas agrícolas, onde há o menor risco de erosão. Declividades entre 5 e 10% já são impeditivas para muitos cultivos anuais, porém, ainda permitem certo nível de mecanização viabilizando cultivos perenes. Já terrenos com declividades acima de 15%, para solos arenosos, ou 18% para solos argilosos, podem ser considerados inaptos para agricultura, por exigirem práticas demasiadamente onerosas para a conservação do solo, portanto, devem ser evitados. O preparo do solo, o plantio e todas as práticas subsequentes devem ser executados seguindo as curvas de nível e, se for o caso, construção de terraços; nenhuma operação deve ser realizada no sentido morro abaixo.
- 4) Preparo do solo: o preparo do solo é uma das fases mais críticas para a implementação correta do pomar. Para maiores detalhes sobre o preparo do solo consultar o tópico sobre Mecanização no preparo do solo. A depender das condições iniciais do solo, como, por exemplo, áreas com solos compactados, elevada acidez, impedimento subsuperficial, pode ser necessário realizar operações mecânicas mais intensivas, tais como aração profunda, gradagem

aradora ou subsolagem. Essas operações devem ser feitas obedecendo a critérios técnicos e realizadas uma única vez na área e, posteriormente, devem ser aplicadas somente técnicas de cultivo mínimo. A subsolagem é uma prática bastante comum e necessária em áreas cujo solo possui moderado a elevado grau de compactação das camadas mais profundas (a partir de 40 cm) e deve ser a última operação mecanizada a ser realizada na área de produção. É recomendável associar a subsolagem com a incorporação de matéria orgânica no sulco do subsolador. Essa ação pode envolver o uso de adubos verdes ou mesmo aplicação de fontes orgânicas, tais como esterco, tortas, resíduos agroindustriais, etc. A matéria orgânica preencherá as fendas provocadas pelo subsolador de modo a retardar a reaproximação do solo e preservar os efeitos benéficos da subsolagem por maior período de tempo.

Algumas práticas agrícolas são consideradas boas estratégias para a conservação do solo. Dentre elas, podem-se citar: o manejo dos restos culturais, a rotação de culturas, o cultivo intercalar e a adubação verde.

## Manejo dos restos culturais

O manejo dos restos culturais preconiza a reutilização da biomassa vegetal da cultura após a retirada dos frutos. Essa prática retorna para o solo os nutrientes exportados pela parte aérea. Culturas como a da banana, na fase de produção, já fazem o manejo da fitomassa como prática rotineira do pomar, conferindo máxima cobertura do solo. Já em outras fruteiras, como o abacaxizeiro, a reutilização dos restos culturais ainda é um desafio, devido à dificuldade de triturar o material vegetal que é bastante fibroso. Entretanto, existem algumas experiências exitosas com esta fruteira visando a manutenção da fitomassa na área de produção (Figura 6).



Fotos: Francisco Alisson da Silva Xavier

**Figura 6.** Manejo dos restos culturais na cultura do abacaxi. Trituração mecânica da fitomassa (A) e material triturado mantido sobre o solo (B).

## Rotação de culturas

A rotação de culturas consiste no cultivo alternado, ou sequenciado, de diferentes espécies de plantas na mesma área. A sequência pode ser realizada com cultivos comerciais ou adubos verdes e deve considerar os efeitos benéficos ou negativos sobre a cultura a ser instalada. Isto por que há possibilidade de efeitos alelopáticos ou exigência diferenciada por nutrientes entre as culturas. Portanto, o sistema de rotação deve ser bem planejado. Quando o sistema de rotação for feito com adubos verdes, deve-se atentar para a possibilidade de ser hospedeiro de pragas ou doenças da cultura principal, por exemplo ácaros que atacam a maioria das fruteiras. Na seleção de culturas para rotação deve-se ficar atento aos critérios: famílias botânicas, exigências nutricionais e sistemas radiculares diferentes.

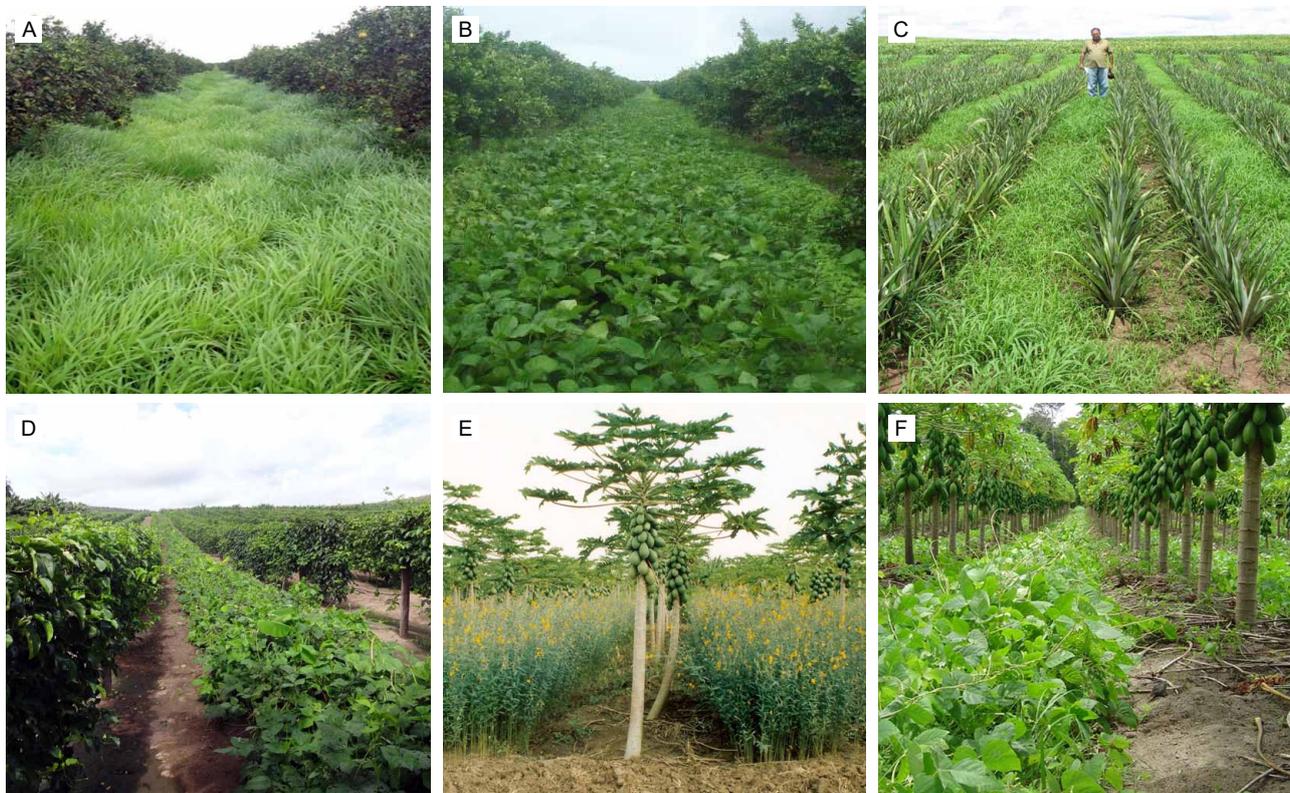
## Cultivo intercalar

O cultivo intercalar é outra prática agrônômica que pode contribuir com a conservação do solo, uma vez que proporciona máxima cobertura e produção de fitomassa. Consiste no cultivo simultâneo,

no mesmo tempo e espaço, de duas ou mais culturas de interesse econômico. Na fruticultura orgânica, o cultivo intercalar pode ser especialmente adotado em culturas perenes ou semiperenes, nos espaçamentos largos, podendo utilizar plantas de interesse comercial ou adubos verdes. Por exemplo, o estudo de Lima et al. (2002) concluiu que o milho (*Zea mays* L. - BR 106) e o feijão (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) podem ser recomendados como culturas intercalares no primeiro ano de cultivo do maracujazeiro. Outras experiências com cultivos intercalares utilizando adubos verdes ou plantas de cobertura têm sido utilizadas na fruticultura (Figura 7).

A consorciação da cultura principal com outras plantas, para produção ou para melhoria do solo, é uma prática que contribui para diminuir a erosão do solo e aumentar a diversidade de espécies na área. Isso é particularmente importante em áreas inclinadas, já que a cobertura do solo é o fator isolado que mais contribui para controlar a erosão. Aumentar a diversidade de espécies também é importante para manter o equilíbrio do meio ambiente, pois favorece o surgimento de inimigos naturais de pragas e insetos benéficos ao sistema de produção, por exemplo, polinizadores.

Fotos: Francisco Alisson da Silva Xavier (A e B), Nilton Fritzens Sanches (C), Raul Castro Carriello Rosa (D), José Eduardo Borges de Carvalho (E), Laercio Duarte Souza (F)



**Figura 7.** Cultivo intercalar com plantas de cobertura no cultivo de fruteiras. *Urochloa decumbens* (braquiária decumbens) (A) e *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) (B) no cultivo da laranjeira; *Pennisetum glaucum* (milheto) no cultivo do abacaxizeiro (C); *Phaseolus vulgaris* (feijão) no cultivo do maracujazeiro (D); *Crotalaria juncea* (Crotalaria júncea) (E) e *Mucuna pruriens* (mucuna preta) (F) no cultivo do mamoeiro.

## Adubação verde

A adubação verde consiste no uso de espécies vegetais capazes de melhorar as condições químicas, físicas e biológicas do solo para um determinado fim agrícola ou recuperação de área degradada. Esta prática deve ser iniciada após a correção do solo, buscando no mercado espécies que sejam adaptadas à região de interesse. Nessa prática, podem ser utilizadas leguminosas (crotalárias, mucunas, feijão-de-porco, lab-lab) e não leguminosas (gramíneas, oleaginosas), a exemplo de: sorgo forrageiro, milheto, girassol, entre outras.

Os adubos verdes podem ser utilizados em pré-cultivo, antes da cultura principal, ou na rotação de culturas visando à recuperação do solo. Podem também ser utilizados em consórcio com a cultura comercial, utilizando a fitomassa produzida como adubo para fornecimento de nutrientes, ou podem ser plantados em faixas utilizando leguminosas perenes ou semiperenes, aproveitando o material de poda como adubos orgânicos ou para função de cobertura do solo (Embrapa, 2011).

O manejo adequado e a conservação do solo são requisitos básicos para o sucesso da agricultura orgânica. As soluções que envolvem as práticas abordadas neste tópico devem ser adaptadas regionalmente, levando em consideração os fatores que controlam o sistema de produção: o clima, o solo, a temperatura, o homem e a planta. Sobretudo, todas as ações propostas devem ser tecnicamente factíveis, ecologicamente equilibradas e economicamente viáveis.

## Mecanização no preparo do solo

A concepção da mecanização no preparo do solo utilizado na zona tropical, onde está localizada a maior parte do território brasileiro, deve obrigatoriamente ser repensada, principalmente pelos produtores rurais no desenvolvimento de suas atividades de exploração agrícola, já que a tecnologia que se tem adotado advém de práticas desenvolvidas para regiões com características diferentes. As movimentações excessivas do solo e a interação entre os elementos ecológicos (geologia, relevo, hidrografia e clima) podem causar danos, muitas vezes irreparáveis ao sistema do solo

(interação complexa dos atributos físicos, químicos, biológicos e climáticos) da propriedade agrícola e várias consequências para a unidade ecológica ou natural, as microbacias hidrográficas.

Para além das questões relacionadas ao impacto gerado no ecossistema agrícola, o planejamento no emprego da maquinaria agrícola assegurará a realização de operações de manejo no momento adequado, com menor consumo de energia e com economia. As operações mecanizadas podem representar até 40% dos custos totais operacionais de implantação.

No preparo de solo convencional, além da eliminação da cobertura vegetal que o protege, expondo-o a radiação solar, aumentando a sua temperatura e reduzindo a sua umidade, a quebra dos agregados do solo (partículas orgânicas e minerais) promove a degradação biológica expondo o carbono (C) à ação dos microrganismos e perdas de CO<sub>2</sub>. Assim, o preparo inadequado do solo, com movimentação constante, em desnível, principalmente, alta incidência de radiação, evaporação excessiva, ausência de rotação de culturas, redução da macrofauna do solo (animais invertebrados), manejo inadequado da fitomassa e emissão de C influenciarão negativamente nas suas qualidades físicas, químicas e biológicas.

As práticas de preparo de solo numa produção sustentável devem contribuir para a conservação do solo e da água, criando um ambiente favorável para o desenvolvimento das raízes das plantas e de forma a manter em quantidade e qualidade a matéria orgânica componente essencial para a produção sustentável, principalmente no sistema orgânico.

