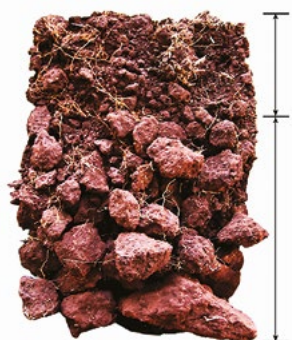


AGRICULTURA CONSERVACIONISTA NO PARANÁ



FUNDAMENTOS,
IMPLANTAÇÃO
E CONDUÇÃO

SISTEMA FAEP



SENAR - ADMINISTRAÇÃO REGIONAL DO ESTADO DO PARANÁ

CONSELHO ADMINISTRATIVO

Presidente: Ágide Meneguette

Membros Titulares

Rosanne Curi Zarattini
Nelson Costa
Darci Piana
Alexandre Leal dos Santos

Membros Suplentes

Livaldo Gemin
Robson Mafioletti
Ari Faria Bittencourt
Ivone Francisca de Souza

CONSELHO FISCAL

Membros Titulares

Sebastião Olímpio Santaroza
Paulo José Buso Júnior
Carlos Alberto Gabiatto

Membros Suplentes

Ana Thereza da Costa Ribeiro
Aristeu Sakamoto
Aparecido Callegari

Superintendente

Pedro Carlos Carmona Gallego

**NEYDE FABÍOLA BALAREZO GIAROLA
JOSÉ ALFREDO BAPTISTA DOS SANTOS**

**AGRICULTURA CONSERVACIONISTA NO PARANÁ:
FUNDAMENTOS, IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO**



2016

Depósito legal na CENAGRI, conforme Portaria Interministerial n. 164, datada de 22 de julho de 1994, e junto a Fundação Biblioteca Nacional e Senar-PR.

Autora: Neyde Fabíola Balarezo Giarola e José Alfredo Baptista dos Santos

Coordenação técnica: Leandro Alegransi CREA PR - 125189/D

Coordenação metodológica: Patrícia Lupion Torres

Normalização: Rita de Cássia Teixeira Gusso – CRB 9. /647

Coordenação gráfica: Adilson Kussem

Fotografias: Dácio Antônio Benassi, Edson Marcio de Siqueira, João Felipe Gomes, José Geraldo da Silva, Mário Rafael Tolomeoti Nicolau e Neyde Fabíola Balarezo Giarola.

Capa: Adilson Kussem

Ilustrações: Sincronia Design

Diagramação: Sincronia Design

Catálogo no Centro de Editoração, Documentação
e Informação Técnica do SENAR-PR.

Giarola, Neyde Fabíola Balarezo ; Santos, José Alfredo Baptista dos.

Agricultura conservacionista no Paraná : fundamentos, implantação e condução
/ Neyde Fabíola Balarezo Giarola [e] José Alfredo Baptista dos Santos. – Curitiba :
SENAR - Pr., 2016. – 1 v.

ISBN 978-85-7565-132-2

1. Agricultura. 2. Agricultura-Paraná. 3. Plantio direto. 4. Erosão dos solos. 5. Plantas
daninhas. 6. Sistemas conservacionistas. I. Santos, José Alfredo Baptista dos. II. Título.

CDU63(816.2)

CDD633

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, por qualquer meio,
sem a autorização do editor.

IMPRESSO NO BRASIL – DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



APRESENTAÇÃO

O Sistema FAEP é composto pela Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP), o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural do Paraná (SENAR-PR) e os sindicatos rurais.

O campo de atuação da FAEP é na defesa e representação dos milhares de produtores rurais do Paraná. A entidade busca soluções para as questões relacionadas aos interesses econômicos, sociais e ambientais dos agricultores e pecuaristas paranaenses. Além disso, a FAEP é responsável pela orientação dos sindicatos rurais e representação do setor no âmbito estadual.

O SENAR-PR promove a oferta contínua da qualificação dos produtores rurais nas mais diversas atividades ligadas ao setor rural. Todos os treinamentos de Formação Profissional Rural (FSR) e Promoção Social (PS), nas modalidades presencial e online, são gratuitos e com certificado.



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1 A AGRICULTURA CONSERVACIONISTA	9
1.1 PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS	10
1.2 BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES	11
2 SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE CULTIVO DE GRÃOS	15
2.1 SISTEMA CULTIVO MÍNIMO OU PREPARO REDUZIDO	15
2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO	16
2.3 REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO	20
2.3.1 Conscientização	20
2.3.2 Levantamento dos recursos disponíveis	20
2.3.3 Planejamento	21
2.3.4 Semeadura sem revolvimento do solo	22
2.3.4.1 Critérios para a seleção de máquinas e implementos	22
2.3.5 Cobertura do solo	27
2.3.5.1 Espécies de plantas de cobertura e suas características	30
2.3.6 Rotação de culturas	41
2.3.7 Manejo de plantas de cobertura e de plantas daninhas	49
2.3.7.1 Manejo de plantas de cobertura	52
2.3.7.2 Manejo de plantas daninhas	54
2.3.7.2.1 Método mecânico de manejo	55
2.3.7.2.2 Método cultural de manejo	59
2.3.7.2.3 Método químico de manejo	61
2.3.7.2.4 Métodos integrados de manejo	69
2.3.7.2.5 Método biológico de manejo	70
3 PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DOS SOLOS E CONTROLE	71
3.1 EROSÃO DOS SOLOS	72
3.1.1 Fatores que influenciam a erosão	75
3.1.2 Formas de erosão	85
3.1.3 Métodos de prevenção e controle da erosão	87
3.1.3.1 Uso das terras conforme aptidão agrícola	87
3.1.3.2 Implantação de matas ciliares	87
3.1.3.3 Uso de cobertura morta sobre o solo	88
3.1.3.4 Uso de fertilizantes e corretivos	88

3.1.3.5	Adoção de sistemas conservacionistas de cultivo.....	89
3.1.3.6	Rotação de culturas.....	89
3.1.3.7	Consortiação de culturas.....	89
3.1.3.8	Cultivo em nível	90
3.1.3.9	Terraceamento.....	91
3.2	COMPACTAÇÃO DOS SOLOS	92
3.2.1	Causas da compactação.....	93
3.2.2	Compactação superficial.....	94
3.2.3	Compactação subsuperficial	95
3.2.4	Consequências da compactação dos solos	96
3.2.5	Monitoramento e avaliação da compactação.....	98
3.2.6	Métodos de prevenção e controle da compactação	102
REFERÊNCIAS.....		103
ANEXOS.....		115



INTRODUÇÃO

A provisão de alimentos é a função básica dos **ecossistemas** agrícolas (FISHER et al., 2009). No entanto, a intensificação da agricultura, com o intuito de aumentar a produção, pode afetar negativamente os componentes e processos que ocorrem nesses ecossistemas, como: ciclagem de nutrientes, regulação do clima, regulação da qualidade e quantidade da água, polinização, controle de pragas e alteração da diversidade biológica (POWER, 2010).

Ecossistema designa o conjunto formado por todos os fatores bióticos (animais, vegetais e microrganismos) e abióticos (ar, água, luz, calor, solo, minerais etc.) que atuam simultaneamente em um determinado meio. Pode ser interpretado como o conjunto de relações mútuas entre fauna (animais), flora (vegetais) e microrganismos em interação com fatores geológicos, atmosféricos e meteorológicos. Do ponto de vista da termodinâmica, ecossistema é um sistema aberto, com fluxos de entrada e saída de energia e matéria, constituindo ciclos naturais em equilíbrio dinâmico e em permanente relacionamento com os sistemas do entorno (ODUM, 2004).

As práticas agronômicas podem melhorar, manter ou limitar as funções desempenhadas pelos **agroecossistemas**. Por esse motivo, é fundamental a utilização de práticas adequadas para os diferentes tipos de solos, zonas climáticas e tamanhos de propriedades agrícolas.

A interferência humana em um determinado ecossistema, com a finalidade de explorá-lo mediante a implantação de sistemas agrícolas produtivos, resulta na alteração da dinâmica dos fluxos de matéria e de energia, na desarticulação da sincronia dos ciclos naturais e no rompimento do equilíbrio dinâmico existente, transformando-o em agroecossistema. Agroecossistema pode ser conceituado de modo similar a ecossistema, sendo entendido como o conjunto de relações mútuas entre fauna (animais), flora (vegetais) e microrganismos em interação com fatores geológicos, atmosféricos e meteorológicos, porém acrescido do fator antrópico (ODUM, 2004).

A agricultura conservacionista (AC) é um sistema de práticas agronômicas desenvolvidas com o intuito de aumentar a produção de alimentos, sem comprometer a **sustentabilidade** dos agroecossistemas. A AC foi concebida, originalmente, para controlar o processo de erosão dos solos, decorrente do uso inadequado das terras, que se deu nas Grandes Planícies dos Estados Unidos nos anos 1930 (BAVEYE et al., 2011). Essa forma de agricultura inclui o preparo reduzido do solo, a semeadura direta, a cobertura orgânica e permanente do solo por resíduos de culturas, e as rotações de culturas que incluem culturas de cobertura do solo.

O termo "sustentável" é definido como "capaz de ser suportado, defendido. Algo que é sustentado e se manteve sem interrupção ou debilitado, mantido por um longo período". Esse é um importante conceito na agricultura de hoje, uma vez que a raça humana não vai querer comprometer a capacidade do seu futuro e de seus descendentes para produzir as suas necessidades alimentares, prejudicando a recursos naturais utilizados para alimentar a população de hoje (FAO, 1989).

No Brasil, nos anos 1970, principalmente na Região Sul do país, a rápida expansão das áreas agrícolas cultivadas no sistema de preparo convencional também desencadeou processos severos de degradação dos solos (DERPSCH et al., 1991). Os processos de erosão hídrica e compactação promoveram redução da capacidade de infiltração de água, avolumaram as enxurradas e as perdas de fertilidade química, física e biológica dos solos. Somente no Paraná, as perdas de solo por erosão atingiram até 10 toneladas/hectare para cada tonelada de grão produzida. Essas taxas comprometeram os ganhos de produtividade agrícola e reduziram o volume e qualidade dos mananciais de água por todo o estado.

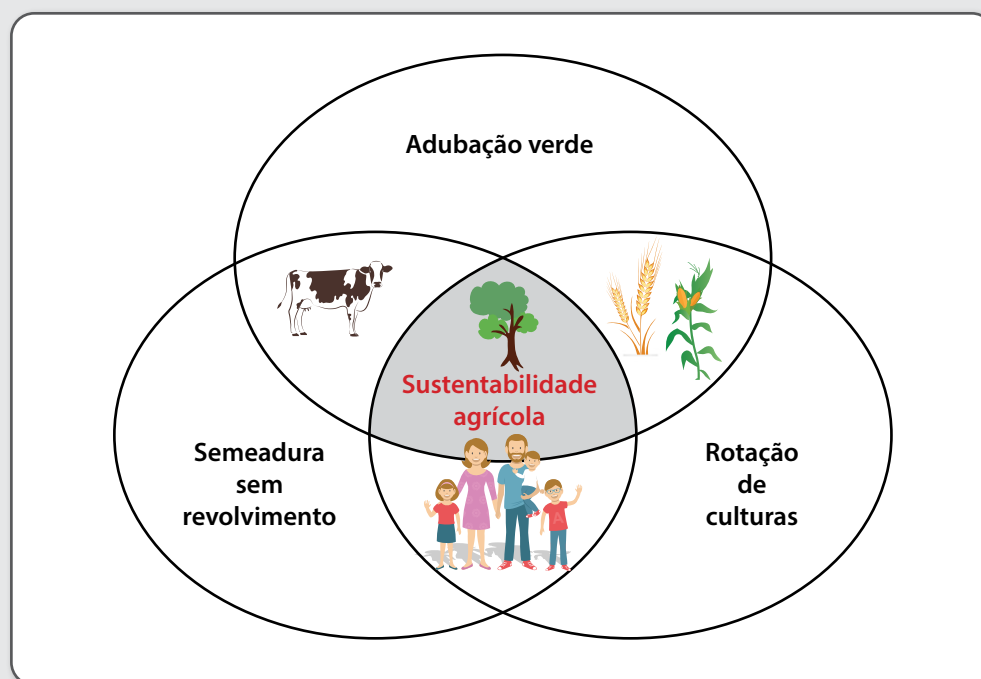
Os graves problemas ambientais vivenciados e o declínio da agricultura ocorridos naquela época obrigaram pesquisadores, extensionistas e agricultores paranaenses a buscarem alternativas para reduzir e controlar os processos de degradação dos agroecossistemas desencadeados pelo uso inadequado das terras. A solução encontrada apoiou-se na redução do preparo do solo, levando em consideração a experiência vivida pelos EUA (BAVEYE et al., 2011). Isso incentivou, finalmente, os movimentos que promoveram a difusão e a adoção da agricultura conservacionista.

No Paraná, duas alternativas de manejo foram adotadas: uma proliferou o uso de escarificadores, principalmente na região oeste; e outra buscou a implantação do plantio direto como sistema de manejo sem revolvimento do solo. Desde então, áreas permanentemente cultivadas em sistemas baseados no plantio direto sobre palha (que são parte da família de práticas da agricultura conservacionista) aumentaram notavelmente no estado nas últimas décadas, atingindo cerca de 90% do total da área cultivada com grãos (DERPSCH; THEODOR, 2009). A ampla adoção de sistemas de produção agrícola baseados em técnicas conservacionistas (plantio direto, rotação de culturas, cobertura do solo e plantas de cobertura) foi, sem dúvida, um dos fatores responsáveis pela evolução da agricultura paranaense, e promoveu a elevação da renda e da sustentabilidade nas regiões de agricultura intensiva do estado (CASÃO JÚNIOR et al., 2012).

1 A AGRICULTURA CONSERVACIONISTA

A agricultura conservacionista é um sistema de manejo agrícola relativamente novo que preconiza o mínimo revolvimento do solo (plantio direto ou *no-till*) e a cobertura permanente do solo (manto vegetal ou *mulch*), combinado com rotações de culturas (Figura 1). É uma forma de manejar os ecossistemas agrícolas de modo que se promova aumento sustentável da produtividade, maior rentabilidade, e segurança alimentar, ao mesmo tempo preservando e fortalecendo os recursos naturais e do meio ambiente (FAO, 2015).

Figura 1 – Representação esquemática do sistema agricultura conservacionista.



Fonte: Derpsch, 2003.

Pode-se dizer que a agricultura conservacionista é a arte de cultivar a terra, em conformidade com os fundamentos da ciência da conservação do solo. É um tipo de agricultura conduzida sob a proteção de um complexo de tecnologias de caráter sistêmico, objetivando preservar, manter e restaurar ou recuperar os elementos da biosfera ou recursos naturais, mediante o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade, devidamente compatibilizados com o uso de insumos externos. Compreende um conjunto de práticas agrícolas ou de preceitos que minimizam as alterações na estrutura, composição e biodiversidade do solo (FAO, 2015).

1.1 PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

Apesar de os agroecossistemas apresentarem grande variabilidade de composição e de manejo, todas as formas de agricultura conservacionista se apoiam em três preceitos fundamentais (FAO, 2015):

- 1) redução ou supressão de mobilização de solo;**
- 2) manutenção de resíduos culturais na superfície do solo;**
- 3) diversificação de espécies, em rotação, consorciação e/ou sucessão de culturas.**

Em determinadas condições de solo, clima e espécies componentes de sistemas agrícolas produtivos, a agricultura conservacionista requer um conjunto mais amplo e mais rigoroso de práticas ou de preceitos conservacionistas, como:

- erradicação da queima de restos culturais;
- redução ou supressão da mobilização de solo;
- manutenção de resíduos culturais na superfície do solo;
- diversificação de espécies, em rotação, consorciação e/ou sucessão de culturas;
- promoção de cobertura permanente de solo com plantas vivas, plantas mortas ou resíduos culturais, e, se necessário, por meio do cultivo de adubos verdes ou de plantas de cobertura;
- manejo integrado de pragas e doenças (insetos praga, doenças e plantas daninhas);
- controle de tráfego mecânico, animal e humano sobre o solo agrícola;
- aplicação precisa de insumos agrícolas.