Os responsáveis por ações do preparo mecanizado nas propriedades agrícolas devem trabalhar para a construção de ambientes de produção para garantir a longevidade produtiva das plantas, principalmente nos cultivos de plantas perenes, como é o caso da fruticultura.

Como se sabe, o modelo convencional de preparo de solo, notadamente, causa extrema degradação dos ambientes de produção; portanto, essas questões devem ser consideradas na escolha do sistema de produção mecanizado. Assim, a definição da escolha das práticas de preparo do solo deve considerar as seguintes questões:

- Fatores biofísicos onde a propriedade está inserida – precipitação e sua distribuição, topografia, declividade, tipos de solo.

- Conhecimento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo que sofrem interferência da mecanização para auxiliar na adoção do sistema de preparo.
- Entendimento do comportamento do solo e das plantas – cada solo e cada espécie cultivada respondem de forma diferente em relação ao preparo.
- Conhecimento do ciclo da cultura/lavoura a ser implantada, anual ou perene.
- Conhecimento sobre a maquinaria agrícola, pois o investimento financeiro é alto e um bom planejamento para seleção adequada é de extrema importância.

Na tomada de decisão quanto à adoção de uma determinada prática de campo, é necessária a definição clara dos objetivos do preparo do solo, que deverá significar a redução de custos de capital ao adquirir tratores e implementos adequados e assegurar o sucesso no manejo das áreas. A escolha do trator e implementos deverá levar em consideração o relevo, a declividade, o formato das áreas, a compatibilidade do trator com a demanda de serviços operacionais de preparo do solo, a capacidade operacional, o conforto e a segurança operacional.

Conhecer a topografia da área, a cultura e as características do solo influenciarão na seleção do trator em relação ao modelo (compactos ou não), potência, altura, raio de giro – manobras, tração auxiliar e estrutura dos pneus.

## Preparo do solo – quando e como?

As operações de mobilização do solo deverão ser feitas de acordo com o regime de chuvas local, com o máximo possível de rigor para realizá-las em períodos adequados, a fim de não fragilizar as áreas de produção expondo ao risco da erosão, principalmente para áreas com alta vulnerabilidade. Vale lembrar que a ocorrência de erosão dependerá da capacidade da chuva de promover a desagregação e transporte das partículas do solo e da capacidade do solo de suportar a intensidade dessa chuva, minimizando o processo erosivo. Os fatores que devem ser considerados são teor de matéria orgânica, frações areia e silte, permeabilidade do solo e diâmetro médio das partículas.

A erosão é resultante da combinação da intensidade (“força”) da chuva, da suscetibilidade natural do solo e também da fragilidade imposta pela forma de manejo.

O histórico de dados meteorológicos da área é de fundamental importância para a decisão de quando e como realizar as operações de preparo do solo. De forma geral, podem ser definidas algumas estratégias para quando realizar as operações em distintas regiões. Nas regiões caracterizadas por chuvas de verão, o preparo deverá ser realizado no final do período chuvoso (final do verão e início do outono) e nas regiões da Mata Atlântica/litorânea caracterizadas por chuvas de inverno, como é o caso de parte do Nordeste, o preparo deverá ser realizado no final do período de chuvas, final do inverno. Sendo assim, quando se iniciar um novo ciclo de chuvas, não haverá mobilização intensa do solo e a cultura perene ou anual será implantada, minimizando os riscos ambientais.

## Aspectos para seleção do sistema de preparo do solo

Algumas avaliações da condição do solo das áreas de implantação de fruteiras, por exemplo, deverão ser realizadas previamente para definir quais procedimentos operacionais deverão ser realizados. São diagnósticos simples realizados por avaliações em campo por meio de análises visuais presenciais ou pelo uso de imagens de satélite e de equipamentos e análises laboratoriais.

A amostragem criteriosa do solo para detalhar a composição química e física do solo deve preceder a qualquer tomada de atitude. Pelo estudo do relevo da região, observado pela caracterização da paisagem, as coletas das amostras deverão levar em consideração as áreas mais homogêneas, obedecendo a diferenciação prevista na observação do relevo, que quase sempre apresenta uma sucessão de solos denominada topossequência, exceto para regiões extremamente planas. Portanto, a amostragem correta e uma observação mais detalhada diferenciam os ambientes da propriedade e, conseqüentemente, determinará o sucesso nas recomendações agronômicas.

A parte física do solo, principalmente relacionada ao impedimento do crescimento radicular, poderá ser avaliada visualmente por meio de identificação de áreas com empoçamento, escorrimentos superficiais, erosão laminar e pela avaliação da resistência

do solo à penetração utilizando aparelho específico, o penetrômetro. Outra análise importante que deverá ser considerada é a determinação da densidade do solo para verificar a condição de arejamento do solo, a porosidade e a condutividade hidráulica.

Alternativa para se verificar as condições do solo será por meio da análise do seu perfil cultural que avalia os atributos físicos e morfológicos da estrutura do solo. Esta análise será realizada pela abertura de trincheiras que são “caixas” escavadas no solo com dimensões de 1,0 m de comprimento, 0,60 m de largura e 0,60 m de profundidade.

Nas paredes das trincheiras será possível avaliar a forma e tamanho dos agregados, torrões, presença de poros, presença de raízes – finas e grossas, distribuição e quantidade de raízes, formação de crostas superficiais, presença de camadas com compactação, textura do solo – argila, silte, areia e cascalho e camada humificada.

## Sistemas de preparo do solo

O sistema de preparo do solo é um conjunto de operações mecanizadas realizadas de acordo com uma sequência pré-estabelecida para atender as demandas para implantação da cultura.

O sistema mais adotado na fruticultura é o preparo convencional do solo, quando há inversão das camadas de solo, também conhecido como preparo horizontal, onde 95% dos resíduos vegetais são incorporados pela ação dos arados e grades. A depender da textura do solo (arenosa, média ou argilosa) são realizadas de duas a três operações para deixar o solo em condições para implantação dos pomares. A primeira operação é a aração e consiste no corte, na elevação e na inversão do solo. É uma operação de alto custo que demanda tempo e, ao incorporar os resíduos vegetais expõe o solo. A mobilização do solo com aração tem como efeito a descompactação do solo, aumento do volume de poros momentaneamente e a incorporação da fitomassa de adubos verdes e corretivos.

Na sequência da aração são realizadas duas operações de gradagem com grade de discos, classificadas em aradoras e niveladoras. Denominado de preparo secundário, o procedimento é realizado para adequar a superfície na camada entre 10 a 15 cm. Estas operações são responsáveis pela reversão de grande parte dos efeitos positivos do preparo com

aração, pois muitas vezes tornam a compactar o solo em decorrência dos discos e pelo tráfego intenso dos tratores, a depender da umidade no momento da operação.

O preparo convencional não é um sistema conservacionista em razão do excesso de revolvimento do solo. Por não deixar a cobertura vegetal sobre a superfície e, muitas vezes, por descuido na operação, ele é realizado em desnível e acarreta processos erosivos.

Dois sistemas de preparo de solo serão apresentados, pois são considerados conservacionistas, uma vez que não invertem as camadas superficiais e mantêm pelo menos 30% da cobertura do solo.

1) O sistema de cultivo mínimo ou reduzido é um preparo vertical do solo que utiliza um escarificador cuja ferramenta de ação são hastes escarificadoras vibratórias e causam a ruptura e fraturas no solo pela sua passagem. O processo denominado de escarificação limita-se a profundidade máxima de 30 cm e não deve ser confundido com a subsolagem, que quebra camadas compactadas do solo.

A passagem das hastes dos escarificadores rompe a camada superficial do solo sem promover a inversão, mantendo uma porcentagem dos resíduos vegetais sobre o solo, entre 50 a 70%, motivo pelo qual é considerada uma forma de preparo que contribui para a conservação do solo. Os escarificadores são equipados com discos de corte na parte frontal para realizar o corte da palhada e evitar o embuchamento nas hastes (Figura 8). Na parte traseira possui um rolo destorroador para eliminar os torrões gerados após a passagem das hastes.

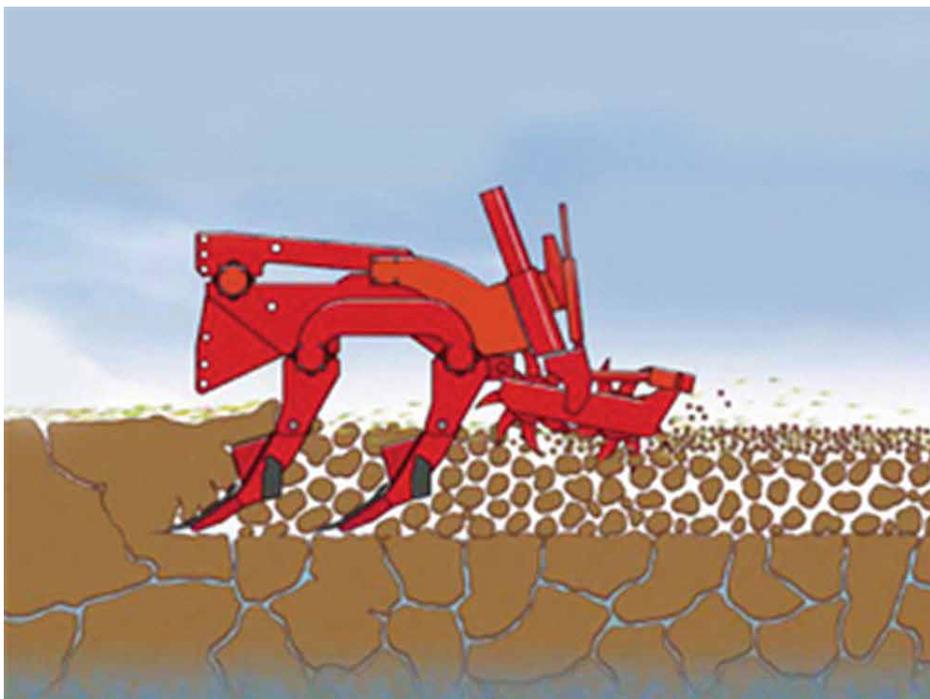
Pela falta de disseminação do conhecimento sobre o cultivo mínimo, a escarificação não é adotada pelos produtores brasileiros, mas é uma forma de preparo de solo com inúmeras vantagens, quando comparada com a convencional. A manutenção da matéria orgânica sobre a superfície do solo, das estruturas agregadas (menor desestruturação), da camada humificada, o não revolvimento do banco de sementes de plantas espontâneas, o menor tempo gasto por área, economia de combustível e mão de obra são vantagens consideráveis para a sua escolha (Figura 9).

Ilustração: Marcos Roberto da Silva



**Figura 8.** Escarificador com disco de corte e destorroador.

Ilustração: Marcos Roberto da Silva



**Figura 9.** Atuação do escarificador no solo.

2) O sistema plantio direto é a técnica mais utilizada no cultivo de grãos. Neste sistema se preconiza o mínimo revolvimento do solo e a manutenção da cobertura vegetal. No caso da adoção do plantio direto para implantação de fruteiras, algumas adequações e adaptações deverão ser realizadas para se fazer o plantio das mudas frutíferas.

Inicialmente, anterior à implantação do pomar, é necessário realizar ações para adequação do terreno, principalmente em áreas que sofreram danos por processos degradativos pelo uso e ocupação da

terra, como cobrir o solo e aumentar a capacidade de infiltração para evitar ao máximo o escoamento superficial de água.

Portanto, é necessário fazer um planejamento conservacionista que considere o preparo prévio para posterior implantação do pomar. O preparo antecipado do solo busca viabilizar a implantação das fruteiras em um ambiente adequado (química, física e biologicamente) para garantir o bom estabelecimento das plantas, principalmente no que diz respeito à uniformidade. Um dos maiores problemas em pomares é a variabilidade que ocorre

no desenvolvimento das plantas devido ao manejo inadequado do solo, que terá como consequência o crescimento desuniforme e a oscilação de produção. Pomares implantados em ambientes inadequados perpetuarão problemas que dificilmente serão remediados e o custo será alto.

Realizada todas as operações de correção do solo e as obras de caráter conservacionista (terraçamento, caixas de retenção e infiltração e marcação de carregadores em nível), um ou dois anos antes da implantação do pomar, recomenda-se o cultivo de culturas anuais para a melhoria dos atributos do solo e a criação de um perfil cultural nas camadas superficiais e subsuperficiais para, então, fazer o plantio das fruteiras. Nesse cultivo são utilizadas plantas de cobertura e adubação verde, cuja sementeira poderá ser solteira ou consorciada – misturas de diferentes espécies, cada qual com uma especificidade para produção de fitomassa, enraizamento e atividade biológica.