Para as condições de clima subtropical e tropical, esse conjunto de preceitos preconizados pela agricultura conservacionista é ainda mais amplo e rigoroso, compreendendo:

- obediência à aptidão agrícola das terras – preservação de ecossistemas sensíveis, como áreas de preservação permanente (margens de mananciais hídricos – nascentes, córregos, rios, lagos e reservatórios), áreas de topo de montanhas e de morros, áreas de encostas acentuadas, restingas, mangues e reservas legais;
- respeito à capacidade de utilização do solo – textura, profundidade, relevo, pedregosidade e drenagem do solo, suscetibilidade à erosão, disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas etc.;
- erradicação da queima de restos culturais;
- redução ou supressão de mobilização de solo;
- manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo;
- diversificação de espécies, em rotação, consorciação e/ou sucessão de culturas;

- diversificação de sistemas de produção – agrícolas, pastoris, silvícolas, agropastoris, agrosilvícolas, agrossilvipastoris ou silvipastoris;
- adição de material orgânico ao solo, em quantidade, qualidade e frequência compatíveis com a demanda biológica do sistema solo;
- formação de cobertura permanente de solo com plantas vivas, plantas mortas ou resíduos culturais, e, se necessário, por meio do cultivo de adubos verdes ou plantas de cobertura;
- redução ou supressão do intervalo de tempo entre colheita e semeadura – processo colher-semear;
- manejo integrado de pragas – insetos praga, doenças e plantas daninhas;
- controle de tráfego mecânico, animal e humano sobre o solo agrícola;
- aplicação precisa de insumos agrícolas – época de aplicação e dose específicas, com espacialização na área alvo e posicionamento no perfil do solo;
- implantação de práticas mecânicas e/ou hidráulicas, para manejo de enxurrada e controle de erosão, como semeadura em contorno, terraços em nível, terraços em desnível com canais escoadouros revestidos, canais divergentes revestidos, culturas em faixas, *mulching* vertical, cordões vegetados, taipas ou barreiras de pedra, quebra-vento, adequação de estradas, etc.

Os princípios da agricultura conservacionista são aplicáveis a todos os tipos de paisagens agrícolas ou uso das terras, com práticas adaptadas localmente (FAO, 2015). Apoia-se no fortalecimento da biodiversidade e dos processos biológicos naturais acima e abaixo da superfície do solo. As intervenções no solo, como perturbações mecânicas, são reduzidas a um mínimo absoluto ou completamente abandonadas, enquanto outros insumos, como agrotóxicos ou fertilizantes de origem orgânica ou sintética, são usados em forma e quantidade ideais, de modo que não interfiram ou promovam danos aos processos biológicos (FAO, 2015).

1.2 BENEFÍCIOS E LIMITAÇÕES

As técnicas resumidas como **métodos de agricultura conservacionista** são muito mais do que a mera redução do preparo mecânico do solo. Em solos não mobilizados (ausência de aração e gradagem) ao longo de muitos anos, os resíduos das culturas se mantêm sobre a superfície e produzem uma camada de cobertura vegetal. Essa camada protege o solo contra o impacto físico das gotas de chuva e do vento, e estabiliza a umidade e a temperatura próximas à superfície do solo (FAO, 2015). Essa zona se torna hábitat para muitos organismos, desde os grandes insetos até fungos e bactérias. Esses organismos decompõem o manto vegetal e o misturam e incorporam para formar o húmus; assim, contribuem para a estabilização física da estrutura do solo. Ao mesmo tempo, a matéria orgânica do solo fornece um mecanismo de amortecimento para a água e os nutrientes. Os macrorganismos do solo, tais como os vermes, promovem a estruturação das partículas do solo e produzem agregados muito estáveis; também formam macroporos contínuos

que se estendem da superfície ao subsolo e que permitem rápida infiltração de água, quando ocorrem chuvas intensas. O processo realizado pelos organismos do solo pode ser chamado de **preparo biológico**. No entanto, o preparo biológico não é compatível com o preparo mecânico, que elimina o processo de estruturação biológica do solo.

A agricultura conservacionista oferece uma série de benefícios em nível global, regional, local e de propriedade agrícola (FAO, 2015):

- Proporciona e mantém uma condição ideal na zona radicular e na máxima profundidade possível para que as raízes das culturas funcionem de forma eficiente e sem restrições para captar a água e os nutrientes necessários para as plantas.
- Garante que a água infiltre no solo de modo que: (a) as plantas nunca, ou pelo menor tempo possível, sofram estresse hídrico, o qual limita a expressão de seu potencial de crescimento; (b) a água infiltrada residual flua para o lençol freático subterrâneo e para os cursos de água.
- Favorece a atividade biológica no solo com a finalidade de: (a) manter e reconstruir a arquitetura do solo; (b) competir com os organismos patogênicos do solo; (c) adicionar matéria orgânica e húmus ao solo; (d) contribuir com a captura, retenção, quelação e liberação lenta de nutrientes para as plantas.
- Evita danos físicos ou químicos para as raízes, que possam impedir seu efetivo funcionamento.
- Fornece um sistema de produção sustentável que, além de conservar, também melhora os recursos naturais e incrementa a diversidade da biota, da fauna e da flora do solo (incluindo a vida silvestre), sem sacrificar os rendimentos em altos níveis de produção. Como a agricultura conservacionista depende de processos biológicos para funcionar, melhora a biodiversidade nos sistemas de produção agrícola, tanto em nível micro como em nível macro.
- Áreas sem preparo (*no-till*) funcionam como reservatórios de CO₂ e a agricultura conservacionista aplicada em escala global pode dar uma contribuição importante para o controle da poluição ambiental, em geral, e no aquecimento global, em particular. Os agricultores que praticam a agricultura conservacionista poderiam, eventualmente, ganhar créditos de carbono.
- O preparo do solo é, entre todas as operações agrícolas, a que mais consome energia. Portanto, é a agricultura mecanizada que produz mais poluição. A ausência de preparo, em comparação com o preparo convencional, permite que o agricultor economize até 30-40% do seu tempo, mão de obra e combustível fóssil na agricultura mecanizada.
- Na agricultura conservacionista, os solos apresentam maior capacidade de infiltração de água, o que reduz o escoamento superficial e, portanto, a erosão do solo. Isso melhora a qualidade das águas de superfície e reduz a contaminação pela erosão do solo. Também

melhora os recursos hídricos subterrâneos. Em muitas regiões, tem-se observado que, após vários anos de agricultura conservacionista, fontes de água naturais, secas por muito tempo, rebrotam novamente.

- Permite rendimentos comparáveis com a agricultura intensiva moderna, mas de uma forma sustentável. Os rendimentos tendem a aumentar ao longo dos anos e com a variabilidade reduzida.
- Permite redução dos custos de produção, tempo e mão de obra, especialmente durante os períodos de alta demanda, como o preparo do solo, o que a torna atrativa para o agricultor. Em sistemas mecanizados, a agricultura conservacionista reduz os custos de investimento e manutenção das máquinas em longo prazo.

Alguns pontos podem ser destacados como desvantagens, no curto prazo, da adoção da agricultura conservacionista (FAO, 2015). A primeira limitação a ser destacada seriam os altos custos iniciais de equipamentos especializados para a semeadura e a dinâmica completamente nova na agricultura conservacionista, que requer habilidades mais sofisticadas de manejo e um processo de aprendizagem por parte do agricultor. Outra desvantagem seria o fato de que só é possível mantê-la funcional quando os organismos do solo assumem o cargo de preparadores do solo, o que, por sua vez, influencia o uso de agroquímicos. Nesse sentido, os pesticidas sintéticos e fertilizantes orgânicos devem ser usados de modo a não causar danos à vida do solo.

Em sistemas com menor revolvimento mecânico baseado em cobertura morta e preparo biológico é essencial utilizar alternativas para o controle de pragas e plantas daninhas, como o manejo integrado de pragas (MIP) e de doenças (MID). Um elemento importante para o controle dessas infestações é a rotação de culturas para quebrar a cadeia de infecção, fazendo amplo uso das interações físicas e químicas entre as diferentes espécies vegetais. Os pesticidas químicos sintéticos, principalmente os herbicidas são, nos primeiros anos, inevitáveis; no entanto, devem ser usados com cuidado para reduzir os impactos negativos sobre a vida do solo. Quando se estabelece um novo equilíbrio entre os organismos do ecossistema da propriedade agrícola (pragas e organismos benéficos; cultivos e doenças) e o agricultor ao manejo do sistema de cultivo, o uso de pesticidas sintéticos e fertilizantes minerais tende a ser reduzido para um nível abaixo do sistema original **convencional**. A agricultura conservacionista não apresenta menos, mas diferentes problemas ao agricultor.

2 SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE CULTIVO DE GRÃOS

2.1 SISTEMA CULTIVO MÍNIMO OU PREPARO REDUZIDO

O sistema de cultivo caracterizado pela redução de uma ou mais operações de preparo do solo, comparado com o sistema convencional, é chamado de preparo reduzido do solo. Já o sistema de preparo em que a gradagem pesada realiza, em uma única operação, todas as operações de preparo do solo é denominado cultivo mínimo (RYDBERG, 1990).

No cultivo mínimo, é frequente o uso excessivo e indiscriminado de grades pesadas para revolver o solo, que apresenta como agravante a pulverização da camada superficial do solo, principalmente para culturas mecanizadas tradicionais (soja, trigo, milho). Nesse sistema, é empregado o uso de uma gradagem pesada (aradora) e uma leve (niveladora). Além do modelo que utiliza grades no preparo do solo, existem vários métodos de cultivo mínimo, com diferentes naturezas e graus de intensidade (RYDBERG, 1990), podendo ser citados:

- escarificação em solo coberto por resteva, picada ou não;
- plantio de leguminosas de cobertura, a lanço, seguido mais tarde de sulcamento e plantio da cultura principal (milho, por exemplo);
- sulcamento em solos cobertos com resteva em pé, sem lavrar e sem picar, sujeitos a cultivo posterior de limpeza entre as linhas, para eliminação dos inços.

Embora existam vários métodos de cultivo mínimo, o modelo caracterizado como conservacionista é aquele realizado com escarificador (Figura 2), porque permite manter maior quantidade da cobertura vegetal sobre o solo. Nesse sistema, o escarificador é introduzido no solo até, no máximo, 35 cm de profundidade, com o objetivo de promover o rompimento de camadas compactadas. Isso promove aumento da rugosidade da superfície do solo (Figura 3), que é nivelada para a semeadura posterior com uma passada de grade leve.

Figura 2 – Cultivo mínimo do solo com escarificador.



Fonte: Giarola, 2009.

Figura 3 – Grau de rugosidade superficial aumentada pela escarificação do solo.



Fonte: Giarola, 2009.

Generalizando, pode-se dizer que, no sistema cultivo mínimo, as vantagens e as desvantagens são as mesmas que as do sistema convencional, pois as técnicas utilizadas são muito próximas (parecidas), sob o ponto de vista da conservação de solos.

Porém, quando utilizadas sucessivas gradagens, o sistema cultivo mínimo oferece maiores problemas de perdas de solo por erosão que o sistema convencional. As rodas dos tratores compactam o subsolo e a grade deixa a superfície muito pulverizada, acarretando graves danos de erosão, pois sua ação é mais superficial que a do arado (utilizado no sistema convencional).

Por outro lado, quando empregada a escarificação, o sistema cultivo mínimo se apresenta intermediário entre o preparo convencional e plantio direto no que diz respeito ao controle da erosão do solo, porque promove aumento da infiltração de água no solo. No entanto, é muito difícil realizar a operação em solos secos ou com excesso de palha na superfície. O cultivo mínimo com escarificador apresenta menor consumo de combustível que o sistema convencional e controle razoável de plantas daninhas.

2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO

Sistema plantio direto, semeadura direta, plantio direto e plantio direto na palha são expressões corriqueiramente empregadas no Brasil de forma indistinta e com sentido semelhante. No entanto, essas técnicas diferem entre si e é preciso utilizar corretamente cada termo, segundo as definições.

O termo **plantio direto** se refere ao plantio de espécies arbóreas perenes e semiperenes e, ainda, hortaliças propagadas por mudas. No que diz respeito ao cultivo de grãos, semeadura direta e plantio direto apresentam o mesmo significado (DENARDIN, 2012). A expressão **semeadura direta** deve ser entendida como o ato de depositar no solo sementes ou partes de plantas na ausência de mobilizações intensas de solo, tradicionalmente promovidas por arações, escarificações e gradagens. Essa expressão é fiel ao conceito de *zero-tillage* ou *no tillage* ou *no-till*, ou seja, **sem preparo de solo**, oriunda dos EUA e da Inglaterra (BAKER et al., 2002). Nesses países, essa técnica foi introduzida, sob o enfoque de um simples método alternativo de preparo reduzido de solo.

A expressão **sistema plantio direto** (SPD) é genuinamente brasileira e surgiu, em meados dos anos 1980, em consequência da percepção de que a viabilidade da semeadura direta em regiões tropical e subtropical requeria uma base conceitual mais ampla do que simplesmente o abandono do preparo intensivo de solo (DENARDIN, 2012). A semeadura direta necessitava ser entendida e praticada como um **sistema de manejo** e não como um simples método alternativo de preparo reduzido de solo.

Nesse contexto, a expressão sistema plantio direto passou a ser, consensualmente, conceituada como um complexo de processos tecnológicos destinado à exploração de sistemas agrícolas produtivos, compreendendo mobilização de solo apenas na linha ou cova de semeadura, manutenção permanente da cobertura do solo e diversificação de espécies, via rotação e/ou consorciação de culturas (Figura 4) (CALEGARI, 2006).

Figura 4 – Milho cultivado no sistema plantio direto no município de Ponta Grossa, Paraná. (a) Solo coberto por resíduos culturais; (b) Linha de semeadura direta do milho.



Fonte: Giarola, 2012.

No início dos anos 2000, o conceito SPD foi ampliado, passando a incorporar o processo **colher-semear** (Figura 5), que representa a minimização ou supressão do intervalo de tempo entre colheita e semeadura – prática relevante para elevar o número de safras por ano agrícola e construir e/ou manter solo fértil. Sob essa abordagem, o SPD é um complexo de tecnologias, processos, produtos e serviços que submete o sistema agrícola produtivo a um menor grau de perturbação, quando comparado a outras formas de manejo que empregam mobilização de solo (DENARDIN, 2012).