Os principais objetivos do uso antecipado dessas culturas são: cobertura para proteção do solo da incidência direta da radiação solar e regulação térmica do solo; proteção contra os impactos das gotas das chuvas; construção da estrutura do solo; diminuição de compactação do solo; melhoria da infiltração e armazenamento de água no solo; produção de fitomassa e disponibilização de matéria orgânica para o solo; neutralização da acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ); complexação orgânica do alumínio tóxico; resgate e reciclagem de nutrientes de fácil lixiviação; extração e mobilização de nutrientes no perfil do solo (Ca, Mg, K, P, S e micronutrientes); aproveitamento do P fixado;

resgate do K; fixação do N atmosférico; supressão de plantas espontâneas por alelopatia ou por limitação de luminosidade; diminuição de custos de manejo ao longo do ciclo da cultura perene; resistência das plantas cultivadas a períodos de estiagem; controle de doenças e nematoides do solo.

Finalizado o ciclo das culturas de cobertura, no florescimento, período indicado agronomicamente para o manejo da fitomassa, realiza-se o processo de dessecação das plantas. No sistema orgânico de produção a forma de manejo será por métodos mecânicos, como roçagem, picagem e rolagem. Tanto na roçagem como na picagem as plantas são ceifadas e picadas, e isso acelera a decomposição do material vegetal, o que não é muito interessante. Manter o material intacto sobre a superfície do solo e retardar o processo de decomposição será importante, portanto a rolagem com o uso do rolo faca é o mais indicado. O rolo faca realiza o acamamento uniforme da fitomassa e, ao esmagar os vasos condutores de substâncias das plantas, ocorre a dessecação (Figura 10). O manejo dessa forma contribuirá para distribuição na horizontalidade da fitomassa, conservação de umidade e melhor controle das plantas espontâneas.

Manejada a fitomassa, iniciam-se as atividades de implantação das culturas e, neste momento, será realizado o plantio direto das mudas. O plantio será sempre em nível e com os seguintes passos: abertura dos berços ou sulcamento, fertilização de acordo com as recomendações para cada cultura, plantio das mudas e posterior cobertura da área mobilizada.



**Figura 10.** Rolo faca com acamamento das plantas de cobertura em área de pré-cultivo.

## Coberturas vegetais e adubação verde

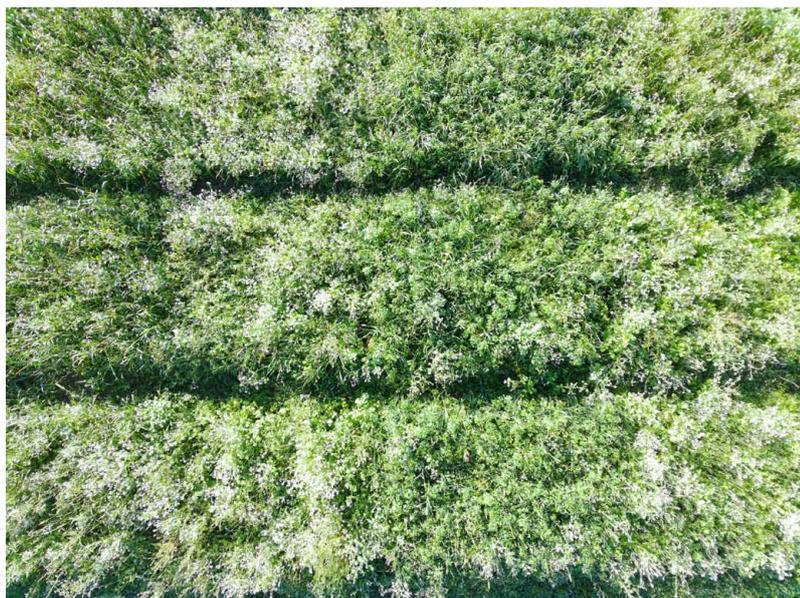
Adubos verdes ou coberturas vegetais são plantas que produzem grande quantidade de massa verde e seca, a exemplo das leguminosas e gramíneas perenes, utilizadas para proteger o solo dos fatores de degradação (sol, chuva e vento), sejam vivas ou mortas pela formação de palhada sobre a superfície do solo. São usadas como plantas melhoradoras da estrutura do solo, além de reciclar nutrientes e, conseqüentemente, reduzir a quantidade de fertilizantes utilizada. Contribuem também para o controle cultural e integrado da vegetação espontânea.

As coberturas vegetais podem ser utilizadas na etapa de preparo do solo, como plantas melhoradoras, por exemplo, leguminosa anual ou gramíneas perenes sozinhas ou associadas a leguminosas que têm sistema radicular vigoroso e profundo (Figura 11).

Após a implantação do pomar é recomendado realizar o plantio de coberturas vegetais nas entrelinhas da cultura, preferencialmente aquelas com sistema radicular vigoroso e profundo, para minimizar a ação dos impedimentos físicos sobre o sistema radicular da cultura comercial, favorecer a infiltração e aumentar o armazenamento de água no solo.

O capim braquiária (*Urochloa ruziziensis*), cultivado na entrelinha de plantio como cobertura vegetal, após o corte com a roçadeira lateral, a sua fitomassa é lançada nas linhas de plantio para formação da cobertura com a palhada (Figura 12). Uma prática que beneficia o controle das plantas espontâneas e a preservação da água no solo com aumento do tempo de disponibilidade para a planta.

Foto: Marcos Roberto da Silva



**Figura 11.** Crotalária (*Crotalaria spectabilis*) como cultura de espera para instalação de um pomar.

Foto: Fernando Azevedo



**Figura 12.** Fitomassa do capim (*Urochloa ruziziensis*) na cobertura do solo na linha de plantio de lima-ácida 'Tahiti'.

A matéria orgânica (MO) fresca dos adubos verdes atua mais intensamente na estabilidade dos agregados, devido às atividades biológicas que são desencadeadas, principalmente a emissão de hifas de fungos. A contribuição não é apenas pela ação física do micélio fúngico, mas também química pela produção da proteína glomalina que possui efeito cimentante que une as partículas do solo com a

formação de agregados (Truber, 2013). Em função disso e pelo efeito de curto prazo, o solo necessita de acréscimos regulares de MO fresca para manter as atividades biológicas responsáveis pela estabilidade estrutural.

A cobertura do solo com leguminosas, gramíneas ou um mix de espécies pode ser uma grande aliada também no manejo das plantas espontâneas (Figura 13).



Fotos: José Eduardo Borges de Carvalho (A e C) e Aristoteles Pires de Matos (B)

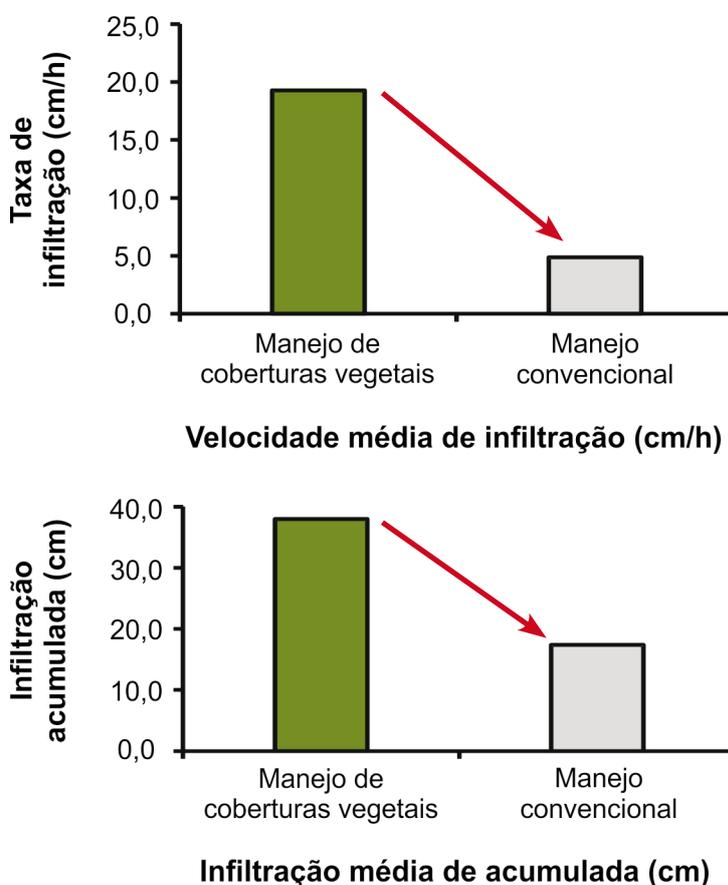
**Figura 13.** Cultivo do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) na cultura do mamão (A); cultivo de milheto (*Pennisetum glaucum*) nas entrelinhas do abacaxizeiro (B); mistura de milheto com feijão-de-porco em pomar de citros (C).

Nas condições tropicais e subtropicais, o uso frequente de grade e de herbicidas pré-emergentes que expõe o solo à ação direta do sol, da chuva e de ventos, são as principais causas de degradação. Práticas que não podem ser utilizadas no sistema orgânico. A falta de conhecimento sobre o período crítico de interferência das plantas espontâneas, quando não é possível sua convivência com a cultura principal, leva a adoção do manejo mecânico da superfície do solo, com intenso revolvimento para o controle do mato nas entrelinhas do pomar. Essa prática causa efeitos negativos sobre a estrutura do solo e consequências danosas, tais como evaporação mais rápida da água do solo, corte de raízes finas das fruteiras, por exemplo, compactação do solo, com formação especialmente do “pé de grade”, ou seja, compactação das camadas subsuperficiais e da aceleração da oxidação da matéria orgânica. Contribui, também para o agravamento do efeito estufa, uma vez que o material orgânico no solo é facilmente decomposto com liberação de gases como o  $\text{CO}_2$ . Isso agrava sua influência sobre as mudanças climáticas por causar modificações no regime

hídrico com consequências diretas na distribuição das chuvas, associada a uma constante escassez de água, influenciando diretamente a produtividade da cultura.

## Benefícios das coberturas vegetais para a conservação do solo e da água

A taxa de infiltração da água é maior quando o solo está protegido pela cobertura vegetal, a qual contribui para o maior armazenamento de água nos horizontes mais profundos. A taxa de infiltração depende da estabilidade da estrutura do solo na superfície, da porosidade e do teor de MO. Quando o solo está descoberto na entrelinha pelo efeito da gradagem para controlar o mato, a infiltração é quase inexistente quando comparada com o solo com cobertura vegetal, uma vez que a redução da cobertura implica na diminuição da taxa de infiltração de água e conseqüentemente no seu armazenamento no solo (Figura 14).



**Figura 14.** Taxa média de infiltração e infiltração média acumulada em dois sistemas de manejo das entrelinhas de pomar cítrico.

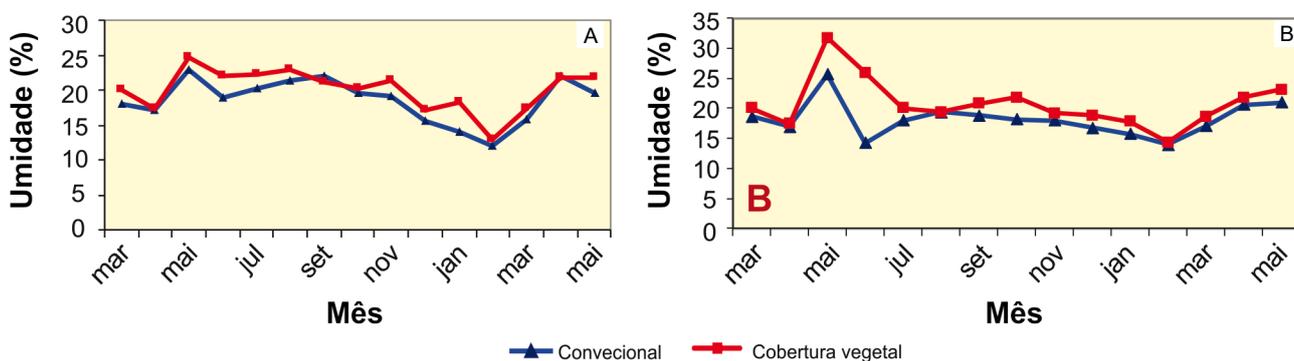
Fonte: Lucena et al. (2017).

A cobertura vegetal reduz a velocidade do vento sobre o solo em até 99%, o que contribui para menor evaporação e, conseqüentemente, para redução da perda de água. As coberturas vegetais, por diminuírem a temperatura do solo e as perdas de água por evaporação, aumentam a disponibilidade de água para a planta.

A melhoria da estrutura do solo proporcionada pela adoção do preparo inicial com subsolagem nas linhas de plantio associada ao cultivo de coberturas vegetais nas entrelinhas contribuiu para a maior

retenção de água no perfil do solo em relação à ausência dessa prática (Figura 15).