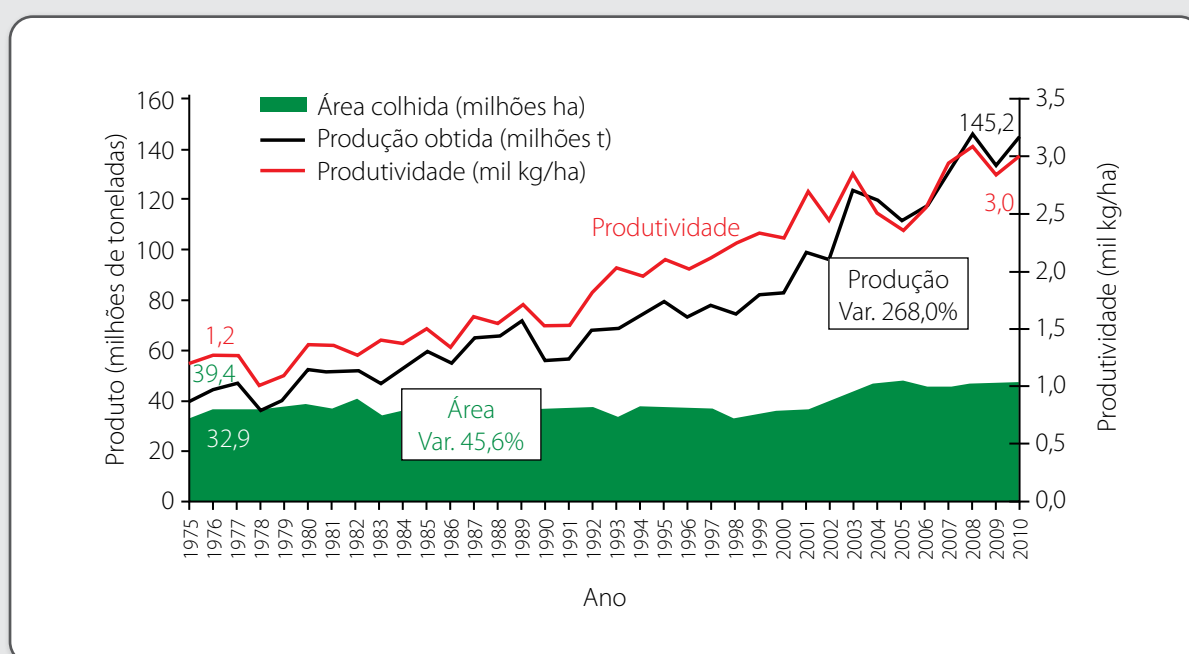
Figura 5 – Processo colher-semear no sistema plantio direto. Colheita de soja e plantio direto do milho.



Fonte: APRF Turismo, 2015.

A atual abordagem do SPD, em grande parte, viabilizou as chamadas **safrinhas** (que correspondem à terceira safra, em um mesmo ano agrícola, nas regiões mais quentes) e, em decorrência, incrementou a produção de grãos do país (Figura 6), sem aumento equivalente de área cultivada. Além disso, incorporou ao **sistema plantio direto** a propriedade de reproduzir, no agroecossistema, fluxos permanentes e simultâneos de aporte e mineralização de material orgânico e absorção de nutrientes, de modo similar aos observados nos ecossistemas naturais. Portanto, é sobre essa base conceitual que, na atualidade, o sistema plantio direto é interpretado como ferramenta da agricultura conservacionista capaz de induzir caráter de sustentabilidade à agricultura (DENARDIN, 2012).

Figura 6 – Evolução da área cultivada, produção obtida e produtividade de grãos no Brasil, entre os anos de 1975 e 2010.



Fonte: Contini et al., 2010.

Benefícios e limitações

O SPD constitui ferramenta da agricultura conservacionista que requer menos máquinas e equipamentos, menos força de trabalho e menos energia fóssil (petróleo); favorece a atividade biológica do solo e o controle biológico de pragas, doenças e plantas daninhas. Além disso, o SPD praticamente elimina a erosão, melhora o uso de fertilizantes, aumenta a floculação e a agregação do solo e reduz a decomposição da matéria orgânica, estabelecendo sincronismo entre a disponibilidade de nutrientes e o crescimento das formas de vida presentes no solo (DENARDIN, 2012).

O SPD, comparativamente a outras formas de manejo, potencializa a obtenção do equilíbrio dinâmico dos agroecossistemas, disciplinando a entrada e a saída de energia e de matéria; conserva o potencial biológico e lhe dá maior capacidade de auto-reorganização. Ao refletir essa forma de pensar, a adoção do SPD expressa o potencial genético das espécies cultivadas pelo uso adequado

do solo, da água e da biodiversidade, protegendo e melhorando os recursos naturais. Dessa forma, mecanismos de transformação, de reorganização e de manutenção da agricultura podem atuar (DENARDIN, 2012).

A maior proteção física do SPD sobre o solo está diretamente relacionada à erosão. Nesse caso, o efeito do impacto da gota de chuva sobre o solo é reduzido pela cobertura permanente e pela mínima mobilização do solo; há menor desagregação e transporte de partículas de argila, tornando o solo menos suscetível ao processo erosivo. Essa proteção, além de reduzir as perdas de solo, reduz a perda de nutrientes e o assoreamento de rios, minimizando os impactos ambientais da agricultura (DERPSCH; MORIYA, 1999).

Quando o manejo do solo é feito adequadamente, são reportados outros benefícios do SPD sobre os atributos físicos do solo, como a redução da densidade do solo e o aumento da porosidade total e da macroporosidade do solo. Com isso, cria-se um ambiente radicular mais favorável ao desenvolvimento das culturas agrícolas. Baixa densidade do solo e alta porosidade total significam um grande volume de solo a ser explorado pelas raízes, com adequado suprimento de água e ar. Do mesmo modo, um grande volume de macroporos influi sobre a infiltração de água e disponibilidade de ar no solo.

O SPD promove melhorias na fertilidade do solo, principalmente em decorrência do aporte contínuo de resíduos culturais e mobilização mínima do solo, que reduz a taxa de decomposição desses resíduos e promove o aporte de matéria orgânica ao solo (MOS). Esse aporte de MOS repercute sobre a disponibilidade de nutrientes às culturas subsequentes da rotação. Há aumentos expressivos nos teores de nitrogênio, fósforo e enxofre no solo sob SPD em comparação ao sistema convencional. Desse modo, dependendo da rotação de culturas, a necessidade de fertilizantes no SPD pode ser menor. Por outro lado, em função da mobilização mínima do solo, do uso de implementos específicos para semeadura direta e da aplicação localizada de fertilizantes, ocorre acúmulo de nutrientes e acidificação menos intensa nas camadas superficiais do solo. Essas alterações modificam o manejo de corretivos e fertilizantes.

Com o SPD, os custos para implantação de lavoura são reduzidos, visto que não são realizadas operações de preparo de solo. Também deve ser ressaltada a economia no uso de fertilizantes, quando o sistema é adequadamente manejado. Com a redução dos custos de produção, a relação custo-benefício do cultivo no SPD aumenta. Desse modo, o lucro dos agricultores no SPD é maior em comparação ao sistema convencional.

Para o produtor, há uma sensível economia de máquinas, combustível e mão de obra. Mas a grande vantagem é a conservação do solo. A permanência da cobertura morta sobre a superfície do solo minimiza os riscos de erosão. A umidade é preservada pela cobertura, mantendo um equilíbrio físico-químico de nutrientes para as culturas. Outro efeito benéfico do SPD é o aumento da matéria orgânica no solo. Ao contrário do que ocorre no plantio convencional, o solo acumula mais carbono e nitrogênio. O não revolvimento do solo favorece a biodiversidade, melhorando a porosidade e a proliferação de inimigos naturais de pragas e doenças.

As inadequações na gestão das terras, como o cultivo de grandes áreas com uma única espécie, sequências de uma mesma cultura em um mesmo ano agrícola e o uso de sequências simples, como a de soja/milho safrinha ou soja/milheto, ocorrem frequentemente no campo. Tais sistemas produtivos têm sido denominados de **plantio direto**, **plantio direto na palha** ou **semeadura direta**. Nesses sistemas de manejo, ainda não há comprometimento com a gestão integrada e conservacionista do estabelecimento agrícola. Cultivam-se sequências de plantas, compostas de espécies para formação de palha e da cultura comercial, mas práticas como rotação de culturas e cobertura permanente do solo, por exemplo, são inexistentes (DENARDIN, 2012). Modelos como soja/milho e soja/milho/trigo são considerados monoculturas, porque não incluem a rotação de culturas (DENARDIN, 2012). Ao longo do tempo, eles têm proporcionado aumento de pragas e de doenças de plantas, surgimento de plantas daninhas **resistentes** aos herbicidas e incremento nos custos de produção. Após uma ou duas safras adotando esses sistemas de produção, a tendência do agricultor é resolver problemas surgidos no solo, nas plantas ou na produtividade, com o retorno ao preparo convencional do solo.

Embora sejam avanços em direção ao melhor uso do solo, a semeadura direta ou o plantio direto ainda está aquém da chamada agricultura conservacionista representada pelo sistema plantio direto. Este último termo, por sua vez, constitui um conceito amplo, representando qualquer prática que mantenha pelo menos 30% da cobertura vegetal sobre a superfície do solo (BAKER et al., 2002).

2.3 REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Para a implantação do sistema plantio direto (SPD) é necessário que sejam atendidos alguns requisitos relativos aos recursos humanos, técnicos e de infraestrutura, como os listados a seguir.

2.3.1 Conscientização

O SPD pode ser a melhor opção sistemas de produção de grãos para diminuir a degradação da estrutura dos solos, com formação de camadas compactadas, encrostamento superficial e perdas por erosão, decorrentes do preparo do solo com o uso continuado de grades de disco, com várias operações anuais. O uso contínuo das tecnologias que compõem o SPD proporciona efeitos significativos na conservação e na melhoria do solo, da água, no aproveitamento dos recursos e insumos como os fertilizantes, na redução dos custos de produção, na estabilidade de produção e nas condições de vida do produtor rural e da sociedade.

Para que esses benefícios aconteçam, tanto os agricultores como a assistência técnica devem estar predispostos a mudanças, conscientes de que o sistema é importante para alcançar êxito e sustentabilidade na atividade agrícola.

2.3.2 Levantamento dos recursos disponíveis

O conhecimento detalhado da propriedade agrícola é essencial para obtenção de sucesso no SPD. Para tanto, é necessário o levantamento dos seguintes recursos:

Solos: coletar e organizar informações referentes ao tipo de solo, à fertilidade, à presença de camadas compactadas, à topografia, à ocorrência de erosão, às práticas conservacionistas existentes, às vias de acesso, à drenagem, aos córregos, aos açudes, etc.

Plantas daninhas: o levantamento e o mapeamento da ocorrência de plantas daninhas serão muito úteis, para definir o herbicida a ser utilizado e a programação das aplicações dos mesmos.

Máquinas e equipamentos: no SPD, é essencial a existência de pulverizador de herbicida devidamente equipado com bicos adequados para as diferentes condições e controladores de pressão. O uso de equipamentos de avaliação das condições climáticas é também muito útil nesse caso. Quanto às semeadoras, existem disponíveis no mercado vários modelos específicos para o SPD. No entanto, na fase inicial de implantação do sistema, podem-se utilizar semeadoras tradicionais com adaptações, fazendo com que os agricultores reduzam as despesas.

Humanos: para a execução do SPD, a mão de obra deverá estar conscientizada dos princípios do sistema e adequadamente informada quanto ao uso das tecnologias que o compõem. São necessários treinamentos, especialmente para os operadores de máquinas, quanto ao uso de semeadoras e pulverizadores e tecnologia de aplicação (características de bicos, horário de aplicação, etc.) de defensivos, além de conhecimentos sobre plantas daninhas e herbicidas. O treinamento da mão de obra deve ser planejado de forma que, no momento de realizar as operações, haja conhecimento suficiente para realizar as ações de forma adequada. A participação do produtor e da assistência técnica em associações ou grupos de troca de informações e experiências é importante para facilitar e impulsionar a adoção do SPD. O manuseio de tais informações deve gerar mapas e/ou planilhas de uso e da situação atual da propriedade, a serem utilizados como base, para o planejamento das atividades a serem postas em ação.

2.3.3 Planejamento

Em qualquer atividade, o planejamento é fator importante para reduzir erros e riscos e aumentar as chances de sucesso. São etapas do planejamento:

- a) análise dos resultados e produtos do levantamento dos recursos humanos e materiais;
- b) elaboração e interpretação de mapas, croquis e esquemas de trabalho;
- c) divisão da fazenda em glebas e a seleção cronológica das mesmas para adoção do SPD, tendo a rotação de culturas como tecnologia essencial. Para isso, deve-se dividir a propriedade em glebas ou talhões, tomando como base as informações obtidas nos levantamentos, principalmente de fertilidade, topografia, vias de acesso, etc. Não existem padrões estabelecidos de tamanho das áreas, devendo o critério técnico prevalecer nessa decisão. É importante, ao adotar o SPD, fazê-lo apenas em parte da propriedade, iniciando pelas melhores glebas, para familiarizar-se com as novas tecnologias e elevar as chances de sucesso. Incluir novas glebas de forma gradual, até abranger o total da propriedade, mesmo que vários anos sejam necessários; e,

- d) elaboração de cronograma de ações, onde devem ser organizadas, para cada gleba, as ações para correções de acidez e fertilidade, operações de incorporação de adubos e corretivos, descompactação, pulverizações, manejo de coberturas vegetais, semeadura, sucessão de culturas, etc.

2.3.4 Semeadura sem revolvimento do solo

Nos moldes atuais, o sistema plantio direto (SPD) tem como base a mobilização de solo apenas na linha de semeadura, a rotação de culturas e a proteção do solo com restos culturais e por espécies invernais de adubos verdes. Esse processo vem sendo aprimorado há quatro décadas e consiste em um sistema conservacionista de manejo do solo que reduz demanda por mão de obra, melhora a estrutura do solo, reduz erosão e conserva a umidade do solo.

Um dos principais problemas enfrentados para consolidação de um sistema ambientalmente sustentável na agricultura conservacionista é a semeadura em linha reta, independentemente do relevo da área cultivada. Essa operação tem causado aumento na demanda de potência para a realização da operação e a formação de pequenos sulcos para o transporte de agroquímicos para as áreas de menor altitude, culminando com a contaminação de nascentes e mananciais de água. Isso decorre da adaptação da agricultura as máquinas disponíveis no mercado, quando, na verdade, as máquinas que deveriam se adaptar as condições geomorfológicas das áreas de cultivo.

Os equipamentos de semeadura atuais têm pouca habilidade para realizar a operação em nível, visto que, para tal, seria necessário semear fazendo curvas. Para o plantio em curvas, muitas vezes faz-se necessário trabalhar com carrinhos destravados, o que não está disponível para todos os tipos de semeadoras, além de ser necessário reduzir a velocidade de deslocamento, com possível redução no rendimento.

2.3.4.1 Critérios para a seleção de máquinas e implementos

Caracterizam-se como semeadoras de precisão as máquinas que realizam semeadura e adubação de cereais com sementes graúdas, como milho, soja e feijão. Essas sementes são depositadas uma a uma, em espaço uniforme, o que é controlado por um mecanismo dosador/distribuidor e pela velocidade de deslocamento do trator. Na semeadura, o estande adequado, a uniformidade de distribuição e a perfeita deposição das sementes e dos fertilizantes no solo são fatores que influenciam o rendimento final da cultura, bem como a dosagem correta do fertilizante. Entretanto, a dose eficiente de sementes depende da uniformidade da distribuição, de forma a atender aos padrões fisiológicos de cada cultura, com efeitos diretos no potencial de rendimento (MERCANTE et al., 2005).

A semeadora-adubadora para SPD deve ter a capacidade de semear culturas anuais em áreas sem preparo prévio do solo e em presença da espessa camada de restos culturais, importantes para

a proteção o solo. Independentemente de modelo, número de linhas e força de tração utilizada, uma semeadora-adubadora de plantio direto tem como função (SIQUEIRA; CASÃO JÚNIOR, 2004):

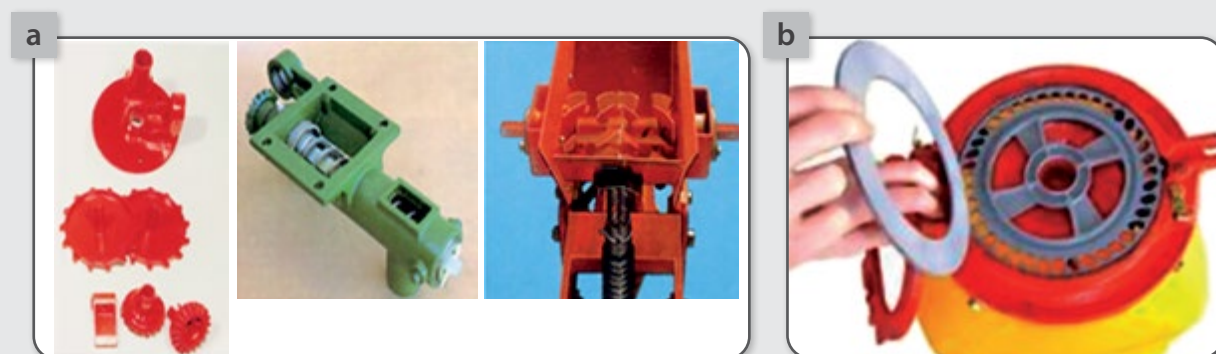
- cortar a palha;
- abrir sulco com pequena remoção de solo e palhas;
- dosar fertilizante e sementes;
- depositar fertilizantes e sementes em profundidades adequadas;
- cobrir as sementes com solo e palha;
- compactar o solo lateralmente à semente.

a) Semeadora de discos horizontais

A qualidade da semeadura, em qualquer sistema de distribuição de sementes, será melhor quanto menor for a distância entre o dosador de sementes e o sulco no solo. A partir desse ponto, as forças atuam na tensão, gravidade e velocidade de deslocamento, que atuam na qualidade da distribuição longitudinal. Até essa fase da operação, a qualidade da semeadura depende das escolhas e ajustes que são realizados.

No início dos anos 90, a empresa Semeato desenvolveu a semeadora de precisão modelo PAR, marco na realização da semeadura com qualidade, uma vez que as semeadoras de fluxo contínuo (TD e outras) apresentavam deficiência na semeadura dos grãos graúdos. O modelo PAR se destacou por ser a primeira máquina com chassi próprio para SPD, que atendia às necessidades do sistema em evolução. Até aquele momento, a semeadura era realizada por semeadoras convencionais adaptadas. No modelo PAR, a caixa de distribuição de sementes é composta por discos perfurados, anel e caixa distribuidora de sementes (Figura 7). O conjunto disco/anel tem número de furos e altura em conformidade com o tamanho e espessura das sementes e população almejada. A caixinha distribuidora atua no controle de qualidade, uma vez que, pelos seus mecanismos, permite a passagem de apenas uma semente por furo ou alvéolo do disco.

Figura 7 – Sistemas dosadores de adubo (a) e sistema distribuidor de sementes com disco horizontal (b).



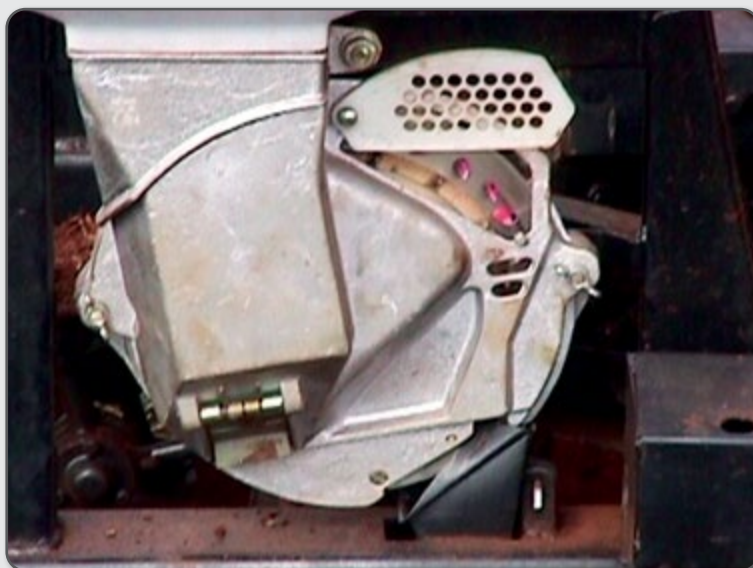
Fonte: Silva, 2001.

Para a obtenção de boa qualidade de semeadura, deve-se manter uma velocidade periférica que permita o máximo preenchimento dos alvéolos, minimizando, assim, o índice de falhas. Quanto maior a velocidade, menor será o tempo disponível para o preenchimento dos alvéolos do disco, além de possibilitar a ocorrência de danos mecânicos nas sementes e comprometer sua germinação.

b) Semeadora de discos verticais

São semeadoras com sistemas pneumáticos que utilizam vácuo ou pressão formada por corrente de ar que atravessa o orifício dosador para o aprisionamento e posterior liberação das sementes no tubo condutor até o solo. O reservatório é constituído por uma base onde se localiza o disco dosador vertical, que pode ter uma ou mais fileiras de furos e uma tampa sobre o disco. Quando o vácuo ou pressão no orifício é interrompido, a semente é liberada. Esse sistema dosador (Figura 8) tem como vantagem principal a precisão na dosagem de semente uma a uma e a ausência de danos mecânicos durante o processo de distribuição. Outro ponto favorável, principalmente na semeadura de milho, é a possibilidade de semear diferentes tamanhos e formas de sementes com pequenos ajustes, mantendo-se a qualidade na distribuição longitudinal.

Figura 8 – Dosador pneumático de sementes.



Fonte: Casão Júnior, 2004.

É importante ressaltar que, tanto para os sistemas pneumáticos quanto para os sistemas de discos horizontais, o tamanho e formato das sementes são relevantes para obtenção de qualidade e eficiência, no entanto, a relevância é mais destacada no sistema horizontal.

c) Sistemas de corte

Os discos cortam a palha e abrem sulco para o trabalho de outros componentes da semeadora que fazem a deposição do adubo e da semente. No mercado estão disponíveis discos de formato liso, dentado, corrugado, estriado e ondulado (Figura 9).

Figura 9 – Tipos de discos de corte de semeadoras.



Fonte: Casão Júnior, 2004.

Os discos ondulados promovem maior mobilização do solo, seguidos pelos estriados, corrugados e lisos. A velocidade de deslocamento é a responsável por potencializar o índice de mobilização do solo, considerado fator negativo para a sustentabilidade dos sistemas conservacionistas de cultivo.

Os discos lisos, com diâmetro entre 18" a 20" (Figura 10), são os mais utilizados em de sua maior eficiência. Discos com diâmetros maiores demandam mais força de tração para penetrar no solo, em função de sua maior área de contato, mas com a vantagem de passar sobre a vegetação e embuchar menos (CASÃO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2006). O disco de corte de 18" de diâmetro apresenta melhor corte e desempenho em solos argilosos e compactados, mas pode seu uso pode ser limitado onde há grande quantidade de palha. Para solos leves, com baixa resistência, recomenda-se o uso de discos maiores.

Figura 10 – Conjunto de disco liso com facão, tipo guilhotina.



Fonte: Casão Júnior, 2004.

Os discos são projetados apenas para o corte da palha e não ultrapassam 6 cm de profundidade de corte do solo. Preferencialmente, devem ser dotados de movimentos laterais, além das regulagens verticais. Quanto mais profundo for o corte, maior a mobilização do solo, o que não é desejável. Por outro lado, se a palha não for adequadamente cortada, provoca o **encestamento das sementes**. O corte da palha está relacionado com as condições do solo, da própria palha e da semeadora. Para que o corte seja adequado, o solo deve se comportar como um anteparo à ação do disco de corte e as coberturas devem estar verdes ou secas, porque as que se encontram murchas apresentam maior resistência ao corte.

Semeadoras-adubadoras com sistemas de corte inadequados levam ao **embuchamento**, que ocasiona paradas constantes da máquina e reduz o desempenho operacional. Além disso, o enleiramento da palhada implica em maiores perdas de germinação, maior infestação por plantas daninhas, problemas na deposição de fertilizante e sementes, além de falhas no contato solo/ semente. O embuchamento pode ser evitado se houver espaço suficiente (vão livre) entre o disco de corte e o sulcador, de modo que a palhada acumulada tenha uma área de escape.

d) Sistemas de deposição de adubo

As semeadoras de precisão podem ser compostas por um conjunto facão/bota (para deposição de adubo) e disco duplo (para deposição de sementes) ou disco duplo (para deposição de adubo e sementes) (Figura 11). A adoção do conjunto facão e disco duplo (Figura 12) permite que o adubo seja depositado a maiores profundidades do que as sementes. Isso será mais vantajoso para o desenvolvimento do sistema radicular, com reflexos na melhoria da capacidade da cultura em tolerar períodos de estiagem.

Figura 11 – Sistema com disco de corte, facão para deposição de adubo e disco duplo para deposição de sementes.



Fonte: Casão Júnior, 2004.

Figura 12 – Disco duplo para deposição de sementes, limitador de profundidade e compactador.



Fonte: Casão Júnior, 2004.

O facão (Figura 10), quando não alinhado com o disco de corte, além de aumentar a demanda de potência, também aumenta a mobilização do solo (Figura 13) em níveis que podem comprometer a qualidade do índice de proteção do solo pela palhada, fundamental para a sustentabilidade do sistema.

A aderência de solo aos sulcadores (discos de corte, hastes ou discos duplos) é tanto maior quanto maiores forem os teores de argila no solo. Isso também pode facilitar a aderência de palha que, além de formar sulcos mais largos, pode, ainda, aumentar a mobilização de solo e favorecer o embuchamento.

Figura 13 – Grau de mobilização do solo com haste (à esquerda) e com disco duplo (à direita).



Fonte: Casão Júnior, 2004.

2.3.5 Cobertura do solo

O sistema plantio direto pressupõe a cobertura permanente do solo que, preferencialmente, deve ser de culturas comerciais ou, quando não for possível, plantas para cobertura do solo. Tal cobertura deverá resultar do cultivo de espécies que disponham de certos atributos, como: produzir grande quantidade de massa seca, possuir elevada taxa de crescimento, ter certa resistência à seca e ao frio, não infestar áreas, ser de fácil manejo, ter sistema radicular vigoroso e profundo, ter elevada capacidade de reciclar nutrientes, ser de fácil produção de sementes, apresentar elevada relação C/N, entre outros (EMBRAPA, 2000).

A cobertura vegetal consiste em um sistema de proteção do solo pelo uso diversificado de espécies vegetais em forma de **plantas de cobertura** (cobertura viva ou adubos verdes) ou **palha de resíduos vegetais** (cobertura morta). O objetivo principal da cobertura é minimizar os efeitos negativos da erosão hídrica através da quebra do impacto direto das gotas de chuva (energia cinética) sobre o solo nu, principalmente na fase inicial do cultivo, quando o dossel é insuficiente para proteger sua base (EMBRAPA, 2000).

Benefícios da cobertura vegetal

O uso da cobertura vegetal traz uma série de benefícios ao agroecossistema (CALEGARI, 2006; CALEGARI et al., 1993):

- reduz as taxas de escoamento superficial de água em função do aumento da rugosidade da superfície do solo;
- melhora a estruturação do solo (maior agregação e aeração) e, assim, promove aumento da taxa de infiltração de água, favorecendo os cultivos posteriores;
- mantém a umidade do solo, diminuindo as perdas por evaporação;

- promove a reciclagem de nutrientes no solo;
- aumenta o teor de matéria orgânica do solo e a biodiversidade dos microrganismos do solo, pela redução da amplitude térmica do solo durante os dias de altas temperaturas;
- melhora o controle de plantas invasoras, quando são utilizadas espécies vegetais com elevado grau de competitividade.

Outro grande benefício da cobertura vegetal se refere às raízes das plantas. As raízes das plantas de cobertura exercem grande influência na agregação das partículas do solo, aumentando a sua qualidade estrutural. As interações entre a rizosfera e alguns microrganismos podem determinar aumento na produção de biomassa e economia no uso de fertilizantes (CHEQUER et al., 2011). Agronomicamente, a associação mais importante é a simbiose de bactérias fixadoras de nitrogênio (principalmente *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium*) com raízes de leguminosas (fabáceas), que incluem algumas das espécies mais utilizadas como alimento (soja, feijões, lentilha e outras). Essas bactérias transformam o nitrogênio gasoso do ar (que penetra nos poros do solo) em compostos assimiláveis pelas plantas e pelos demais seres vivos, o que, em algumas situações, permite dispensar o uso de fertilizantes químicos nitrogenados (CHEQUER et al., 2011).

No Paraná, cerca de seis milhões de hectares de terras são cultivados anualmente com culturas de verão e, boa parcela desse total, ainda não é cultivada no inverno. A ausência de cobertura vegetal nesse período predispõe os solos aos processos erosivos, lixiviação de nutrientes e possibilita a ampliação do banco de sementes de plantas daninhas. A utilização de cobertura vegetal com fins de proteção do solo ou como adubos verdes seria uma prática de fundamental para a consolidação dos sistemas conservacionistas de cultivo.

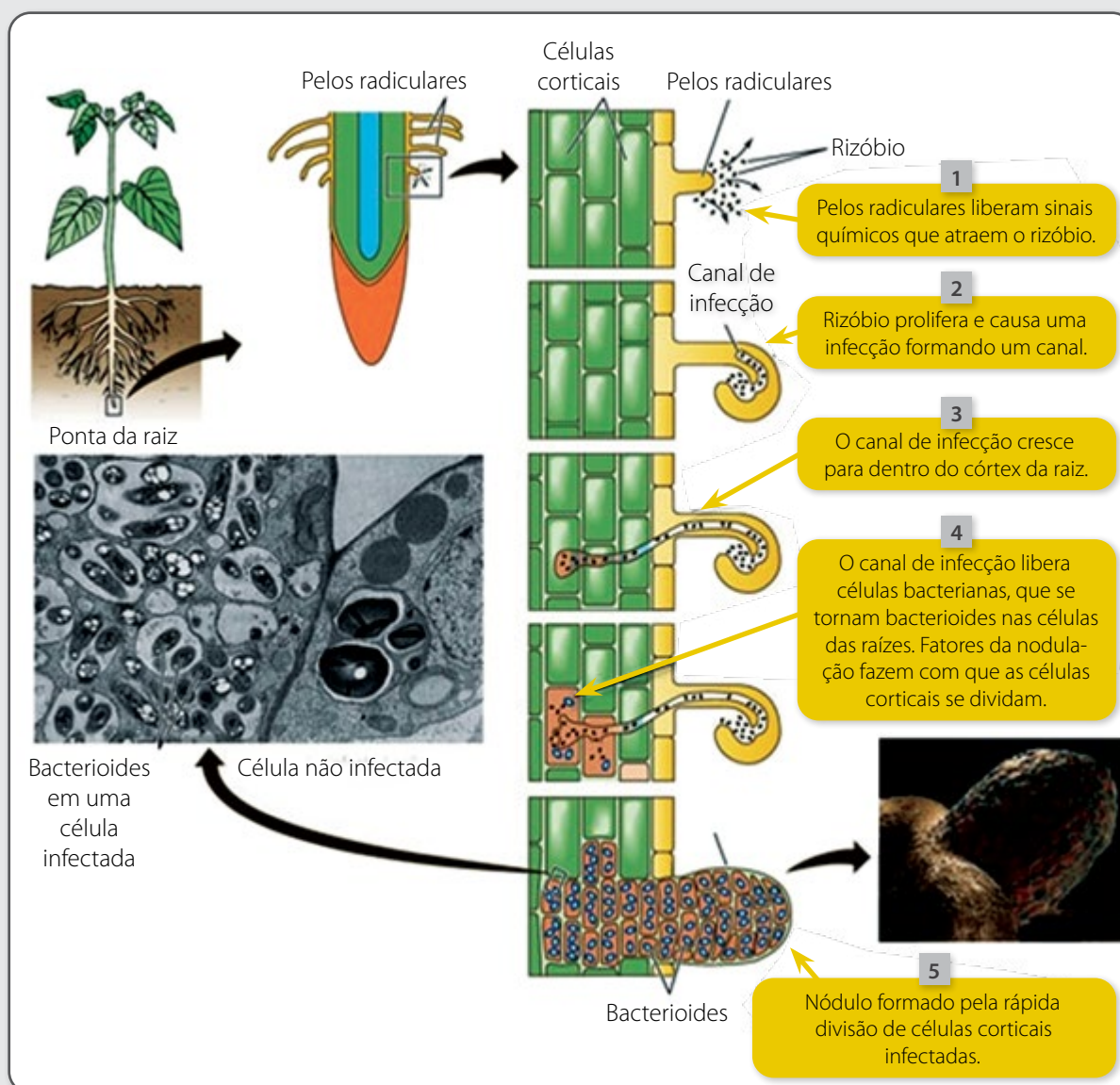
Tipos de cobertura vegetal

As **plantas de cobertura** do solo são espécies vegetais utilizadas com objetivo de produzir grandes quantidades de fitomassa. Cada espécie vegetal proporciona um tipo de benefício ao sistema de produção. Os efeitos dependem do rendimento de biomassa, da permanência dos resíduos, do manejo adotado, das características climáticas da região e das interações entre esses fatores (COSTA, 1993). Assim, o planejamento e a opção por um grupo de espécies é dependente do conhecimento das características de cada uma delas e do objetivo almejado.