As coberturas formadas com leguminosas (família Fabaceae) oferecem grande vantagem sobre as demais, pois mantêm simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio em seu sistema radicular (Figura 16). Essas bactérias têm a capacidade de capturar o N do ar e transferi-lo ao solo (fixação biológica de N). Esse nutriente é incorporado em quantidade significativa pelo adubo verde, o que reduz a necessidade de aplicação de adubos nitrogenados.



**Figura 15.** Umidade média do solo (%) manejado nos sistemas convencional e com subsolagem e cobertura vegetal, no início (A) e após 14 meses (B).

Fonte: Carvalho et al., 2003.



**Figura 16.** Fixação biológica do nitrogênio (N) pela associação de bactérias nitrificantes com as raízes da leguminosa calopogônio.

## Incorporação e decomposição da fitomassa

Na cultura do mamoeiro, em Latossolo Amarelo álico, o manejo do solo e coberturas vegetais no controle integrado de plantas espontâneas, o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) foi a cobertura que mais incorporou matéria seca ao solo, seguido pela crotalária (*Crotalaria juncea*) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) (Tabela 3).

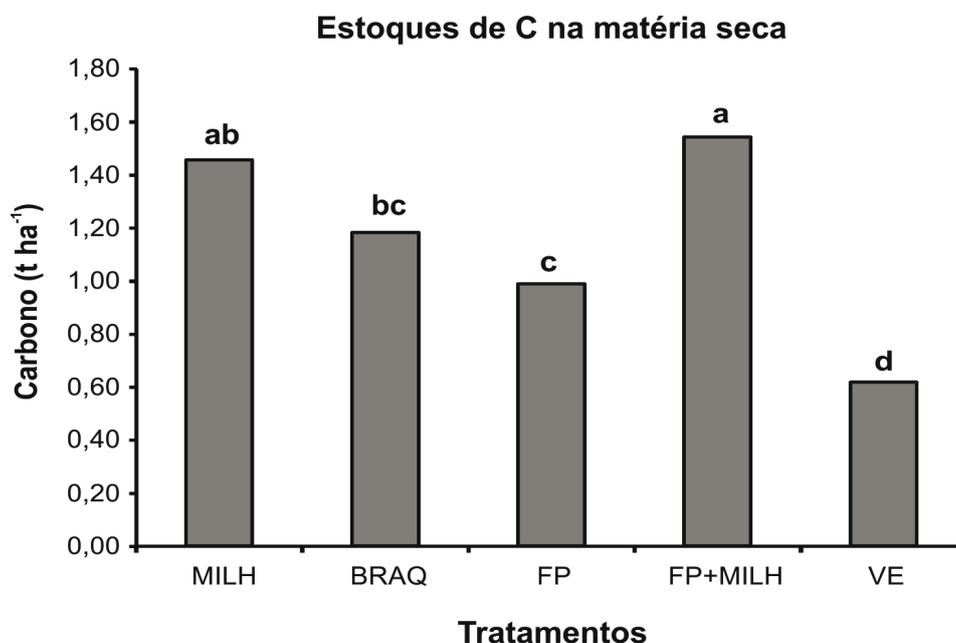
**Tabela 3.** Produção de fitomassa verde e seca ( $t\ ha^{-1}$ ) por espécies de coberturas vegetais de solo no manejo integrado de plantas espontâneas na cultura do mamoeiro. Cruz das Almas, BA.

Leguminosa	Massa fresca ( $t\ ha^{-1}$ )	Massa seca ( $t\ ha^{-1}$ )
Feijão-de-porco ( <i>Canavalia ensiformis</i> )	47,5	13,8
Crotalária ( <i>Crotalaria juncea</i> )	28,6	9,8
Feijão-caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> )	18,0	5,4

Fonte: Carvalho et al., 2004.

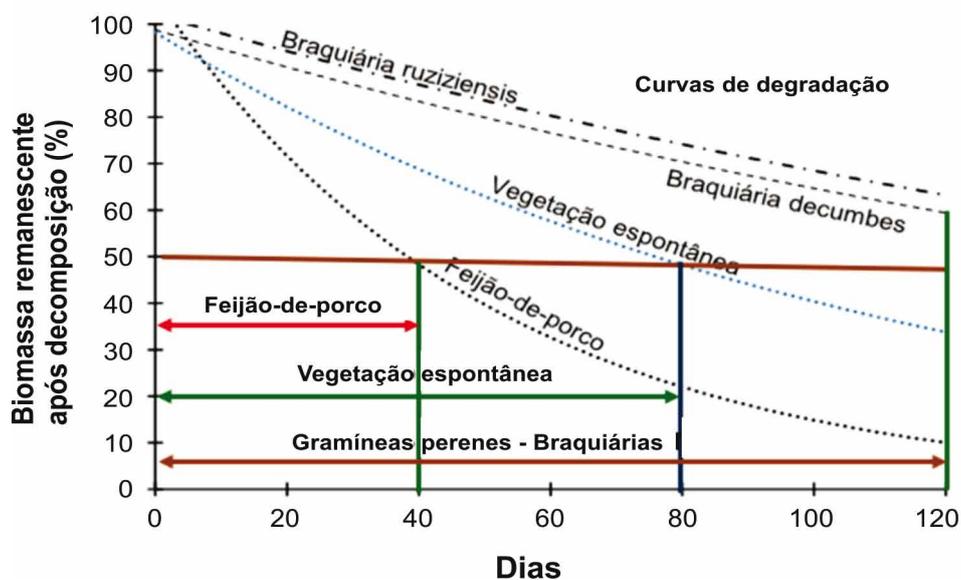
A cobertura vegetal que mais sequestrou o carbono (C) foi a combinação de feijão-de-porco + milho (50% + 50%), seguida pelo milho e capim braquiária, representada na Figura 17 pelo estoque de C. Estas foram as coberturas que mais contribuíram para mitigar as emissões de  $CO_2$  para a atmosfera, reduzindo o impacto negativo sobre as mudanças climáticas. A cobertura que menos contribuiu, nesse estudo, foi a vegetação espontânea (Figura 17).

A velocidade de decomposição da fitomassa das coberturas vegetais está representada por meio das curvas que indicam a quantidade de fitomassa remanescente em função do tempo. Quanto maior for a inclinação da curva, maior a velocidade de decomposição da fitomassa e, conseqüentemente, maior velocidade de liberação dos nutrientes. Para que ocorra a formação de uma cobertura adequada, é muito importante a utilização de espécies vegetais que produzam muita fitomassa seca e que sua decomposição seja lenta, mantendo a proteção do solo por mais tempo. As gramíneas perenes, os capins (*Urochloa decumbens* e *U. ruziziensis*) são as coberturas vegetais mais recomendadas para a função de proteção do solo por apresentarem menor velocidade de decomposição e manterem o solo protegido por mais tempo, o que reduz a perda de água por evaporação (Figura 18).



**Figura 17.** Sequestro do carbono (C) na matéria seca das coberturas vegetais, plantadas nas entrelinhas da laranjeira 'Pera', nas condições dos Tabuleiros Costeiros, BA. MILH: milho; BRAQ: braquiária; FP: feijão-de-porco; FP + MILH: combinação 50% feijão-de-porco + milho; VE: vegetação espontânea.

Fonte: Oliveira e Xavier, 2013.



**Figura 18.** Degradação da fitomassa da parte aérea de diferentes plantas de cobertura em função do tempo (dias).

Fonte: Carvalho et al., 2021.

## Coberturas vegetais no controle das plantas espontâneas

As espécies vegetais podem atuar de duas formas, pelo efeito físico e efeito químico.

### Efeito físico

O efeito físico ocorre em razão do sombreamento do solo que não permite a germinação, a emergência e o desenvolvimento de espécies das plantas espontâneas fotoblásticas positivas que são dependentes de luz (Figura 19).



**Figura 19.** Controle de plantas espontâneas pelo sombreamento do solo pelas espécies vegetais calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) (A) e capim ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*) (B).

## Efeito químico

O efeito químico ocorre pela liberação de compostos químicos, os aleloquímicos, que são exsudatos, lixiviados e compostos voláteis. O uso de leguminosa como adubo verde com alta capacidade competitiva é um exemplo de alelopatia, pois reduz a produção de sementes e as seguintes infestações dessas plantas interferentes (Figura 20). Quanto maior o volume do material, mais aleloquímicos contém e maior quantidade é lixiviada para o solo.



Foto: José Eduardo Borges de Carvalho

**Figura 20.** Efeito alelopático do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) no controle de plantas espontâneas.

## Como plantar as coberturas vegetais

Normalmente as coberturas anuais são plantadas no início das chuvas e roçadas no início do período seco. As perenes, como o amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*), calopogônio (*Calopogonio muconoides*) e as braquiárias (*Urochloa ruziziensis*; *U. decumbens*) são mantidas nas entrelinhas da cultura durante todo o ano. O plantio é muito fácil e são apresentadas duas alternativas: plantio a lanço e plantio em sulcos. Com relação ao manejo de coberturas vegetais perenes com gramíneas (capins braquiária) ou leguminosas (calopogônio, amendoim-forrageiro), o plantio é feito apenas uma vez, caso sejam dadas condições para a perenização dessas coberturas.

### Plantio a lanço

A semeadura dos adubos verdes pode ser realizada em área total (lanço), com auxílio de uma gradagem para controlar o mato se for necessário.

Logo após semeá-las, deve-se cobri-las com uma gradagem superficial. No plantio a lanço, as coberturas vegetais devem ser semeadas em alta densidade. Esse sistema, apesar de prático e rápido, apresenta dois aspectos negativos, o uso de grade ainda que superficial e a necessidade de maior quantidade de sementes por hectare para que ocorra o “fechamento” eficiente da cobertura vegetal (leguminosa ou gramínea), de forma a permitir a competição com as plantas espontâneas (Figura 21).



Foto: José Eduardo Borges de Carvalho

**Figura 21.** Plantio a lanço do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*).

### Plantio em sulcos

Inicialmente, recomenda-se uma roçada baixa quase rente ao solo para tornar favorável à cobertura vegetal que está sendo implantada e, posteriormente realizar o plantio em sulcos. Para pequena área, plantar manualmente em berços, com matracas, no espaçamento de 25 x 25 cm.

O plantio em sulcos apresenta algumas vantagens em relação ao sistema a lanço, como a retirada por completo do uso da grade no pomar; a segurança de que dificilmente haverá necessidade de replantar em razão da melhor condição competitiva dada às coberturas; menor risco de erosão; menor gasto de sementes por hectare e, conseqüentemente, redução de custos.

Na Tabela 4 constam algumas características das coberturas vegetais do solo e nas Figuras de 22 a 25 o desenvolvimento de algumas espécies.

**Tabela 4.** Características das espécies vegetais mais utilizadas como cobertura do solo.

Nome comum	Nome científico	Família	Ciclo	Massa seca (t ha <sup>-1</sup> )	Época de plantio	Prof. de semeadura (cm)	Quantidade semente a lanço (kg ha <sup>-1</sup> )	Quantidade semente sulco (m) <sup>1</sup>	Altura da planta (m)
Capim ruziziensis	<i>Urochloa ruziziensis</i>	Poaceae	perene	9 a 14	Início das chuvas	2 a 3	13 a 15	–	0,8 a 1,2
Capim braquiária	<i>Urochloa decumbens</i>	Poaceae	perene	8 a 12	Início das chuvas	2 a 3	12 a 14	–	0,6 a 1,0
Milheto	<i>Pennisetum glaucum</i>	Poaceae	anual	8 a 10	Início das chuvas	2 a 3	12 a 14	50 a 55	1,5 a 2,0
Feijão-de-porco	<i>Canavalia ensiformis</i>	Fabaceae	anual	3 a 6	Início das chuvas	2 a 3	100 a 120	4 a 5	0,8 a 1,0

<sup>1</sup>Pirai Sementes (2014). Sem informações para os capins.



Foto: José Eduardo Borges de Carvalho

**Figura 22.** Desenvolvimento do capim ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*) em pomar de citros.



Foto: José Eduardo Borges de Carvalho

**Figura 23.** Desenvolvimento do capim decumbens (*Urochloa decumbens*) em pomar de citros.



Foto: José Eduardo Borges de Carvalho

**Figura 24.** Desenvolvimento do milho (*Pennisetum glaucum*) em pomar de citros.



Foto: José Eduardo Borges de Carvalho

**Figura 25.** Desenvolvimento do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) em pomar de citros.

Normalmente, não é necessário o controle das plantas espontâneas após o plantio das espécies de cobertura do solo, em razão dos efeitos alelopático e/ou por sombreamento; além disso, a adubação das coberturas vegetais plantadas nas entrelinhas só ocorrerá em casos específicos e pontuais, pois elas aproveitam a adubação residual realizada na cultura principal.