Duas famílias vegetais têm sido amplamente utilizadas como plantas de cobertura de solo: fabáceas (leguminosas) e poáceas (gramíneas). As **fabáceas** possuem baixa relação C/N, com rápida decomposição e liberação de nutrientes para cultura posterior, mas proteção do solo por um período curto. Além disso, apresentam potencial de fixação do N₂ atmosférico em simbiose com *Rhizobium sp* (Figura 14). Com a decomposição de seus resíduos, o N orgânico é mineralizado e absorvido pela cultura em sucessão, reduzindo, assim, as quantidades de N mineral por utilizar nas culturas comerciais de verão (MUZILLI, 1978; DERPSCH et al., 1985; HEINZMANN, 1985; PAVINATO et al., 1994; DA ROS; AITA, 1996). Para o milho, isso é relevante, uma vez que a fertilização nitrogenada é um componente importante do custo de produção da cultura.

As **poáceas**, de maneira geral, apresentam alta relação C/N, o que aumenta o tempo de proteção do solo pela lenta taxa de decomposição da biomassa e determina lenta disponibilização de nutrientes para a cultura subsequente. Contudo, na família das poáceas há espécies que apresentam diferentes tempos de decomposição da biomassa em função da relação folha/colmo, o que determina grande variação de relação C/N. O elevado potencial de rebrote das poáceas limita o uso das mesmas em sistemas orgânicos e agroecológicos (em que não se permite o uso de herbicidas), pois o estágio fenológico para realização do manejo da cobertura demanda muito conhecimento e organização (DAROLT, 1997; CALEGARI, 2006).

Figura14 – Fixação de N₂ atmosférico pelas *Fabacea* em simbiose com *Rhizobium* sp.



Fonte: Adaptado de University of Nottingham (2013).

Os **resíduos das plantas de cobertura** mantidos sobre a superfície do solo ou os resíduos vegetais externos adicionados sobre a superfície formam a **cobertura morta**. O uso de palha como cobertura do solo pode apresentar algumas desvantagens (GASSEN; GASSEN, 1996), citadas a seguir:

- dificulta a semeadura;
- aumenta a taxa de sobrevivência de patógenos de plantas cultivadas;
- pode imobilizar de nitrogênio do solo no início do plantio direto;
- pode causar alelopatia negativa sobre as culturas subsequentes;
- apresenta risco de incêndios.

As desvantagens do uso da cobertura morta podem ser superadas com uso adequado de semeadoras, rotação de culturas para evitar as doenças, suplementação de nitrogênio e manejo adequado para cada sistema de sucessão de culturas.

2.3.5.1 Espécies de plantas de cobertura e suas características

As características de algumas espécies utilizadas como plantas de cobertura do solo são descritas a seguir, de acordo com Monegat (1991).

- **Aveia preta** (*Avena strigosa*) – gramínea de ciclo anual; apresenta ótima capacidade de rebrota e perfilhamento; ampla adaptação as regiões climáticas do Paraná, com potencial de ressemeadura natural na safra seguinte, quando conduzida até a maturação (LUDWIG et al., 2011), sendo interessante para aqueles produtores que a tem como única opção de inverno para cobertura de solo; atua na diminuição de nematoides e apresenta efeito supressor ou alelopático a diversas invasoras; em rotação com o trigo diminui o efeito do “mal do pé” e possui efeito residual para soja e feijão; pode ser consorciada com ervilha forrageira, nabo forrageiro e ervilhaca comum; quando utilizada na integração lavoura-pecuária é recomendável empregar mais sementes para aumentar a massa vegetal e diminuir os efeitos do pisoteio do gado no solo.

Figura 15 – Aveia preta cultivada na região de Ponta Grossa, Paraná.



Fonte: Giarola, 2011.

- **Azevém** (*Lolium multiflorum*) – gramínea de ciclo anual, de clima subtropical-temperado, rústica, agressiva, com boa capacidade de perfilhamento e alta resistência a geadas; apresenta ciclo anual; possui alta competitividade com plantas invasoras, com excelente efeito supressor e alelopático, além de elevado efeito de agregação do solo.

Figura 16 – Inflorescência do azevém.



Fonte: Amaru, 2011.

- **Milheto** (*Pennisetum americanum*) – gramínea de ciclo anual; apresenta hábito cespitoso, preferindo solos arenosos a argilo-arenosos, alta resistência à seca, desenvolvendo-se em regiões com precipitações a partir de 200 mm; cresce bem em solos de media a alta fertilidade, suportando condições de acidez; crescimento rápido, vigoroso sistema radicular com elevada potencial de perfilhamento e alta capacidade de reciclagem de nutrientes; produção de 4-6 toneladas de matéria seca por hectare.

Figura 17 – Inflorescência do milheto.



Fonte: Calegari, 1995.

- **Ervilha forrageira** (*Pisum sativum*) – proporciona boa cobertura de solo; apresenta certa rusticidade, suportando temperaturas elevadas; propicia bom controle de plantas invasoras e efeitos químicos, físicos e biológicos favoráveis ao solo.

Figura 18 – Inflorescência da ervilha forrageira.



Fonte: Benassi, 2014.

- **Ervilhaca comum** (*Vicia sativa*) – possui gavinhas (trepadeira) e raízes profundas; tem ciclo mais curto; desenvolve-se em solos corrigidos ou já cultivados, com teores adequados de cálcio, fósforo e sem problemas de acidez; é tolerante a geadas (-5 °C); proporciona boa cobertura do solo e apresenta boa rebrota; planta fixadora de N atmosférico; pode ser consorciada com aveia, centeio, etc.

Figura 19 – Inflorescência da ervilhaca comum (*Vicia sativa*).



Fonte: Strano, 2008.

- **Ervilhaca peluda** (*Vicia villosa*) – possui gavinhas (trepadeira) e raízes profundas; tem ciclo mais longo; desenvolve-se em solos de baixa fertilidade e com problemas de acidez, produzindo grande quantidade de massa; pode ser consorciada com: aveia, centeio, triticale, milho safrinha, ervilha forrageira, nabo forrageiro, etc.

Figura 20 – Ervilhaca peluda (*Vicia villosa*).



Fonte: Hauser, 2008.

- **Tremoço** (*Lupinus angustifolius*, *Lupinus albus* e *Lupinus luteus*) – planta herbácea, ereta, com raízes pivotantes, profundas; crescimento inicial lento; não apresenta rebrote; sensíveis ao déficit hídrico na germinação e florescimento; bom potencial de fixação de N atmosférico; muito sensíveis a diversas doenças e pragas; O *Angustifolius* é mais tolerante ao frio, porém mais susceptíveis a doenças e exigentes em fertilidade do solo. O *Albus* é mais adaptado para as distintas regiões do Paraná, com alto rendimento de biomassa, mas não toleram geadas. O *Luteus* é pouco utilizado por seu lento crescimento inicial e dificuldade em obter sementes.

Figura 21 – Tremoço branco (*Lupinus albus*).



Fonte: Hauser, 2008.

- **Guandu anão** – espécie de ciclo longo; possui arranque inicial de crescimento lento e, por isso, sofre com a competição em áreas com alta infestação de plantas daninhas; pode ser boa opção para cultivo consorciado com milho, usual em agricultura familiar que tem disponibilidade de mão de obra; na Região Sul, uma das dificuldades está na multiplicação de sementes, porque o frio chega antes da maturação; alta capacidade de fixação de N atmosférico, mas compete com as culturas comerciais por serem cultivadas no mesmo período (primavera/verão).
- **Crotalárias** – planta de ciclo longo, anual, de crescimento inicial rápido; semelhante ao feijão guandu em ciclo e fixação de N; algumas cultivares apresentam características de efeitos inibitórios de pragas, como é o caso da *Crotalaria spectabilis* que atua na interrupção do ciclo de nematoides; pode ser utilizada solteira, consorciada ou intercalada com culturas perenes; na Região Sul, uma das dificuldades está na multiplicação de sementes, porque o frio chega antes da maturação.

Figura 22 – Guandu anão (*Cajanus cajan* L.).



Fonte: Jen, 2010.

Figura 23 – *Crotalaria juncea*: (a) plantas, (b) inflorescência e (c) folhas e fruto.



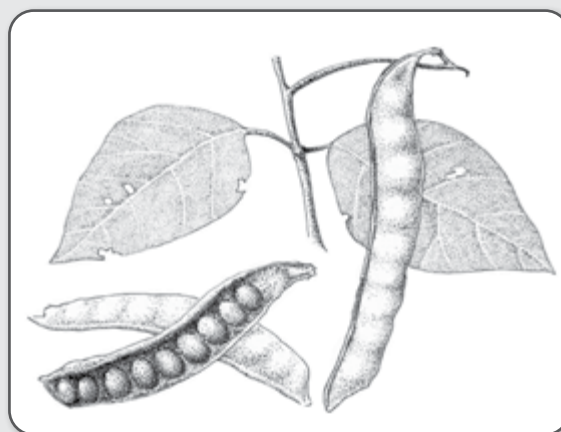
Fontes: Wen Wu School, 2012 (a); Cumming, 2006 (b); Cumming, 2010 (c).

- **Feijão-de-porco** - A *Canavalia ensiformes* (L) é uma leguminosa anual, herbácea, originária da América tropical, rústica, rasteira e apresenta um crescimento lento. É resistente às altas temperaturas e à seca. Não tem boa palatabilidade, sendo, portanto pouco usada como pastagem. Além do que, a *Canavalia* produz grandes vagens, que, se consumidas em quantidade, podem ser tóxicas aos animais. Por sua característica fixadora de N atmosférico, tem sido cultivada em consórcio com a cultura do milho. Seu porte mediano não apresenta competição com a cultura comercial.

Figura 24 – Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L).



Fonte: Matthiensen, 2014.



- **Mucunas, lab-lab, calopogônio** – todas fabáceas com bom potencial de fixação de N, destaque ao calopogônio que apresenta alto potencial de fixação de N, onde em boas condições pode ultrapassar 300 kg h⁻¹.

Figura 25 – Calopogônio (*Calopogonium Mucunoides*).



Fonte: Morad, 2011.

- **Nabo forrageiro** (*Raphanus sativus*) – crucífera que apresenta crescimento rápido; possui raízes pivotantes agressivas; adaptada às mais diversas condições de solo e clima. Pode promover uma cobertura de 70% do solo já aos 60 dias do plantio; pode ser consorciado com a aveia, centeio, ervilha forrageira, milho safrinha ou mesmo ervilhaca, tanto para adubação verde como para forragem.

Figura 26 – Inflorescência da cultura do nabo forrageiro.



Fonte: Giarola, 2009.

Assim como ocorre com outras características das espécies cultivadas, o ciclo de vida também é variável em função da espécie, da cultivar, do microclima regional, entre outros fatores. Essa informação sobre as plantas de cobertura é fundamental para a definição de uma escala temporal que possibilite a proteção do solo ao longo dos anos. No Quadro 1, são apresentados os ciclos de vida das principais espécies de plantas de cobertura e de grãos cultivadas no Paraná.

Quadro 1 – Ciclo de vida das principais espécies de plantas de cobertura e de grãos cultivadas no estado do Paraná.

Primavera/verão		Outono/inverno	
Espécie	Dias	Espécie	Dias
Soja	120-180	Trigo	130-160
Feijão	67-100	Triticale	130-160
Milho	130-160	Centeio	130-160
Sorgo grãos	130-160	Aveia	120-180
Sorgo forrageiro	130-160	Azevém	150-210
Girassol	100-130	Ervilhaca	140-180
Arroz	100-150	Chícharo	130-160
Mucuna	180-210	Canola	130-160
Crotalária	150-200	Nabo forrageiro	140-180
Guandu anão	180-200	Ervilha forrageira	120-150
Feijão-de-porco	180-210	Ervilha grãos	100-120
Sorgo vassoura	130-180	Cártamo	150-180

Fonte: Adaptado de Calegari et al, 1993; Wutke, 1993.

O Quadro 2 resume as exigências ambientais para o cultivo e a influência no controle de nematoides das principais espécies de plantas utilizadas como cobertura do solo, distribuídas conforme níveis de rusticidade.

Quadro 2 – Exigências ambientais das principais espécies de plantas utilizadas como plantas de cobertura do solo.

Espécie	Textura do solo preferencial	Exigência em fertilidade	Tolerância ao alumínio	Resistência a geadas
Grupo I – muito rústicas				
Braquiária	Arenosa	Baixa	Média	Ruim
Estilosantes	Arenosa	Baixa	Alta	-
Feijão-de-porco	Indiferente	Baixa	Alta	Ruim
Guandu	Indiferente	Baixa	Média	Moderada
Mucuna-cinza	Indiferente	Baixa	Alta	Ruim
Mucuna-preta	Indiferente	Baixa	Alta	Ruim
Grupo II – rústicas				
Calopogônio	Indiferente	Baixa	Média	Ruim
<i>Crotalaria juncea</i>	Arenosa	Média	Média	Ruim
Milheto	Indiferente	Baixa	Média	Boa
Nabo forrageiro	Indiferente	Média	Média	Boa
Tremoço	Indiferente	Média	Média	Boa
Grupo III – exigentes				
Centrosema	Indiferente	Média/Alta	Média	Ruim
Lab-lab	Indiferente	Alta	Baixa	Ruim
Soja perene	Indiferente	Alta	Baixa	Moderada

Fonte: Adaptado de Calegari et al., 1993; Wutke, 1993; Monteiro, 1993.

Recomendações para o plantio

Para a formação de uma cobertura vegetal eficiente na proteção e melhoria da qualidade dos solos, o plantio das espécies de plantas de cobertura deverá atender às recomendações indicadas por Calegari (2006) e apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Densidade de semeadura, espaçamento e época de plantio para as espécies mais utilizadas como plantas de cobertura do solo no estado do Paraná.

Nome comum	Densidade de semeadura, kg/ha	Espaçamento de plantio, cm	Época de plantio
Ervilhaca peluda	40-60	20-30	Out-inv
Ervilhaca comum	40-60	20-30	Out-inv
Ervilha forrageira	60-80	30-40	Out-inv
Nabo forrageiro	15-20	20-30	Out-inv
Tremoço	70-90	40	Out-inv
Aveia preta + ervilhaca comum	30 + 40	20	Out-inv
Ervilhaca comum + aveia preta + tremoço branco	20 + 30 + 25	20	Out-inv
Ervilha forrageira + aveia preta	40 + 30	20	Out-inv
Trigo mourisco		20-30	Prim-ver
Milheto	10-15	20-30	Prim-ver
Mucuna	80-90	30-40	Prim-ver
Guandu anão	25-30	50-60	Prim-ver
<i>Crotalaria spectabilis</i>	5-8	30-40	Prim-ver
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	5-8	30-40	Prim-ver
<i>Crotalaria breviflora</i>	5-8	30-40	Prim-ver
<i>Crotalaria juncea</i>	10-15	30-40	Prim-ver
Feijão-de-porco	100	40	Prim-ver
Lab-Lab	40	30-40	Prim-ver
Girassol	6-10	50-70	Prim-ver
Canola	10-15	20	Out-inv
Milheto + <i>Crotalaria spectabilis</i>	10 + 10	20-30	Prim-ver
Milho + <i>Brachiaria ruziziense</i>	20 + 5	80	Prim-ver
Milho adensado	60	45	Prim-ver
Sorgo vassoura	10	80	Prim-ver
Sorgo granífero	10	60-70	Prim-ver
Sorgo forrageiro	10-15	60-70	Out-inv
Centeio + ervilhaca comum	40 + 25	20	Out-inv
Nabo forrageiro + ervilhaca	10 + 25	20-30	Out-inv
Tremoço branco + ervilhaca	60 + 25	40	Out-inv
Centeio + azevém + ervilhaca	30 + 10 + 25	20	Out-inv

Fonte: Adaptado de Calegari, 2006.

Crítérios para a escolha adequada de plantas de cobertura

A seleção de espécies vegetais para cobertura do solo deve considerar, inicialmente, a disponibilidade de sementes para aquisição no comércio. Em seguida, devem ser avaliados: o potencial produtivo da biomassa seca da parte aérea e de raízes, as exigências nutricionais das espécies, a demanda hídrica, o ciclo vegetativo, a velocidade de arranque inicial de crescimento e a relação C/N da biomassa. Assim, serão alcançados os subsídios necessários para elaborar e colocar em prática o planejamento de proteção vegetal, em conformidade com as reais necessidades do solo (TEIXEIRA et al., 2010).

A produção de fitomassa e o fornecimento potencial de nutrientes de cada espécie são características essenciais e que devem ser conhecidas para a escolha adequada das plantas de cobertura do solo. O Quadro 4 sintetiza a produção de massa verde e seca, além de teores disponibilizados de N, P e K de algumas espécies empregadas na adubação verde.

Quadro 4 – Produção de massa verde (MV), matéria seca (MS) e teores de nitrogênio, fósforo e potássio (% da MS) em algumas espécies empregadas na adubação verde.

Espécies	MV	MS	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
	t/ha	t/ha	(% M.S.)	(% M.S.)	(% M.S.)
Aveia preta	15-40	2,0-11,0	0,7-1,7	0,1-0,4	1,1-3,1
Centeio	30-35	4,0-8,0	0,6-0,7	0,2-0,3	0,7-1,5
Ervilha forrageira (IAPAR)	15-40	2,5-7,0	1,8-3,4	0,1-0,4	0,7-3,3
Tremoço branco	30-40	3,5-5,0	1,2-2,0	0,2-0,3	1,0-1,8
Nabo forrageiro	20-65	3,0-9,0	0,9-1,4	0,2-0,3	2,0-2,7
Ervilha forrageira + Aveia preta	20-32	5,5-8,2	1,6-2,0	0,1-0,2	1,8-2,3
Nabo + Aveia preta	18-35	3,0-9,0	0,9-2,1	0,1-0,2	2,0-4,0
Milheto	11-90	3,5-21,0	0,3-1,6	0,1-0,3	1,1-3,1
Girassol	20-46	4,0-8,0	0,6-1,8	0,1-0,3	1,8-2,9
<i>Crotalaria juncea</i>	15-35	2,5-8,5	1,4-1,6	0,2-0,3	0,9-1,4
Mucuna cinza	10-25	2,0-5,0	1,6-2,4	0,5-0,6	1,0-1,5
Guandu anão	10-26	2,0-8,0	1,0-2,0	0,2-0,3	0,9-1,5
Guandu comum	15-60	3,0-12,0	1,0-2,0	0,2-0,3	0,9-1,5
Sorgo forrageiro	25-60	7,0-12,0	1,0-2,0	0,2-0,3	1,8-2,4

Fonte: Adaptado de Calegari, 2006.

De modo geral, sugere-se incluir plantas de cobertura que apresentem boa produção de biomassa e de alta relação C/N, para que a taxa de decomposição seja lenta, como é o caso de algumas poáceas. A produção de grandes quantidades de biomassa para proteção do solo, associado ao não revolvimento, reduzem os impactos ambientais por processos erosivos, favorecidos pela decomposição lenta (TEIXEIRA et al., 2010). Também se recomenda a inclusão de espécies com potencial de fixação simbiótica elevada, pois são interessantes do ponto de vista químico dos solos. Embora estas não sejam tão eficientes para proteger a superfície do solo dos agentes erosivos, por sua rápida decomposição (baixa relação C/N), o retorno dos nutrientes para a cultura subsequente é mais

rápido e, de certa forma, atende mais prontamente a demanda nutricional da cultura. Nesse grupo de plantas, estão as fabáceas ou leguminosas, como os tremoços, as ervilhacas, a ervilha forrageira, alternativas de inverno. Para o verão, indicam-se as mucunas, o guandu, o calopogônio e as crotalárias.

Quando se busca a melhoria das condições nutricionais do solo, várias opções podem ser consideradas, como: ervilhaca, tremoço e chícharo, para o período do inverno; e mucunas, crotalárias, guandu, calopogônio, como alternativas para o verão. No caso dessas espécies, a característica mais importante é o potencial de fixação de nitrogênio. No caso da ciclagem de fósforo e potássio, a indicação é de poáceas e brássicas (CALEGARI, 2006).

Outro fator essencial na escolha de plantas de cobertura é o grau de proteção do solo que uma espécie pode promover. Em se tratando de proteção, o mais indicado é o uso de espécies com maior produção de biomassa, aliado a alta relação C/N, que proporcionará uma decomposição lenta, pelo seu alto percentual de lignina, e uma proteção mais duradoura. Algumas opções de espécies para o inverno seriam: aveia, centeio e azevém; para o verão, as mais indicadas são o milho, o sorgo e a braquiária. Esta última destaca-se, também, pela grande produção de raízes, atuando de forma positiva na agregação e qualidade estrutural do solo. No caso da cultura do milho, esta é considerada uma opção de planta de cobertura do solo para o verão, com alta produção de biomassa e alta relação C/N. Quando o milho é semeado em consórcio com a *Brachiaria ruziziense*, resulta em opção perfeita do ponto de vista de proteção do solo. Essa é uma boa alternativa para proteger os solos de regiões onde a taxa de mineralização é acelerada por fatores climáticos, como altas temperaturas e umidade (PONTELLI et al., 2015).

Segundo estudos de Laflen et al. (1981), o grau de proteção do solo para que um sistema de produção agrícola seja considerado sustentável não deve ser inferior a 30%. A determinação do grau de proteção do solo pode ser realizada no campo, segundo uma técnica simples que esse mesmo autor desenvolveu. O método consiste no uso de um barbante com marcações de 10 em 10 cm, esticado sobre o solo e, através de visadas perpendiculares, faz-se a quantificação do percentual dos pontos protegidos e desprotegidos pela biomassa das plantas de cobertura (Figura 27).

Figura 27 – Método de campo para a determinação do grau de proteção do solo.



Fonte: Gomes, 2015.

Consórcio e misturas entre espécies de plantas de cobertura

O consórcio e mistura (*mix*) entre espécies de plantas de cobertura do solo são práticas cada vez mais comuns entre os agricultores que cultivam no SPD e agroecológicos, especialmente pela busca constante por promover o equilíbrio químico do solo, sem deixar de lado a proteção do solo contra processos erosivos, bem como a supressão de plantas daninhas. Assim, várias misturas ou consórcios podem ser utilizados, de forma a fazer a junção de espécies com características distintas, mas que se complementem com o intuito de alcançar a sustentabilidade. No Quadro 5, podem ser observadas algumas sugestões de misturas (*mix*) de espécies e a quantidade de sementes necessárias por hectare para o plantio com o intuito de obter uma cobertura de solo adequada.

Quadro 5 – Indicação de espécies que podem ser utilizadas em forma de misturas e consórcios.

Espécies	Quantidade de sementes em kg/ha
Aveia preta + Ervilha forrageira	30 + 40
Aveia preta + Tremoço (branco ou azul)	50 + 70
Aveia preta + Nabo forrageiro	30 + 10
Aveia preta + Ervilha for.+ Nabo for.	20 + 25 + 5
Aveia preta + Tremoço branco + Nabo for.+ Ervilhaca comum	20 + 30 + 5 + 25
Aveia preta + Ervilhaca peluda	25 + 40
Centeio + Ervilhaca peluda	20 + 30
Aveia preta + Centeio + Ervilhaca	15 + 15 + 20
Aveia preta + Centeio + Ervilha forrageira	15 + 15 + 25
Nabo forrageiro + Ervilhaca peluda	10 + 25
Sorgo forrageiro + Milheto	10 + 20
Milheto + <i>Crotalaria juncea</i>	10 + 20
Milheto + <i>Crotalaria spectabilis</i>	10 + 10
Guandu anão + Sorgo forrageiro	30 + 8
Milho safrinha + Brachiaria (consórcio)	20 + 5
Milho + Feijão de porco (consórcio)	20 + 70
Milho + Guandu anão (consórcio)	20 + 30

Fonte: Adaptado de Calegari, 1995.

A ocupação de áreas com plantas de cobertura demandam o conhecimento sobre o arranjo espacial das mesmas, principalmente quando se opta por trabalhar com consórcio entre duas ou mais espécies. Além do arranjo espacial, é muito importante levar em consideração fatores como fertilidade, clima, entre outras (VIEIRA et al., 1982).

No caso da opção por misturas entre espécies distintas ou cultivo consorciado, fatores fisiológicos referentes às espécies pretendidas são fundamentais para que o método seja bem sucedido. Por exemplo: uma espécie que tem crescimento inicial rápido não deve ser parte de cultivo consorciado com espécie de lento crescimento inicial, de forma que estaríamos promovendo o antagonismo entre as espécies, enquanto se na realidade a relação sinérgica entre as espécies.

Em todas as situações é importante conhecer as características das espécies, como ciclo, hábito de crescimento, arquitetura de planta, demanda nutricional, dias da semeadura ao ponto de manejo, entre outras. Essas informações são necessárias para compor o planejamento da mistura ou do consórcio, em função do objetivo que se busca.

Figura 28 – Cultivo consorciado de aveia com ervilhaca peluda.



Fonte: Siqueira, 2013.

Os consórcios estão sendo utilizados por abordar a proteção do solo e melhoria da fertilidade (MERTEN, 1994), no entanto, nos últimos anos essa prática tem sido muito utilizada em áreas com alta incidência de nematoides, verme do solo que tem provocado perdas sensíveis na produção de diversas culturas. Espécies como milho e *Crotalaria* apresentam características inibidoras da proliferação dessa praga e, pelo fato dessa praga ser de difícil controle, esse consórcio apresenta uso crescente em regiões de alta infestação (MORAES et al., 2006).

2.3.6 Rotação de culturas

A rotação de culturas é uma prática milenar que se caracteriza pelo cultivo regular e ordenado de espécies vegetais com características botânicas e fisiológicas distintas, na mesma estação e em uma determinada área, observando-se um período mínimo sem o cultivo dessa mesma espécie, na mesma área (ARF et al., 1999). O objetivo da rotação de culturas é proporcionar um equilíbrio químico, físico e biológico do solo com o intuito de obter a máxima eficiência da capacidade produtiva do mesmo e permitir o desenvolvimento das culturas subsequentes, de modo que o sistema de produção agrícola alcance a sustentabilidade (MEDEIROS et al., 1989). A adoção da rotação beneficia qualquer sistema de cultivo (ALVES et al., 2005), mas é um dos alicerces do sistema plantio direto (TRABUCO, 2008).

As bases do planejamento da rotação de culturas

O planejamento da rotação de culturas deve considerar, além das espécies vegetais comerciais, aquelas destinadas à cobertura do solo – **plantas** ou **culturas de cobertura** – que produzam grandes quantidades de biomassa, solteira ou em consórcio com as culturas comerciais.

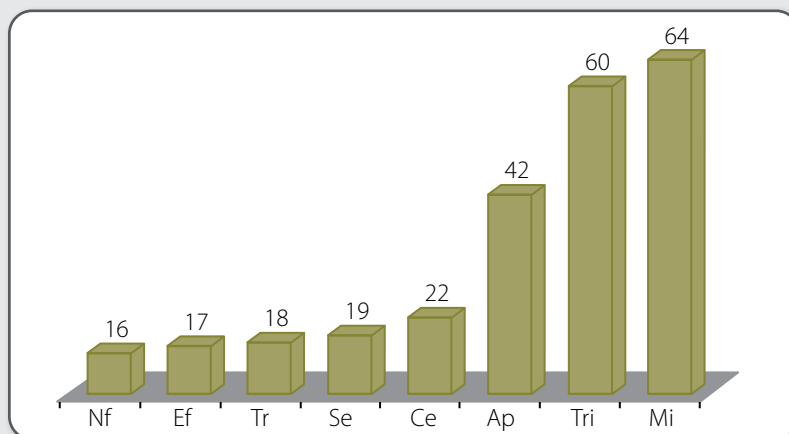
Um fator importante na definição das espécies a serem utilizadas em um programa de rotação de culturas é a relação C/N. Com base nessa relação, as plantas de cobertura são divididas em: a)

espécies com relação C/N inferior a 20 ($C/N < 20$), as quais são classificadas como de relação estreita de carbono e nitrogênio; e **espécies com relação C/N maior que 20** ($C/N > 20$), as quais são classificadas como as de relação larga.

Em linhas gerais, as plantas de cobertura que apresentam relação C/N estreita oferecem baixa proteção ao solo, em função de sua rápida decomposição. Estas, no entanto, disponibilizam rapidamente os nutrientes contidos na biomassa para as culturas subsequentes. Por outro lado, plantas de cobertura com relação C/N larga, apresentam taxa de decomposição mais lenta e disponibilidade gradual dos nutrientes para a cultura seguinte, porém proteção mais duradoura para o solo. As melhores representantes dessa segunda categoria são as poáceas, embora essa família apresente ampla faixa de variação de valores de relação C/N (ANDREOLA et al., 2000).