## Manejo das coberturas vegetais perenes

A manutenção da cobertura perene ao longo dos anos nas entrelinhas do pomar dependerá do manejo das roçadas. O uso da roçadeira lateral (“ecológica”) com alta frequência com três a quatro

operações durante o ano deixa muitas vezes o solo desprotegido nas entrelinhas, contribuindo para o seu empobrecimento e da produção de fitomassa nas entrelinhas ao longo dos anos, podendo até levar à morte das coberturas vegetais perenes (Figura 26).

No manejo com gramíneas perenes, recomenda-se que das três ou quatro roçadas, em média ao ano, pelo menos uma delas deva ser efetuada com a roçadeira convencional que deixa a palhada sobre o solo nas entrelinhas do pomar, o que garante a proteção do solo e a retenção da umidade (Figura 27). Recomenda-se, também, que essa roçada só seja efetuada após a produção de sementes viáveis para aumentar o banco de sementes no solo da cobertura vegetal e contribuir, com isso, na perenização da espécie.



**Figura 26.** Corte da fitomassa do capim ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*) nas entrelinhas e deposição nas linhas de plantio para formação de cobertura morta.



**Figura 27.** Uso da roçadeira central para deposição da biomassa do capim braquiária (*Urochloa decumbens*) na superfície do solo nas entrelinhas do pomar.

## Vantagens das coberturas vegetais

São diversas as vantagens das coberturas vegetais, sendo: a) diminuição da força de impacto das gotas de chuva sobre o solo, o que resulta em menor deslocamento de partículas e menor compactação do solo; b) redução da velocidade de escoamento superficial da água das chuvas, o que se reflete em redução da erosão do solo; c) aumento da infiltração da água, redução do escoamento superficial e, em consequência, redução da erosão; d) diminuição da variação da temperatura do solo; e) aumento da presença de organismos no solo, com sensível melhora da estrutura do solo; f) melhoria do ambiente dentro do pomar, aumento na presença de inimigos naturais de doenças e pragas, melhor equilíbrio biológico (manejo integrado); g) proteção do solo aos agentes de degradação (insolação, chuvas e ventos); h) aumento do teor de matéria orgânica no solo e consequente sequestro do carbono no compartimento do solo, com mitigação da emissão para atmosfera desse gás do efeito estufa.

Desta forma, a busca de sistemas que integrem plantas de coberturas e que possam, além de proteger o solo, promover melhorias nas condições ambientais e efeitos favoráveis ao desenvolvimento de cultivos comerciais deverá ser constante no manejo dos sistemas produtivos.

A escolha por uma ou outra espécie de cobertura vegetal para proteção do solo passa, dentre outros fatores, pelo conhecimento das suas características, tais como hábito de crescimento, volume e distribuição do sistema radicular, potencial de produção de fitomassa seca, e velocidade de decomposição, além dos requerimentos edafoclimáticos de cada espécie. A Tabela 5 apresenta algumas características de outras espécies vegetais que podem ser utilizadas como cobertura do solo. A escolha da planta de cobertura melhoradora do solo está relacionada à adaptação à região e a disponibilidade e custo das sementes, e, muitas vezes, independe da cultura principal, principalmente quando é utilizada em pré-cultivo.

**Tabela 5.** Teores médios de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na matéria seca e características de espécies vegetais melhoradoras do solo.

Espécie	Concentração (g kg <sup>-1</sup> )			Característica
	N	P	K	
Amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> )	25,0	1,6	16,2	Perene e apresenta boa tolerância ao sombreamento. Produz de 10 até 25 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa verde por ano. Fixa biologicamente de 80 até 120 kg ha <sup>-1</sup> de N atmosférico. Recomenda-se o plantio por mudas no espaçamento de 50 x 50 cm, ou por sementes (cerca de 10 kg ha <sup>-1</sup> ).
Calopogônio ( <i>Calopogonium mucunoides</i> )	21,6–26,2	1,2	15,6	Crescimento inicial lento. Produz de 15 até 40 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa verde por ano. Fixa biologicamente de 64 até 450 kg ha <sup>-1</sup> de N, ao ano. Recomenda-se o plantio a lanço com densidade de 70 a 80 sementes por metro quadrado ou 10 kg ha <sup>-1</sup> .
Crotalária júncea ( <i>Crotalaria juncea</i> )	11,3–44,0	0,9–3,7	5,7–33,7	Produz de 15 até 60 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa verde por ano. Fixa biologicamente de 150 até 450 kg ha <sup>-1</sup> /ano de N atmosférico. Recomenda-se o plantio a lanço com densidade de 55 a 60 sementes por metro quadrado ou 30 kg ha <sup>-1</sup> .
Crotalária ( <i>Crotalaria spectabilis</i> )	19,7–33,0	0,7–2,5	7,9–17,8	Produz de 15 até 30 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa verde por ano. Fixa biologicamente de 60 até 120 kg ha <sup>-1</sup> /ano de N atmosférico. Recomenda-se o plantio a lanço com densidade de 80 a 85 sementes por metro quadrado ou 15 kg ha <sup>-1</sup> .
Cudzu tropical ( <i>Pueraria phaseoloides</i> )	36,8	2,9–1,5	21,4	Produz de 20 até 30 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa verde por ano. Fixa biologicamente de 100 até 120 kg ha <sup>-1</sup> de N atmosférico. Recomenda-se o plantio a lanço com densidade de 70 a 80 sementes por metro quadrado ou 12 kg ha <sup>-1</sup> .
Estilosantes ( <i>Stylosanthes</i> spp.)	26,9	3,2	18,8	Produz de 8 até 14 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa seca por ano. Fixa biologicamente de 60 até 80 kg ha <sup>-1</sup> /ano de N atmosférico. Recomenda-se o plantio a lanço ou em linha (30 a 40 cm entre linhas) com densidade de 3 a 5 kg ha <sup>-1</sup> . A profundidade de semeadura deve ser de 1 a 3 cm, pois as sementes são muito pequenas (350–400 sementes/g).
Feijão-caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> e <i>Vigna sinensis</i> )	27,3	1,0–2,0	17,9–28,2	Utilizada na alimentação humana e animal, na forma de grãos verdes ou secos. Produz de 15 até 25 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa verde por ano. Fixa biologicamente de 70 até 240 kg ha <sup>-1</sup> /ano de N atmosférico. Recomenda-se o plantio a lanço com 20 sementes por metro linear (60 cm entre linhas) ou 90 kg ha <sup>-1</sup> .
Guandu ( <i>Cajanus cajan</i> )	13,2–33,5	0,9–2,5	4,7–28,5	Produz de 15 até 30 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa verde por ano. Fixa biologicamente de 90 até 170 kg ha <sup>-1</sup> /ano de N atmosférico. Recomenda-se o plantio a lanço com densidade de 50 a 55 sementes por metro quadrado ou 70 kg ha <sup>-1</sup> .
Mucuna preta ( <i>Stizolobium aterrimum</i> )	19,7–32,3	1,1–6,1	7,8–20,5	Produz de 40 até 50 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa verde por ano. Fixa biologicamente de 180 até 220 kg ha <sup>-1</sup> /ano de N atmosférico, ao ano. Recomenda-se o plantio a lanço com densidade de 8 a 10 sementes por metro quadrado ou 80 kg ha <sup>-1</sup> .
Sorgo forrageiro ( <i>Sorghum bicolor</i> )	5,0–11,0	1,0–3,0	14,0–22,0	Produz de 20 até 60 t ha <sup>-1</sup> de fitomassa verde por ano. Recomenda-se o plantio de 20 sementes por metro linear no espaçamento de 25 a 30 cm entre linhas ou 10 kg ha <sup>-1</sup> (12 kg ha <sup>-1</sup> de sementes no plantio a lanço).

Fonte: Calegari (1995); Pirai Sementes (2014); Wutke et al. (2014).

É recomendável que o manejo do solo e espécies vegetais no controle de plantas infestantes seja adaptado regionalmente, levando em consideração o solo e o clima, as condições socioeconômicas e o interesse do agricultor, e que acima de tudo, além de tecnicamente factível, seja ecologicamente equilibrado e economicamente viável.

## Calagem e gessagem

A calagem e a gessagem referem-se às aplicações de calcário e gesso e são as primeiras práticas a serem realizadas, com antecedência mínima de 45 dias do plantio para que haja tempo de reação com os íons do solo. É uma prática melhoradora do solo que tornará o ambiente favorável ao desenvolvimento radicular, além de afetar diretamente os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, fundamental para a otimização da produtividade das culturas nos solos ácidos.

### Calagem

O calcário ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ) em presença de água dissocia-se e libera para a solução do solo os íons  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{OH}^-$ . O  $\text{Ca}^{+2}$  e o  $\text{Mg}^{+2}$  são atraídos pelas cargas negativas das argilas e ficam retidos de forma trocável.

### Benefícios da calagem

- Correção da acidez do solo. O calcário corrige a acidez do solo, eleva o seu pH (acidez ativa) e reduz ou elimina o efeito tóxico do  $\text{Al}^{+3}$  e/ou excessos de  $\text{Mn}^{+2}$  e  $\text{Fe}^{+2}$  trocáveis.
- Fornecimento de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ . As duas cargas positivas livres do cálcio (Ca) e do magnésio (Mg) são atraídas pelas cargas negativas das argilas, onde estes dois cátions ficam retidos na forma trocável. Além disso, o Ca e o Mg promovem maior agregação do solo, diminuindo as perdas por erosão. Sugerem-se teores de Ca e Mg no solo, respectivamente, nas faixas de 2,5 a 4,0  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e 1,0 a 1,5  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ .
- Melhoria dos atributos físicos do solo. A agregação do solo favorece a aeração e a movimentação de água no solo e contribui para o desenvolvimento do sistema radicular,

que é beneficiado também pela ausência de elementos tóxicos e presença de bases (Ca e Mg) no solo.

- Expansão do sistema radicular. A ampliação do sistema radicular aumenta a absorção de água e de nutrientes e contribui para maior resistência da planta ao deficit hídrico.
- Favorecimento da atividade microbiana. O ambiente torna-se mais adequado à atividade dos microrganismos pela elevação do pH e do fornecimento de Ca e Mg, e melhora a mineralização da matéria orgânica.
- Aumento da disponibilidade de N, P, K, S e Mo. O pH do solo interfere na disponibilidade dos nutrientes e seu maior aproveitamento, com valores adequados de pH em água na faixa de 5,5 a 6,5 (Figura 28).

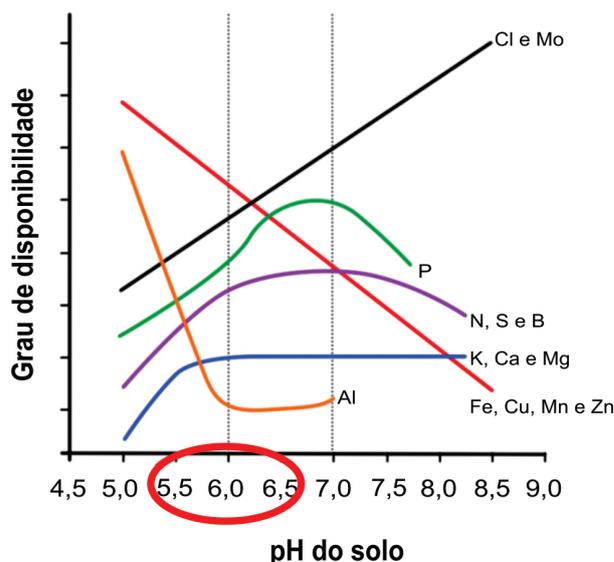


Figura 28. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes.

Fonte: Instituto, 2018.

- Aumento da resposta à adubação. Em razão da melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo há um aumento potencial de resposta à adubação.

### Calcário

O calcário é uma rocha de origem sedimentar (mais comum), metamórfica ou marinha que contém carbonatos de cálcio (calcita), de cálcio e magnésio (dolomita).

A Instrução Normativa nº 35 estabelece que o calcário agrícola deve apresentar especificações e garantias mínimas em teores de cálcio e magnésio (CaO + MgO de 38%), poder de neutralização (PN de 67%), poder relativo de neutralização total (PRNT de 45%) e granulometria (100% em peneira de 2 mm), no mínimo 70% da amostra na peneira de 0,84 mm e no mínimo 50% na peneira de 0,3 mm (Brasil, 2006).

O anexo V da Portaria nº 52 não indica restrições, para o sistema orgânico, para o uso de carbonatos, óxidos e hidróxidos de cálcio e magnésio (calcário e cal) (Brasil, 2021). Assim, podem ser utilizados livremente nos sistemas orgânicos de produção.

Com base nos teores de óxidos de Ca e Mg, a classificação dos calcários consta na Tabela 6.