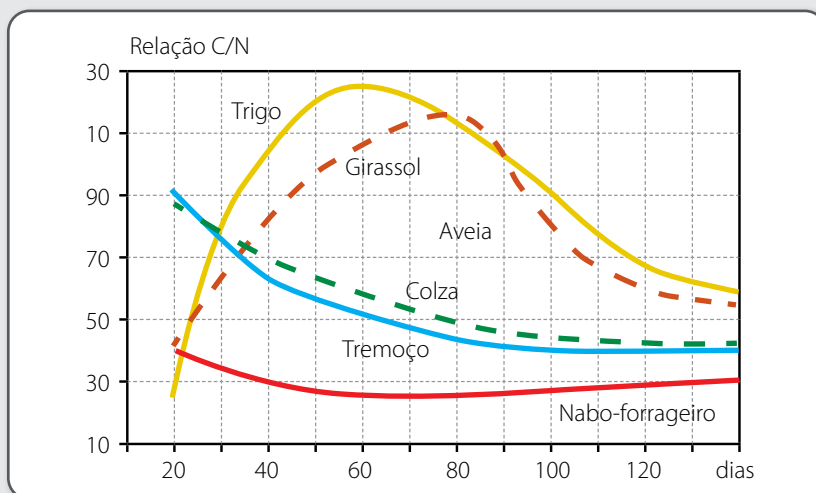
As Figuras 29 e 30 ilustram a relação C/N de algumas plantas de cobertura e durante o processo de decomposição das mesmas.

Figura 29 – Relação entre carbono e nitrogênio (C/N) na matéria seca de plantas cultivadas. Nf: Nabo forrageiro; Er: Ervilhaca; Tr: Tremoço; Se: Serradela; Ce: Centeio; Ap: Aveia preta; Tri: Trigo; Mi: milho.



Fonte: Adaptado de Calegari et al., 1992; Tedesco et al., 1995.

Figura 30 – Relação entre carbono e nitrogênio (C/N) da palha de várias plantas cultivadas durante o processo de decomposição.



Fonte: Calegari et al., 1992; Tedesco et al., 1995.

Outra forma de classificar as plantas de cobertura se baseia na relação lignina/nitrogênio. Espécies que apresentam maior proporção de colmo (lignina) em relação às folhas (nitrogênio) apresentam taxa de decomposição mais lenta. Como exemplo dessa relação, pode-se citar a aveia e o centeio (poáceas). O centeio apresenta maior taxa de lignina em relação à aveia, razão pela qual, a taxa de decomposição do centeio é menor que a da aveia. Isso ocorre também entre as fabáceas (TEDESCO et al., 1999). Conhecer esses fatores é crucial para, o planejamento de um modelo de rotação de culturas, levando em consideração os objetivos almejados ao final de um período de condução. As opções são distintas quando a busca é por melhorias dos atributos químicos, físicos ou biológicos do solo.

Espécies vegetais utilizadas em sistemas de rotação

O número de espécies indicadas para qualquer modelo de rotação é variável em função do zoneamento agroclimático. No estado do Paraná, por sua diversidade climática e de tipos de solos, inúmeras espécies podem ser utilizadas (Quadro 6). No entanto, a época de semeadura, arranjo espacial e densidade de sementes são variáveis.

Quadro 6 – Principais espécies vegetais de ciclo anual cultivadas no estado do Paraná para a produção de grãos e cobertura do solo, para os períodos primavera/verão e outono/inverno.

Primavera/Verão			Outono/Inverno		
Poácea	Fabácea	Outras	Poácea	Fabácea	Outras
Milho	Soja	Trigo Mourisco	Trigo	Tremoço	Nabo forrageiro
Sorgo grãos	Feijão	Girassol	Aveia	Ervilhaca	Canola
Sorgo vassoura	Amendoim	Tomate	Centeio	Chícharo	Cártamo
Sorgo forrageiro	Crotalária	Batata	Triticale	Trevo doce	Espérgula
Arroz	Guandu	Algodão	Azevém	Ervilha grãos	
	Feijão-de-porco	Tabaco	Cevada	Ervilha forrageira	
	Mucuna				

Fonte: Adaptado de Calegari, 2006.

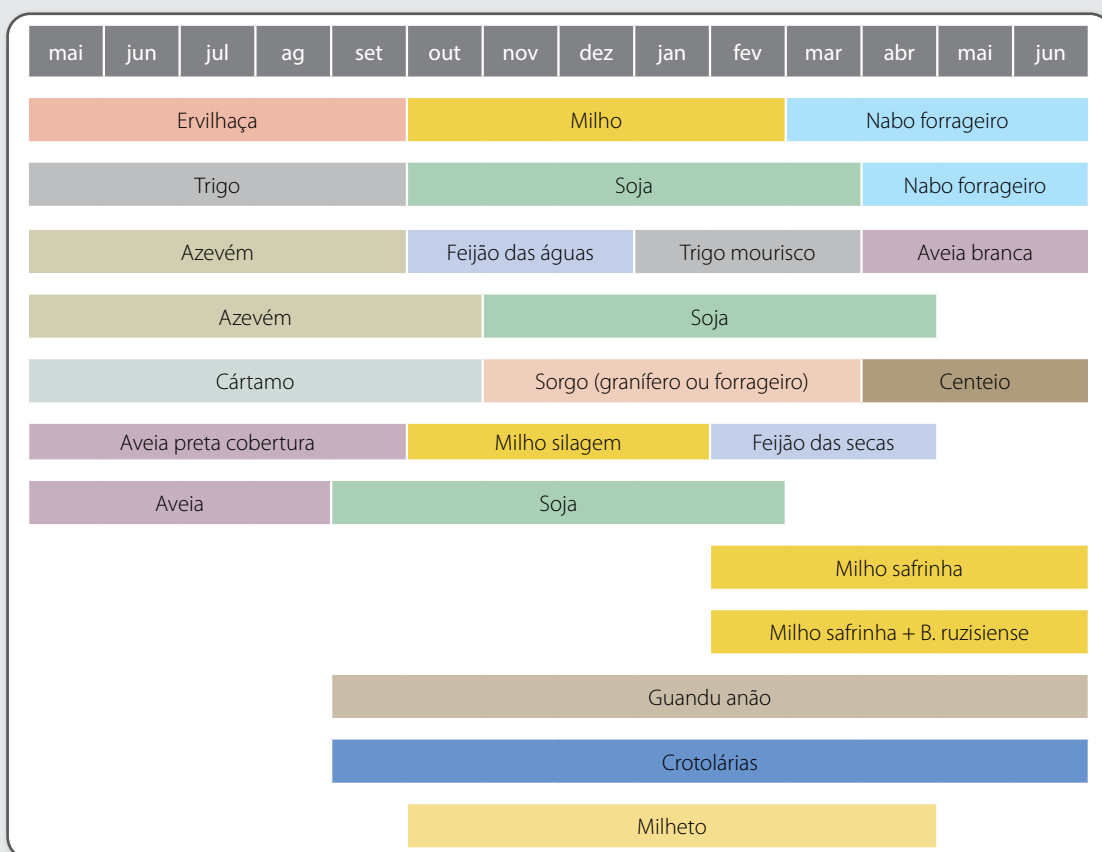
No Paraná, estado em que as culturas comerciais mais importantes são milho e soja (primavera/verão), as seguintes espécies de plantas de cobertura são as mais indicadas para rotacionar com aquelas culturas:

- aveia preta (50-60 kg/ha)
- nabo forrageiro (20 kg/ha)
- centeio (60 kg/ha)
- tremoço branco (100-120 kg/ha)
- sorgo forrageiro (10-15 kg/ha)
- milheto (20 kg/ha)

- nabo + aveia (10 + 30-35 kg/ha)
- aveia + ervilha forrageira (30 + 35 kg/ha)
- aveia + ervilhaca (30-45 kg/ha)
- aveia + nabo + tremoço (25 + 6 + 30 kg/ha)
- milheto + *Crotalaria juncea* (10 + 20-30 kg/ha)
- guandu + sorgo (30 + 8 kg/ha)
- milheto + sorgo (10 + 8 kg/ha)

Para compor um modelo de rotação é necessário conhecer as características de cada espécie, como velocidade de crescimento, sensibilidade ao fotoperíodo, resistência ou sensibilidade a determinadas doenças, capacidade de fixação biológica ou ciclagem de nutrientes, relação C/N e relação lignina/N da biomassa, entre outras (ANDREOLA et al., 2000; TEDESCO et al., 1999). Na Figura 31 podem ser observados alguns esquemas de rotação sugeridos para o estado do Paraná.

Figura 31 – Sequência temporal de diferentes esquemas de rotação de culturas utilizados no estado do Paraná para a produção de grãos.



Fonte: Adaptado de Calegari, 2006.

Seleção de espécies para compor esquemas de rotação

As espécies vegetais envolvidas na rotação de cultura devem ser consideradas do ponto de vista de sua exploração comercial ou destinadas somente à cobertura do solo e adubação verde. A seleção de espécies deve basear-se na diversidade botânica. Plantas com diferentes sistemas radiculares, hábitos de crescimento e exigências nutricionais podem ter efeito na interrupção dos ciclos de pragas e doenças, na redução de custos e no aumento do rendimento da cultura principal.

Um esquema de rotação deve ser flexível para atender as particularidades regionais e as perspectivas de comercialização dos produtos. O uso da rotação de culturas conduz à diversificação das atividades na propriedade, possibilitando estabelecer esquemas que envolvam apenas culturas anuais, tais como: soja, milho, arroz, sorgo, algodão, feijão e girassol, ou de culturas anuais e pastagem. Em ambos os casos, o planejamento da propriedade a médio e longo prazos faz-se necessário para que a implementação seja exequível e economicamente viável.

Talhões ou glebas de cultivo cujo solo apresente elevados índices de desagregação das partículas do solo deverão conter gramíneas na rotação. As gramíneas atuam de forma mais eficaz para promover a formação de agregados, tanto pela ação direta das raízes como pelo suprimento de resíduos orgânicos mais duradouros e estáveis. No caso de talhões ou glebas com problemas de compactação, deverão receber plantas com raízes pivotantes e com potencial de descompactar o solo, como guandu, crotalárias, nabo forrageiro, tremoços, etc.

Rotações de culturas indicadas para as regiões do Paraná

Rotacionar culturas de inverno e verão é fundamental no planejamento e condução de um sistema conservacionista de cultivo, haja vista os diversos fatores que são dependentes dessa prática: fertilidade química e física do solo; equilíbrio e ampliação da vida microbiana do solo, quebra de ciclo de pragas das raízes e parte aérea das plantas, redução de patógenos que sobrevivem na biomassa das culturas anteriores, manutenção da umidade no solo, entre outras.

Na escolha das espécies que serão utilizadas, algumas observações devem ser consideradas, em especial as características potenciais de cada espécie que venham a atender as diferentes demandas do sistema, como rendimento de biomassa, relação C/N em função da duração da proteção do solo, tipos de raiz e potencial de produção e regeneração, especificidade e capacidade na ciclagem de nutrientes, potencial de fixação biológica de N (FBN), precocidade e ciclo, capacidade supressora e alelopática de plantas daninhas, entre outras. Ressalta-se que tais procedimentos, além de melhorar os níveis de rendimento das culturas, atuam também como contribuintes para o processo de conservação do meio ambiente (SOARES; RODRIGUES, 2008).

O Quadro 7 apresenta as diferentes espécies de plantas de cobertura de inverno e de verão que podem ser utilizadas em cultivos solteiros, em consórcio ou em misturas de duas ou mais espécies, em diferentes épocas de plantio e regiões do Paraná.

Quadro 7 – Espécies de plantas de cobertura de solo recomendadas para as diferentes regiões do estado do Paraná em função da época de plantio.

Regiões do Paraná ¹	Nome comum	Nome científico	Ciclo	Época de plantio	Matéria seca (t/ha)	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
						% na matéria seca		
4 e 5	Centeio + ervilhaca comum		Anual	Out-inv	4-9			
4 e 5	Nabo forrageiro + ervilhaca		Anual	Out-inv	4-9			
4 e 5	Tremoço + ervilhaca		Anual	Out-inv	3-6			
4 e 5	Centeio + azevém + ervilhaca		Anual	Out-inv	4-8			
4,5 e 6	Linhaça	<i>Linum usitatissimum</i>	Anual	Out-inv	2-4			
4, 5 e 6	Azevém precoce	<i>Lolium multifolium</i>	Anual	Out-inv	3-8	0,75-1,64	0,07-0,40	< 3,0
4,5 e 6	Azevém tardio	<i>Lolium multifolium</i>	Anual	Out-inv	4-8	0,75-1,64	0,07-0,40	< 3,0
4,5 e 6	Chícharo	<i>Lathyrus sylvestris</i>	Anual	Out-inv	4-8			
4,5 e 6	Serradela	<i>Ornithopus sativus</i>	Anual	Out-inv	3-6			
4,5 e 6	Espérgula	<i>Spergula arvensis</i>	Anual	Out-inv	2-5			
4,5 e 6	Trevo doce	<i>Melilotus alba</i>	Anual	Out-inv	3-8			
4,5 e 6	Ervilhaca comum + aveia preta + tremoço branco		Anual	Out-inv	3,5-6	1,99-2,99	0,16-0,26	2,86-3,86
1,2,3,4,5 e 6	Aveia preta	<i>Avena strigosa</i> Schreb.	Anual	Out-inv	2-11	0,70-1,68	0,14-0,42	1,08-3,08
1,2,3,4,5 e 6	Centeio	<i>Secale cereale</i> L.	Anual	Out-inv	4-8	0,58-0,66	0,16-0,29	0,75-1,45
1,2,3,4,5 e 6	Aveia branca forrageira	<i>Avena sativa</i>	Anual	Out-inv	3-11	0,70-1,68	0,14-0,42	1,08-3,08
1,2,3,4,5 e 6	Triticale	<i>Triticum secale</i>	Anual	Out-inv	3-7			
1,2,3,4,5 e 6	Triticale forrageiro	<i>Triticum secale</i>	Anual	Out-inv	3-11			
1,2,3,4,5 e 6	Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus</i> L.	Anual	Out-inv	3-9	0,92-1,37	0,18-0,33	2,02-2,65
1,2,3,4,5 e 6	Tremoço branco	<i>Lupinus albus</i> L.	Anual	Out-inv	3,5-5	1,22-1,97	0,25-0,29	1,00-1,77
1,2,4,5 e 6	Aveia branca granífera	<i>Avena sativa</i>	Anual	Out-inv	2-6	0,70-1,68	0,14-0,42	1,08-3,08
1,2,4,5 e 6	Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	Anual	Out-inv	2-5			
1,2,4,5 e 6	Trigo dupla aptidão	<i>Triticum aestivum</i>	Anual	Out-inv	2-7			
1,2,4,5 e 6	Cevada	<i>Hordeum vulgare</i>	Anual	Out-inv	2-5			
1,2,4,5 e 6	Ervilhaca peluda	<i>Vicia villosa</i> L.	Anual	Out-inv	3-5	2,51-4,36	0,25-0,41	2,41-4,26
1,2,4, 5 e 6	Ervilhaca comum	<i>Vicia sativa</i> L.	Anual	Out-inv	3-5	2,74-3,47	0,27-0,38	2,33-2,56