**Tabela 6.** Classificação dos calcários pelos teores dos óxidos de Ca e Mg.

Tipo de calcário	CaO (%)	MgO (%)
Calcítico	40-45	< 6
Magnesiano	31-39	6-12
Dolomítico	25-30	> 12

Fonte: Comissão, 1989.

## Quantidade de calcário recomendada

A quantidade de calcário a ser recomendada pode ser calculada por dois métodos:

**Método 1.** Neutralização da acidez trocável ( $Al^{+3}$ ) e elevação dos teores de  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  trocáveis (Ribeiro et al., 1999)

$$NC (t ha^{-1}) = Y \times Al^{+3} + [X - (Ca^{+2} + Mg^{+2})] \times 100 / PRNT,$$

em que

NC ( $t ha^{-1}$ ) = necessidade de calagem.

Y = valor variável definido de acordo com o teor de argila do solo (Tabela 7).

$Al^{+3}$ ,  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  = teores indicados pela análise química do solo em  $cmol_c dm^{-3}$ .

X = teor requerido de  $Ca^{+2} + Mg^{+2}$  ( $cmol_c dm^{-3}$ ) pela cultura específica (Ribeiro et al., 1999).

PRNT (%) = poder relativo de neutralização total do calcário comercial. Informação que consta na embalagem do corretivo.

**Tabela 7.** Valor de Y em função do teor de argila e textura do solo.

Teor de argila ( $g kg^{-1}$ )	Textura do solo	Valor de Y
0 – 150	Arenosa	1,0
151 – 350	Média	2,0
351 – 600	Argilosa	3,0
> 600	Muito argilosa	4,0

Fonte: Ribeiro et al., 1999.

**Método 2.** Saturação por bases (V), considerando o valor de V2 a ser alcançado de acordo com a necessidade da cultura, pela fórmula:

$$NC (t ha^{-1}) = \frac{(V2 - V1) CTC}{PRNT},$$

em que

NC ( $t ha^{-1}$ ) = necessidade de calagem.

V2 = saturação por bases (%) do solo necessária para a cultura.

V1 = saturação por bases (%) do solo indicada pela análise química do solo.

CTC = capacidade de troca catiônica indicada pela análise química do solo em  $cmol_c dm^{-3}$ .

PRNT (%) = poder relativo de neutralização total do calcário que consta na embalagem do corretivo.

Os valores de V2 são variáveis de acordo com a necessidade da cultura e alguns exemplos constam na Tabela 8.

**Tabela 8.** Valores de saturação por bases (V) para algumas culturas a serem alcançados pela calagem.

Cultura	V (%)	Observação
Abacaxi	50	Calcário dolomítico, exigente em Mg.
Acerola	70	
Banana	70	Calcário dolomítico, relação K, Ca e Mg importante.
Citros	70	Calcário dolomítico, manter teor de Mg no solo acima de $0,9 cmol_c dm^{-3}$ .
Goiaba	70	
Mamão	70	Calcário dolomítico, se o teor de Mg no solo for inferior a $0,9 cmol_c dm^{-3}$ .

Continua...

**Tabela 8.** Continuação.

Cultura	V (%)	Observação
Mandioca	50	Máximo de 1 t ha <sup>-1</sup> /ano.
Manga	80	
Maracujá	70	Calcário dolomítico, se o teor de Mg no solo for inferior a 0,9 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .
Umbu	70	

Fonte: Ribeiro et al., 1999; Borges et al., 2021.

As gramíneas para cobertura do solo, como *U. decumbens* e *U. ruziziensis*, necessitam de uma saturação por bases (V) do solo de 50%. Assim, a calagem realizada na área total para as culturas comerciais corrige o solo para a implantação dessas espécies vegetais melhoradoras do solo.

A quantidade recomendada deve ser aplicada com antecedência de, no mínimo, 45 dias do plantio, em uma única vez, a lanço e em área total, quando plana, incorporando a pelo menos 20 cm de profundidade, se a declividade for inferior a 10%.

Em área declivosa a calagem poderá ser feita manualmente ao redor do berço de plantio e também nas entrelinhas, mas sempre considerando a área coberta e a profundidade. O mesmo ocorre em áreas já implantadas cuja quantidade de calcário a ser aplicada (QC) é calculada de acordo com a área a ser coberta e a profundidade a ser atingida. Vale lembrar que a NC foi determinada para a profundidade de 0–20 cm.

$$QC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = NC \times SC/100 \times PF/20,$$

em que

QC = quantidade de calcário a ser aplicada (t ha<sup>-1</sup>).

NC (t ha<sup>-1</sup>) = necessidade de calagem determinada por um dos métodos.

SC = superfície do solo a ser coberta (%).

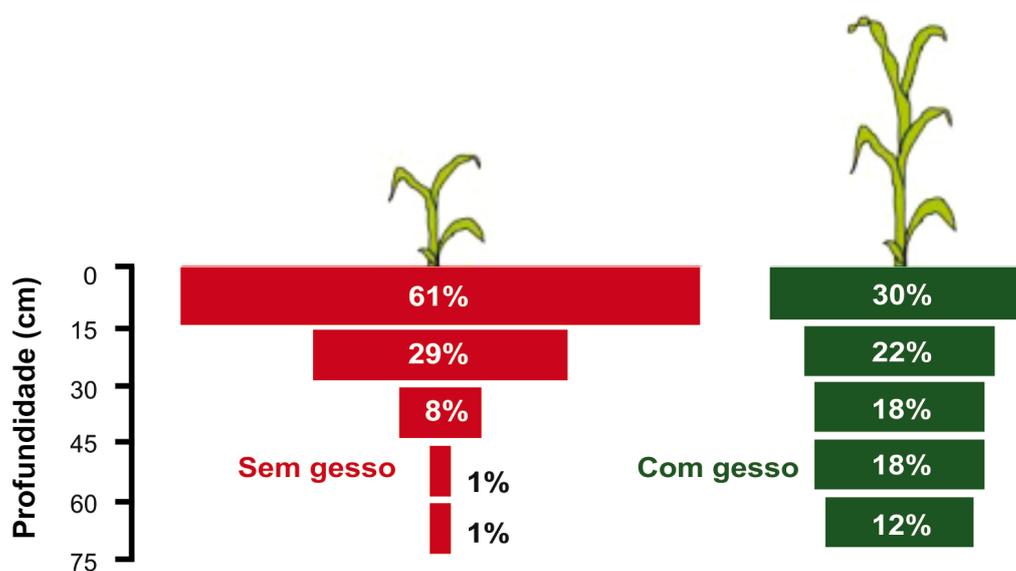
PF = profundidade a ser incorporado o calcário (cm).

## Gessagem

A aplicação do gesso agrícola (sulfato de cálcio), denominada de gessagem, é recomendada quando há presença de camadas subsuperficiais (30–50 cm) com baixos teores de Ca (< 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) ou alta saturação por Al (m > 20%) (Sousa et al., 2005; Barretto, 2007).

O sulfato de cálcio (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) contém em torno de 23% de Ca e 19% de S e na presença de água se dissocia em Ca<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, permanecendo na solução do solo o par iônico, que, como não é atraído pelos coloides do solo, se movimenta com a percolação da água (Barretto, 2007).

Por estas características, o gesso apresenta rápida mobilidade no perfil do solo e enriquece suas camadas mais profundas em Ca, o que favorece o desenvolvimento e melhor distribuição do sistema radicular das plantas (Figura 29).



**Figura 29.** Distribuição relativa de raízes de milho (*Zea mays*) no perfil de um Latossolo argiloso, sem e com aplicação de gesso (Sousa et al., 2005).

Segundo descrito no anexo V da Portaria nº 52, o sulfato de cálcio (gesso) pode ser utilizado em sistemas orgânicos, desde que o nível de radioatividade não ultrapasse o limite máximo regulamentado. Já a gipsita (gesso mineral) pode ser utilizada sem restrições (Brasil, 2021).

O gesso agrícola, conhecido como fosfogesso, é proveniente da indústria da produção de fertilizantes fosfatados e pode apresentar algum nível de radioatividade em função da origem da rocha fosfática, principalmente em urânio e tório. Dessa forma, o fosfogesso não é recomendado em sistemas orgânicos. Já o gesso mineral é obtido a partir do aquecimento da gipsita, um mineral abundante na natureza, e posteriormente transformado em pó. É encontrado em praticamente todo o mundo, e, no Brasil ocorre principalmente nos estados do CE, MA, PE, PI e RN. A cor é geralmente branca, mas com algumas impurezas pode apresentar cor cinza ou verde.

### Quantidade de gesso recomendada (QGR)

A quantidade de gesso pode ser recomendada por dois métodos.

**Método 1.** Substituir ou acrescentar a dose de 25% da necessidade de calagem (NC)

$$QGR (t ha^{-1}) = 0,25 NC (20-40cm)$$

**Método 2.** Baseado no teor de argila do solo, para culturas perenes pela fórmula (Sousa et al., 2005)

$$QGR (t ha^{-1}) = 7,5 \times \text{argila} (g kg^{-1} \text{ solo})$$

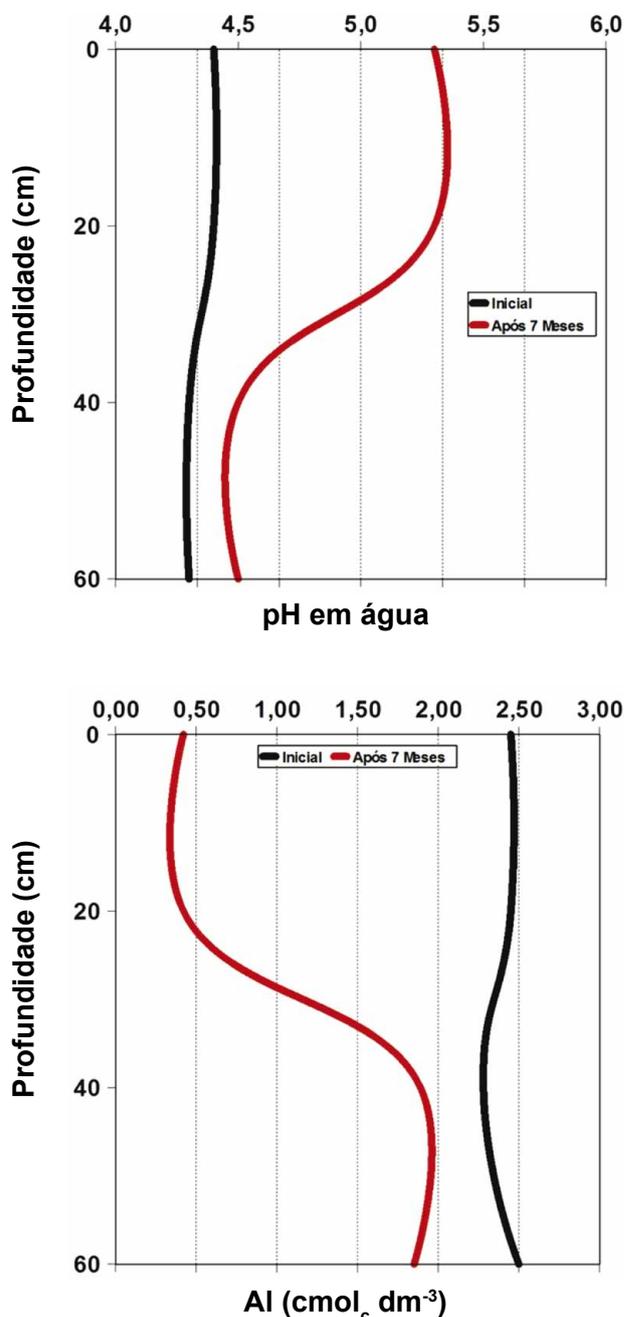
Teor de argila: média das profundidades de 20–40 e 40–60 cm ou 30–50 cm.

O gesso pode ser aplicado juntamente com o calcário ou mesmo posteriormente. Se após o calcário, não precisa ser incorporado ao solo (Barretto, 2007).

### Efeitos do calcário e gesso nos atributos químicos do solo

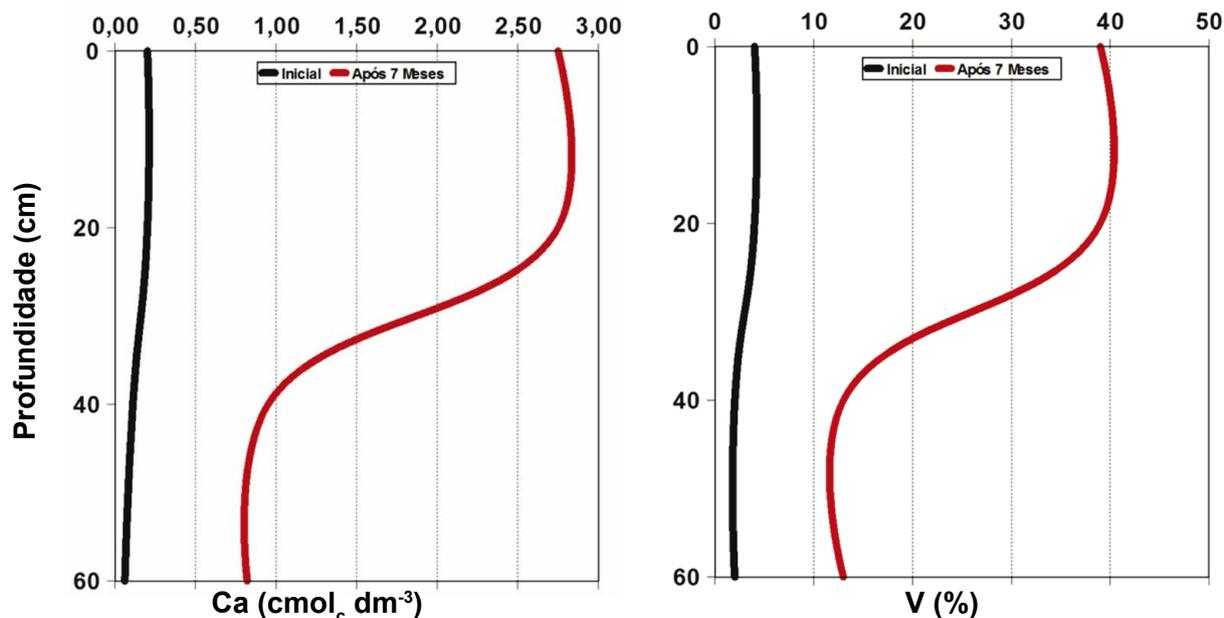
A Figura 30 mostra o efeito conjunto da aplicação do calcário e gesso, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, no pH em água e no teor de Al trocável do solo, considerando que a influência

do gesso ocorre apenas no teor de Al trocável. Observa-se aumento do pH e diminuição do Al trocável, notadamente na camada de 0–20 cm.



**Figura 30.** Alterações do pH em água e Al trocável do solo sete meses após aplicação do calcário e gesso, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Lençóis, BA.

Os aumentos dos teores de Ca e dos valores da saturação por bases (V) em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico são mostrados na Figura 31, onde se verifica, notadamente, o acréscimo dos teores de Ca, evidentes até 40 cm de profundidade.



**Figura 31.** Alterações do teor de  $\text{Ca}^{+2}$  trocável e valor da saturação por bases (V) sete meses após aplicação do calcário e gesso, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Lençóis, BA.

Na Tabela 9 observam-se as alterações em alguns atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, na profundidade de 0–20 cm, ao longo de dois anos, cultivado com coquetel vegetal (feijão-de-porco + mucuna preta +

milheto + sorgo) e com cobertura natural (capim amargoso); apesar de não ter alcançado a saturação por bases calculadas (70%), os teores de Ca ficaram adequados, em razão das aplicações de calcário e gesso.

**Tabela 9.** Alterações de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (0–20 cm), em duas coberturas do solo, ao longo de dois anos, após aplicações de calcário e gesso. Lençóis, BA.

Cobertura <sup>1</sup>	pH em água	Ca	Al	SB <sup>2</sup>	V
		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			%
Nativa/inicial	4,4	0,24	2,5	0,48	4
<b>Após 7 meses</b>					
C. coquetel	5,0	2,24	0,9	3,47	33
C. natural	4,8	1,58	1,3	2,47	22
<b>Após 19 meses</b>					
C. coquetel	5,3	2,75	0,4	4,10	39
C. natural	5,3	2,65	0,4	3,90	37
<b>Após 26 meses</b>					
C. coquetel	5,4	2,89	0,2	4,46	45
C. natural	5,4	2,89	0,2	4,37	42
<b>Adequado</b>	<b>5,5–6,5</b>	<b>2,50–4,00</b>	<b>0,0</b>	<b>3,6–6,0</b>	<b>50–80</b>

<sup>1</sup>Nativa: vegetação nativa, antes das aplicações de calcário e gesso, C. coquetel: coquetel vegetal com feijão-de-porco + mucuna preta + milho + sorgo, c. natural: cobertura natural com capim amargoso; <sup>2</sup>SB: Soma de bases (K+Ca+Mg+Na).

O calcário dolomítico foi aplicado na área total, em duas etapas, antes e após a primeira escarificação, para elevar a saturação por bases (V) para 70%, o que correspondeu a 8 t ha<sup>-1</sup>. O gesso mineral (2 t ha<sup>-1</sup>) foi aplicado juntamente com a segunda dose de calcário e foi realizada a segunda escarificação do solo. A área foi irrigada e, um mês após, feito o plantio das coberturas vegetais, juntamente com aplicação de fosfato natural de Gafsa (28% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total). O manejo das coberturas vivas constou de quatro ceifas, ou seja, dois plantios e duas rebrotas, e a fitomassa mantida na superfície do solo. As amostras de solo para análises químicas foram realizadas 7, 19 e 26 meses após a aplicação do calcário e gesso e, 5, 17 e 24 meses após a ceifa

das coberturas vegetais do solo. Observou-se a contribuição do calcário e do gesso no aumento dos teores de Ca e na elevação do pH (calcário), bem como na redução do Al trocável. Em razão da alta quantidade de calcário aplicada, acredita-se que os benefícios da prática da calagem e gessagem foram estendidos pelo efeito residual desses insumos.

As Figuras 32, 33 e 34 mostram o aspecto das culturas da banana, abacaxi e maracujá e a evolução dos atributos químicos do solo, três e quatro anos após as aplicações conjuntas de calcário e gesso, como também as adubações para o sistema orgânico, segundo as recomendações para a cultura (Borges, 2016; Matos et al., 2017; Borges e Rosa, 2018).

Foto: Ana Lúcia Borges



	pH água	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	V	MO
0-20 cm		mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					%	g kg <sup>-1</sup>
Início (2014)	4,4	4	0,08	0,24	0,15	2,5	10,82	4	30,0
2017 (VN)	5,7	60	0,16	2,62	1,38	0,0	9,14	46	35,0

**Figura 32.** Aspecto do bananal no início do desenvolvimento e atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico após três anos da aplicação de calcário e gesso sob manejo orgânico.



Foto: Ana Lúcia Borges

	pH água	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	V	MO
0-20 cm		mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					%	g kg <sup>-1</sup>
Início (2010)	4,3	3	0,08	0,23	0,23	2,1	9,62	6	26,8
2014 (VN)	5,6	32	0,26	3,03	1,73	0,0	10,08	52	27,7

**Figura 33.** Aspecto do plantio de abacaxi e atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico após quatro anos da aplicação de calcário e gesso sob manejo orgânico.

Foto: Ana Lúcia Borges



	pH água	P	K	Ca	Mg	Al	CTC	V	MO
0-20 cm		mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					%	g kg <sup>-1</sup>
Início (2010)	4,3	3	0,08	0,23	0,23	2,1	9,62	6	26,8
2014	6,3	103	1,40	5,16	2,85	0,0	10,32	95	50,0

**Figura 34.** Aspecto do plantio de maracujá e atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico após quatro anos da aplicação de calcário e gesso sob manejo orgânico.

## Considerações finais

O solo é a base da produção orgânica e seu preparo e manejo requerem práticas e processos que devem ser empregados, pois a qualidade do solo é fundamental para o sucesso da produção e deve ser vista na sua amplitude física, química e biológica. O sistema orgânico é normatizado, e, para a produção sustentável, ou seja, ambientalmente correta, socialmente justa e economicamente viável, as diretrizes devem ser seguidas e cumpridas.

O cuidado com o recurso natural solo tem sido uma preocupação de todos, pois sua degradação tem impactado diretamente a vida de muitos agricultores, uma vez que aproximadamente 95% dos alimentos provêm dele. O processo de degradação ameaça a nutrição da população mundial e é reconhecido como um dos maiores problemas para a segurança e sustentabilidade alimentar em todo o mundo.

As recomendações e práticas que foram disponibilizadas neste documento são necessárias para o manejo sustentável do solo, em especial para o sistema orgânico de produção, uma vez que solos saudáveis são mais produtivos e resilientes.

Nos sistemas orgânicos, o manejo da matéria orgânica (MO) é fundamental, principalmente nos solos tropicais onde predominam as argilas com baixa CTC e a MO tem a função de elevar a CTC do solo, uma vez que a matéria orgânica apresenta alta CTC e é um atributo determinante da qualidade do solo.

Assim, é necessário saber o que avaliar, como e quando realizar a avaliação do solo. E para o conhecimento de seus atributos físicos, químicos e biológicos, é imprescindível uma amostragem correta, que é considerada uma etapa crítica das análises. Sabe-se que a caracterização do solo permite medir a sua aptidão para fornecer nutrientes e água para as plantas, bem como mostrar as limitações físicas,

químicas e biológicas ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

O manejo e o preparo do solo, incluindo a escolha do maquinário, devem obedecer aos princípios da conservação, além de ter como objetivo manter a capacidade produtiva do solo e evitar o processo de degradação.

Dessa forma, na agricultura orgânica o manejo do solo deve priorizar as ações que não comprometam as interações ecológicas, mediadas por organismos vivos, e aumentem os níveis de matéria orgânica do solo. E para o alcance disso, deve-se reduzir o revolvimento da camada superficial e manter o solo com coberturas vegetais viva ou morta.

O manejo adequado inclui também as práticas de calagem e gessagem, que são requisitos básicos para o sucesso da agricultura orgânica. As soluções que envolvem as práticas citadas deverão ser adaptadas regionalmente, em razão de fatores como clima, solo, temperatura, homem e planta. Vale reforçar que todas as práticas agrícolas para o manejo do solo em sistema orgânico devem ser tecnicamente factíveis, ecologicamente equilibradas e economicamente viáveis.

## Referências

- ALEF, K. Estimation of soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (ed.). **Methods in soil microbiology and biochemistry**. New York: Academic, 1995. p. 464-470.
- ANDERSON, T.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.
- BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Londrina: Mecenas, 2017. 288 p.
- BARRETTO, M. C. de V. **Acidez do solo e recomendações de corretivos**. In: SOBRAL, L. F. et al. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. p.97-112.
- BORGES, A. L. (ed.). **Sistema orgânico de produção para a cultura da banana**. 3. ed. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 18). Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/temas-publicados>.
- BORGES, A. L.; ACCIOLY, A. M. de A. Amostragem de solo para recomendação de calagem e adubação. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2012. 2 p.
- BORGES, A. L.; ACCIOLY, A. M. de A. **Amostragem de solo para recomendação de calagem e adubação**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2020.
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F. da S. Amostragem de solo. In: BORGES, A. L. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 4. p.65-69.
- BORGES, A. L.; ROSA, R. C. C. (ed.). **Sistema Orgânico de Produção do Maracujazeiro para a Região da Chapada Diamantina, Bahia**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 48). Disponível em: <https://www.embrapa.br/cultivos-criacoes-e-sistemas-de-producao#Letra%20M>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA nº 35, de 4 de julho de 2006**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-35-de-4-7-2006-corretivos.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 52, de 15 de março de 2021**. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção e as listas de substâncias e práticas para o uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-52-de-15-de-marco-de-2021-310003720>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- BÜNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAI, Z.; CREAMER, R. E.; DEYN, G. D.; GOEDE, R.; FLESKENS, L.; GEISSEN, V.; KUYPER, T. W.; MÄDER, P.; PULLEMAN, M.; SUKKELE, W.; VAN GROENIGEN, J. W.; BRUSSAARD, L. Soil quality – A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, n.120, p. 105–125, 2018.
- CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118 p. (IAPAR. Circular, 80).
- CAMARGO, F. A. O., SANTOS, G. A., GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G.A., CAMARGO, F.A.O. ed. **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 1 ed. Porto Alegre, 1999. p. 27-39.
- CARVALHO, J. E. B. de; CARVALHO, L. L.; SOUZA, L. da S.; SANTOS, R. C. Interferência de preparos e manejos de solo na dinâmica da água no seu perfil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto, SP. **Resumo expandido...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. 1 CD-ROM.

- CARVALHO, J. E. B. de; LOPES, L. C.; ARAUJO, A. M. de A.; SOUZA, L. da S.; CALDAS, R. C.; DALTRO JUNIOR, C. A.; CARVALHO, L. L. de; OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS, R. C. dos. Leguminosas e seus efeitos sobre propriedades físicas do solo e produtividade do mamoeiro 'Tainung 1'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 335-338, ago. 2004.
- CARVALHO, J. E. B. de; XAVIER, F. A. da S.; SANTOS, N. S. dos. **Decomposição e liberação de nutrientes por diferentes plantas de cobertura em um pomar de laranja**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021. 27 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 123).
- COLEMAN, D. C. Soil biota, soil systems, and processes. **Encyclopedia of Biodiversity**, (Second Edition), Academic Press, v. 6, p. 580-589, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00128-3>.
- COMISSÃO Estadual de Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. 2. ed. rev. aument. Salvador:CEPLAC; EMATERBA; EMBRAPA; EPABA; NITROFÉRTIL, 1989. 176p.
- CRASWELL, E. T.; LEFROY, R. D. B. The role and function of organic matter in tropical soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 7-18, 2001.
- CUNHA, T. J.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. Matéria orgânica do solo. In: Nunes, R. R.; Rezende, M. O. O. (Org.). **Recurso solo**: propriedades e usos. 1.ed, São Carlos: Editora Cubo, 2015, pp. 273-293.
- DE GREGORIO, S.; CAMARDA, M.; CAPPUZZO, S.; GURRIERI, S. An innovative method for continuous measurement of soil CO<sub>2</sub> flux. **Chemical Geology**, v. 341, p. 102-109, 2013.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BZEDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (ed.). **Methods for assessing soil quality**. SSSA, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 1996.
- EMBRAPA. **Adubação verde – utilização de leguminosas contribui no fornecimento de nitrogênio para culturas de interesse comercial e protege solo da erosão**. Embrapa Agrobiologia: Rio de Janeiro (Folder), 2011. Disponível em <https://www.embrapa.br/documents/1355054/32245427/4a+->
- FERREIRA, A. B. de H. **Mini Aurélio**: o minidicionário da língua portuguesa. 6. ed. Curitiba: Posigraf, 2004, 896 p.
- FONTANA, A.; VIANA, J. H. M.; DONAGEMMA, G. K.; ALMEIDA, B. G. de; CORREA, J. C. de O.; OLIVEIRA, E. M. de. Preparo de amostras e separação de terra fina, cascalho e calhaus. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. pt. 1, cap. 1, p. 21-28.
- INSTITUTO Agro. Micronutrientes: efeitos na produtividade e necessidade de adubação, 2018. Disponível em: <https://institutoagro.com.br/micronutrientes/>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- KEITH, H.; WONG, S. C. Measurement of soil CO<sub>2</sub> efflux using soda lime absorption: both quantitative and reliable. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, p. 1121-1131, 2006.
- KOHNKE, H. **Soli physics**. Bombay - New Delhi: TATA McGraw-Hill Publishing Company Ltd., 1968. 224p.
- KOOREVAR, P.; MENELIK, G.; DIRKSEN, C. **Elements of soil physics**. Amsterdam: Elsevier Science, 1999. 228p. (Developments in Soil Science 13)
- LIMA, A. A.; CALDAS, R. C.; BORGES, A. L.; RITZINGER, C. H. S. P.; TRINDADE, A. V.; PIRES, M. M.; MIDLEJ, M. M. B. C.; MATA, H. T. C.; SOUZA, J. S. Cultivos intercalares e controle de plantas daninhas em plantios de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 711-713, 2002.
- LUCENA, C. C. de; CARVALHO, J. E. B. de; XAVIER, F. A. da S. **Manejo de coberturas vegetais em pomares de citros nos tabuleiros costeiros**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017. 48 p.
- MARCOS, Z. Z. Ensaio sobre epistemologia pedológica: 1. definição de solo. 2. NATUREZA e comportamento do solo. **Cahiers Orstom**: série pédologie, v. 19, n. 1, p. 5-23, 1982.
- MATOS, A. P. de; PADUA, T. R. P. de; CORDEIRO, Z. J. M. (Ed.). **Sistema Orgânico para Produção de Abacaxi para Lençóis, Chapada Diamantina - BA**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção, 45). Disponível em: <https://www.embrapa.br/cultivos-criacoes-e-sistemas-de-producao#Letra%20A>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- MEDINA, H. P. Constituição física. In: Moniz, A. C. (Ed.) **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro, p.11-20. 1975.
- MELO FILHO, J. F.; SOUSA, A. L. V.; SOUZA, L. S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1599-1608, 2007.
- MENDES, I. C.; SOUZA, L. M.; LOPES, D. M. G.; REIS Jr., A. A. C.; LACERDA, F. B.; COELHO, M. P.; MALAQUIAS, J. V. Critical limits for microbial indicators

in tropical Oxisols at post-harvest: The FERTBIO soil sample concept. **Applied Soil Ecology**, v. 139, p. 85–93, 2019.

NOVOTNY, E. H.; HAYES, M. H. B.; MADARI, B. E.; BONAGAMBA, T. J.; AZEVEDO, E. R.; SOUZA, A. A.; SONG, G.; NOGUEIRA, C. M.; MANGRICH, A. S. Lessons from the Terra preta de índios of the Amazon region for the utilisation of charcoal for soil amendment. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 20, p. 1003-1010, 2009.

OLIVEIRA, J. de M.; XAVIER, F. A. da S. Dinâmica da decomposição da biomassa de coberturas vegetais em pomar de laranja 'Pera'. In: JORNADA CIENTÍFICA, 7, 2013, Cruz das Almas, BA. **Resumos...** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 1 CD ROM.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. (Coord.) **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019. 289p.

PIRAÍ Sementes. **Catálogo**: adubação verde e cobertura vegetal. Piracicaba: [s.n.], 2014.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, 359 p.

SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. Agregação do solo e estabilidade de agregados. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 130-139

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALDI, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. **Biol. Fertil. Soils** v. 35, p. 96–101, 2002.

SHARMA, S.; SINGH, P.; ANGMO, P.; SATPUTE, S. Total and labile pools of organic carbon in relation to soil biological properties under contrasting land-use systems in a dry mountainous region. **Carbon management**, v. 13, p. 352–371, 2022.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; AVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2007. pp. 275-374.

SILVEIRA, A. P. D.; ABREU, M. F.; CANTARELLA, H.; ZAMBROSI, F. C. B. **Determinação da atividade de enzimas em solos**. Secretaria da Agricultura e Abastecimento; Instituto Agrônomo, Centro de Solos e Recursos Ambientais. Campinas, 2022, 14 p. Disponível em: <https://lab.iac.sp.gov.br/Publicacao/ProtocoloIACEnzimasSolosAbril2022.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Survey Manual**. EUA. Department of Agriculture. Washington, Govt. Print. Off., 1951, 503 p. (Handbook 18).

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005, 19 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 32).

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; SOUZA, L. F. S. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: estudo de caso para citros em solos coesos de tabuleiros costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto, UNESP, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions. New York: Wiley-Interscience, 1982, 443 p.

TRUBER, P. V. **Agregação do solo e ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas de rotação de culturas**. (Dissertação de mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2013, 75 f.

VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. Densidade de partículas. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. pt. 1, cap. 8, p. 76-81.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1. p. 59-167.

WYMORE, A. W. **Model-based systems engineering**: an introduction to the mathematical theory of discrete systems and to the tricotyledon theory of system design. Boca Raton: CRC Press, 1993.

## Glossário

### A

**Adubação verde:** espécies vegetais cultivadas, ceifadas e mantidas na superfície do solo como fontes de matéria orgânica e nutrientes.

**Alelopatia:** efeito adverso ocasionado por uma planta em outro organismo, causado pela liberação no meio ambiente de metabólitos secundários tóxicos.

**Aleloquímico:** composto orgânico volátil produzido pelas plantas ou microrganismos que gera uma resposta em indivíduos de outras espécies.

**Atividade enzimática:** ação das enzimas que é influenciada por temperatura, pH e tempo.

**Atividade microbiana:** condição metabólica de microrganismos passível de ser quantificada por comparação entre diferentes populações.

### B

**Bioanálise:** análise do componente biológico.

**Bioindicador:** organismo ou grupo de organismos capazes de fornecer dados mensuráveis e relacionados com a qualidade de um ambiente previamente delimitado.

**Biomassa microbiana:** parte viva da matéria orgânica do solo.

### C

**Capacidade de troca catiônica:** expressa por CTC e em  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ . É a soma total de cátions trocáveis que um solo pode adsorver em pH 7,0. São eles:  $\text{K}^+ + \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{Al}^{+3} + \text{H}^+$ .

**Cátions:** íon com carga positiva, como, por exemplo, o cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e o magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ).

**Ciclo biogeoquímico:** fluxo unidirecional da energia capaz de promover a troca de materiais entre os componentes vivos e não vivos da biosfera.

**Coquetel vegetal:** mistura ou mix de espécies vegetais melhoradoras do solo, utilizado como adubo verde.

### D

**Distrófico:** solo que apresenta saturação por bases menor que 50%. Não fértil.

### E

**Embuchamento:** restos vegetais de culturas ou de plantas de cobertura sobre a superfície do solo que aderem aos implementos agrícolas com queda de rendimento operacional.

**Enzima:** composto orgânico de ação intracelular ou secretado, capaz de acelerar uma reação bioquímica sem ser afetado por ela.

**Equilíbrio ecológico:** equilíbrio que se dá quando há uma condição de igualdade entre forças opostas. Uma população está em equilíbrio quando, cessadas interferências de deriva ou seleção natural, sua frequência gênica permanece constante.

**Erodibilidade:** suscetibilidade do solo ao processo erosivo, que pode ser determinada de forma direta, pela razão entre as perdas de solo.

**Erosão:** remoção e transporte do solo causados pela água das chuvas e pelo vento.

### F

**FAO:** Organização para Alimentação e Agricultura; agência das Nações Unidas, cujo objetivo é contribuir para a eliminação da fome e a melhoria da nutrição no mundo.

**Fertbio:** conceito de amostragem de solo que propõe a padronização do tempo e pré-tratamento para validação de dados analíticos da atividade microbiana e qualidade nutricional obtidos a partir dos mesmos eventos de coleta, evitando-se assim a duplicidade de esforços.

**Fitomassa:** massa vegetal resultante da deposição de material da própria cultura ou de cobertura verde.

**Fotoblástica:** influenciada pela luz para germinar e se desenvolver, seja pela presença de luz (positiva) ou ausência de luz (negativa). A fotoblástica neutra germina e desenvolve independentemente do regime de luz.

### I

**Índice de qualidade do solo (IQS):** índice proposto para avaliação da qualidade do solo a partir da interpretação conjunta dos atributos químicos (IQSquím) e biológicos (IQSBio).

**Inimigos naturais:** predadores e parasitoides que possuem a capacidade de efetuar o controle biológico. Nematoides predadores, fungos-parasitas, bactérias e ácaros de solo podem exercer influência significativa na redução de fitonematoides.

## M

**Microorganismos:** forma de vida de dimensões microscópicas (fungos, bactérias e vírus).

**Microbioma:** patrimônio genético potencialmente expresso de uma microbiota sob as condições presentes no ambiente colonizado.

**Microbiota:** populações microbianas que colonizaram um dado ambiente.

## P

**Pé de grade:** ocorrência no solo quando do uso contínuo de grades e arados para o preparo da área, o que leva à compactação das camadas subsuperficiais, pé de arado.

**Plantas espontâneas:** plantas invasoras, plantas não cultivadas; mato que cresce no pomar e compete por água, luz e nutrientes com a cultura principal.

**Poder de neutralização (PN):** capacidade potencial do corretivo em neutralizar ácidos, expressa em teor de neutralizante equivalente ao carbonato de cálcio. Calculada pela  $\%CaO \times 1,79 + \%MgO \times 2,48$ .

**PRNT:** Poder Relativo de Neutralização Total que indica a eficiência de calcários corretivos agrícolas, em função do poder de neutralização (PN) e da reatividade das partículas (RE), calculada a partir da granulometria do corretivo.  $PRNT = PN \times RE / 100$ .

## R

**Rocha metamórfica:** rocha formada pela recristalização parcial ou total de minerais pré-existentes devido à mudanças de temperatura e pressão em profundidade.

**Rocha sedimentar:** rocha formada pela deposição de sedimentos minerais e orgânicos transportados pela água, ar, vento e outros meios.

## S

**Saturação por alumínio:** expressa por m e em %. Relação entre o teor de Al trocável e a soma de bases (SB) mais o Al trocável.  $m = Al / (SB+Al) \times 100$ .

**Saturação por bases:** expressa por V e em %. Proporção do complexo de adsorção do solo que está saturado pelas bases trocáveis.  $V = SB / CTC \times 100$ .

**Soma de bases (SB):** normalmente expressa em  $cmol_c \text{ dm}^{-3}$ . Soma dos cátions básicos trocáveis ou as bases do solo que correspondem ao  $K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2} + Na^+$ .

## T

**Terraceamento:** construção de uma estrutura transversal ao sentido do maior declive do terreno.

**Terraços:** estruturas hidráulicas caracterizadas por um canal e um dique ou camalhão.