Regiões do Paraná ¹	Nome comum	Nome científico	Ciclo	Época de plantio	Matéria seca (t/ha)	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
						% na matéria seca		
1,2,4,5 e 6	Ervilha forrageira + aveia preta		Anual	Out-inv	4-10	1,62-2,22	0,13-0,18	2,55-3,35
1,2,5 e 6	Ervilha forrageira	<i>Pisum sativum subesp. Arvense</i>	Anual	Out-inv	2,5-7	1,77-3,36	0,14-0,41	0,67-3,31
1,2,3,5 e 6	Tremoço azul	<i>Lupinus angustifolius L.</i>	Anual	Out-inv	3-6	0,85-2,15	0,12-0,29	1,36-1,49
1,2,3,5 e 6	Tremoço amarelo	<i>Lupinus luteus</i>	Anual	Out-inv	3-6			
3, 4, 5 e 6	Aveia preta + ervilhaca comum		Anual	Out-inv	2-10	0,93-1,39	0,15-0,16	1,23-1,47
1,2,3,4,5 e 6	Trigo mourisco	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Anual	Prim-ver	2-5			
1,2,3,4,5 e 6	Milheto	<i>Pennisetum americanum L.</i>	Anual	Prim-ver	3,5-21	0,34-1,46	0,13-0,29	1,05-3,12
1,2,3,4,5 e 6	Rami	<i>Boehmeria nivea</i>	Perene	Prim-ver	3-8			
1,2,3,4,5 e 6	Caupi	<i>Vigna unguiculata L.</i>	Anual	Prim-ver	2,5-6	1,67-2,22	0,25-0,50	1,82-2,77
1,2,3,4,5 e 6	Mucuna preta	<i>Mucuna pruriens var. preta</i>	Anual	Prim-ver	2-5	2,29-2,73	0,11-0,17	1,25-1,55
1,2,3,4,5 e 6	Mucuna cinza	<i>Mucuna pruriens var. cinza</i>	Anual	Prim-ver	2-6	1,56-2,43	0,46-0,57	1,00-1,55
1,2,3,4,5 e 6	Mucuna anã	<i>Mucuna pruriens var. anã</i>	Anual	Prim-ver	2-4	2,85-3,35	0,16-0,23	4,14-4,84
1,2,3,4,5 e 6	Mucuna verde	<i>Mucuna pruriens</i>	Anual	Prim-ver	2-6	1,56-2,43	0,46-0,57	1,00-1,55
1,2,3,4,5 e 6	Guandu	<i>Cajanus cajan L.</i>	Bi ou Tri-anual	Prim-ver	5-12	2,41-2,85	0,12-0,19	2,40-2,84
1,2,3,4,5 e 6	Guandu anão	<i>Cajanus cajan L.</i>	Anual	Prim-ver	2-6,5	1,02-2,04	0,21-0,28	0,92-1,47
1,2,3,4,5 e 6	<i>Crotalaria spectabilis</i>	<i>Crotalaria spectabilis L.</i>	Anual	Prim-ver	4-7	2,14-2,20	0,07-0,12	1,40-1,78
1,2,3,4,5 e 6	<i>Crotalaria ochroleuca</i>	<i>Crotalaria ochroleuca</i>	Anual	Prim-ver	4-7			
1,2,3,4,5 e 6	<i>Crotalaria breviflora</i>	<i>Crotalaria breviflora</i>	Anual	Prim-ver	3-6			
1,2,3,4,5 e 6	<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Crotalaria juncea</i>	Anual	Prim-ver	2,5-8	1,42-1,65	0,19-0,21	0,96-1,38
1,2,3,4,5 e 6	<i>Crotalaria grantiana</i>	<i>Crotalaria grantiana</i>	Anual	Prim-ver	2-5			
1,2,3,4,5 e 6	Estilosantes	<i>Stylosanthes</i>	Anual	Prim-ver	4-8	2,60-3,30	0,46-0,60	1,00-1,22
1,2,3,4,5 e 6	Amendoim forrageiro	<i>Arachis pintoi</i>	Perene	Prim-ver	3-7	1,90-2,70	0,15-0,30	1,30-1,96
1,2,3,4,5 e 6	Feijão-de-porco	<i>Canavalia ensiformis L.</i>	Anual	Prim-ver	3-7	3,00-3,39	0,12-0,18	5,30-5,94
1,2,3,4,5 e 6	Feijão bravo do Ceara	<i>Canavalia brasiliensis L.</i>	Anual	Prim-ver	3-6,5	2,27-2,71	0,11-0,15	1,58-1,78
1,2,3,4,5 e 6	Feijão mungo	<i>Vigna radiata L.</i>	Anual	Prim-ver	3-5,5	2,00-2,18	0,15-0,27	4,64-5,24

Regiões do Paraná ¹	Nome comum	Nome científico	Ciclo	Época de plantio	Matéria seca (t/ha)	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
						% na matéria seca		
1,2,3,4,5 e 6	Lab-Lab	<i>Dolichos lab-lab</i> L.	Anual	Prim-ver	4-7	2,15-2,57	0,27-0,61	2,14-2,53
1,2,3,4,5 e 6	Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i> L.	Perene	Prim-ver	10-16	4,17-4,43	0,17-0,28	1,45-1,94
1,2,3 e 6	Indigofera	<i>Indigofera pulchra</i> .	Perene	Prim-ver	4-7	2,02-2,33	0,09-0,19	1,45-1,64
1,2,3,4,5 e 6	Calopogônio	<i>Calopogonio mucunoides</i> L.	Perene	Prim-ver	4-6	2,05-2,28	0,08-0,17	1,43-1,68
1,2,3 e 6	Kudzu tropical	<i>Pueraria phaseoloides</i> L.	Perene	Prim-ver	4-7	3,47-3,88	0,23-0,36	2,06-2,23
1,2,3,4,5 e 6	Soja perene	<i>Glycine wightii</i> L.	Perene	Prim-ver	4-6	2,44-2,85	0,17-0,30	2,24-2,45
1,2,3,4,5 e 6	Centrosema	<i>Centrosema pubescens</i> L.	Perene	Prim-ver	4,5-6,5	2,21-2,48	0,17-0,29	1,03-1,34
1,2,3,4,5 e 6	<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Crotalaria juncea</i> L.	Anual	Prim-ver	2,5-8,5	1,42-1,65	0,19-0,21	0,96-1,38
1,2,3,4,5 e 6	Girassol	<i>Helianthus annuus</i> L.	Anual	Prim-ver	4-8	1,02-1,12	0,18-0,24	2,50-2,78
1,2,3, 4,5 e 6	Cártamo	<i>Carthamus tinctorius</i>	Anual	Out- inv	2-6			
1,2,3,4,5 e 6	Crambe	<i>Crambe abyssinica</i>	Anual	Out- inv	2-4			
1,2,4,5 e 6	Canola	<i>Brassica napus</i>	Anual	Out- inv				
1,2,4,5 e 6	Milheto	<i>Pennisetum americanum</i>	Anual	Prim-ver	3,5-21	0,34-1,46	0,13-0,29	1,05-3,12
1,2,4,5 e 6	Milheto + feijão caupi	<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp	Anual	Prim-ver	3,5-10	0,61-0,82	0,13-0,17	1,08-1,12
1,2,3,4,5 e 6	Milheto + <i>crotalaria spectabilis</i>	<i>Crotalaria spectabilis</i>	Anual	Prim-ver	3,5-9			
1,2,3 e 6	Milho + <i>brachiaria ruziziense</i>	<i>Brachiaria ruziziense</i>	Anual	Prim-ver	7-12			
1,2,3,4,5 e 6	Capim moha	<i>Setaria itálica</i>	Anual	Prim-ver	2,5-4,5	2,70-3,50	0,25-0,45	1,8-3,9
1,2,3,4, 5 e 6	Capim pé-de-galinha gigante	<i>Eleusine coracana</i>	Anual	Prim-ver	3-8			
1,2,3,4,5 e 6	Milho adensado	<i>Zea mays</i>	Anual	Prim-ver	6-14			
1,2,3,4,5 e 6	Sorgo vassoura	<i>Sorghum bicolor</i>	Anual	Prim-ver	6-12			
1,2,3,4,5 e 6	Sorgo halepense	<i>Sorghum halepense</i>	Anual	Prim-ver	4-8			
1,2,3,4, 5 e 6	Sorgo grãofero	<i>Sorghum</i>	Anual	Prim-ver	3-7			
1,2,3,4,5 e 6	Sorgo forrageiro	<i>Sorghum</i>	Anual	Out- inv	5-8			

¹ 1 - Região Norte; 2 - Região Norte Velho ou Norte Pioneiro; 3 - Região Noroeste; 4 - Região Centro Sul; 5 - Região Sudoeste; 6 - Região Oeste

Fonte: Adaptado de Calegari, 2006.

2.3.7 Manejo de plantas de cobertura e de plantas daninhas

Nas áreas cultivadas no SPD, o não revolvimento do solo contribui para o desenvolvimento e sobrevivência de algumas pragas, além de propiciar um ambiente adequado à persistência de alguns tipos de fungos, bactérias e vírus entomógenos que atuam no controle de pragas. No entanto, os problemas causados pelas pragas não são maiores que os benefícios da preservação e melhoria da qualidade do solo (BIANCO, 1997). Na Figura 32, podem-se observar as diferenças entre um ambiente com mobilização frequente, onde a degradação da matéria orgânica e a redução da vida microbiana são aceleradas, em relação a um ambiente orgânico onde a vida microbiana e a matéria orgânica são preservadas.

Figura 32 – Solos submetidos a revolvimentos frequentes pelo cultivo convencional (a) e solo não revolvido sob sistema plantio direto (b).



Fonte: Adaptado de Chaboussou (1999).

Na cultura de trigo em sistema plantio direto, com o passar dos anos, tem-se observado que, as infestações de lagarta elasmô e de pulgões, têm apresentado populações significativamente menores. Entre os fatores de inibição da lagarta elasmô, destaca-se a umidade advinda da manutenção da palhada sobre o solo. Já o fator inibidor dos pulgões tem relação com a coloração amarela monocromática refletida pela matéria seca da cobertura morta que afeta sua colonização (GASSEN, 1989). Por outro lado, infestações de trips têm sido menores em sistemas convencionais. Como a primeira troca de pele da ninfa é realizada na planta e três posteriores são realizadas no solo (onde se transformam em pupa), esse processo é inibido pela mobilização do solo para o cultivo ou tratos culturais.

O tamanduá da soja ou bicudo é outra praga que tem o ciclo quebrado pela mobilização do solo. Podemos citar ainda os riscos do cultivo do milho após cobertura de inverno com azevém que favorecem a infestação do curculionídeo *Listronotus banariensis*, além de larvas de diabrotícas, que

podem causar prejuízos de até 25% no estande da cultura (PAVEI et al., 1985). Esses fatores deixam claro que o manejo de pragas, para ser eficiente, não deve ser tratado de forma isolada, mas deve ser incluído no contexto da cultura e do ecossistema como um todo.

Como consequência da camada de resíduos orgânicos, conservação da umidade e temperatura do solo no sistema plantio direto, patógenos foliares de baixa competitividade saprofítica, como *Colletotrichum graminicola*, *Kabatillazeae*, *Cercosporazeae-maydis*, vêm se tornando uma ameaça para áreas onde práticas conservacionistas têm sido implementadas. No SPD, têm sido cada vez mais comuns trabalhos que apontam maior intensidade de doenças (REIS; SANTOS, 1993). A maior ou menor intensidade de patógenos depende do sistema de cultivo adotado, do tipo de cultura de verão, das espécies de cobertura invernal, do modelo de rotação praticado e dos patógenos estudados. Ex: patógenos monocíclicos – realizam apenas um ciclo de patogênese por safra; policíclicos – que realizam mais de um ciclo de patogênese por safra.

No caso de patógenos de etiologia fúngica, estes sobrevivem através de esporos, clamidósporos, oosporos, esclerócios, micélios, massas estromáticas e frutificações de picnídios e peritécios (NAZARENO, 1989). Na forma de micélios, alguns fungos ficam dormentes dentro de embriões de sementes e serão ativados somente no processo de germinação. Os escleródios podem sobreviver por longo período no solo ou aderido em restos culturais, assim como a helmintosporiose do trigo, que pode sobreviver no solo como conídios por mais de um ano. As bactérias sobrevivem na própria célula bacteriana que fica agrupada em exsudatos ressecados, facilmente eliminados pelo revolvimento do solo e sua incorporação. O mesmo ocorre com viroses que raramente sobrevivem fora de tecidos vivos, exceto o vírus do mosaico do fumo que sobrevive em restos culturais por longos períodos (METHA, 1993).

A capacidade saprofítica expressa a maior ou menor habilidade de um patógeno sobreviver na ausência de seu hospedeiro, e o parasitismo refere-se à condição de microrganismo penetrar em seu hospedeiro e sobreviver dos nutrientes que ele disponibiliza. No ambiente radicular, existe um grande número de microrganismos que é afetado pelo método de cultivo e pela sucessão de culturas, sendo que o método que amplia a permanência de palha na superfície do solo favorece a sobrevivência de saprófitas e parasitas facultativos (NAZARENO, 1989).

Diante desses fatos, o planejamento da rotação de culturas, deve não só buscar espécies que não sejam hospedeiras para não aumentar a fonte de inóculos, mas estudar previamente os efeitos positivos dos resíduos das culturas anteriores para o controle de doenças. Às vezes, a opção por um modelo de rotação pode transportar patógenos não comuns, propiciando resultados contraditórios (REIS; SANTOS, 1993).

Tecnologia de aplicação

Técnica que assume grande importância na agricultura contemporânea, não apenas em relação ao manejo de pragas e doenças, mas também ao manejo de plantas de cobertura e plantas

daninhas. É essencial diagnosticar a localização do alvo (praga ou doença) para, então, planejar a forma de atingi-lo, mesmo quando se encontra protegido pelo dossel das plantas.

Uma das primeiras ações a serem tomadas quando à tomada de decisão sobre a realização de uma aplicação é diagnosticar a necessidade de controle. Outro ponto fundamental é definir dose e volume de calda a ser utilizada, pois variam conforme a área foliar e o alvo. Também é essencial que o agricultor saiba escolher as pontas de pulverização e seguir as indicações do fabricante quanto ao tipo de ponta e tamanho de gota. Uma ponta pode ser a melhor ou pior em uma mesma aplicação, em função de fatores climáticos (ADEGAS, 2009). No Quadro 8, pode-se observar a ponta tipo *Coneejet* apresentando-se como melhor ou pior em uma mesma situação.

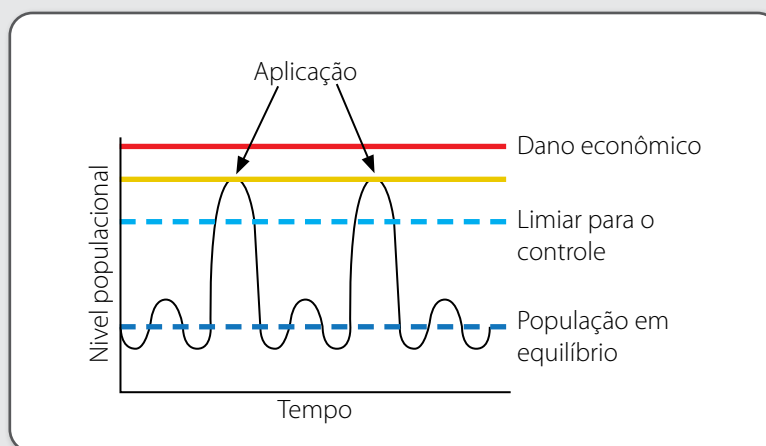
Quadro 8 – Produtividade de culturas em função dos tipos de bicos utilizados.

PRODUTIVIDADE X BICOS		
TIPO DE BICO	UEL (133) 21/25 °C – 72/63 %	EMBRAPA (48) 32/37 °C – 42/31 %
Tj	100,0	100,0
XR	98,2	95,4
Coneejet	102,8	87,6
AI	91,3	92,1

Fonte: Adaptado de Chaim et al., 1999.

Algumas normas e procedimentos são de suma importância para produzir alimentos de qualidade, garantir a saúde dos produtores, da população e do meio ambiente. Entre elas podemos citar: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, velocidade de deslocamento do pulverizados e tipo de ponta utilizada (MONIZ et al., 2003). Na Figura 33, pode-se visualizar o nível de controle de um manejo integrado de pragas.

Figura 33 – Desenho esquemático demonstrando o nível de controle de um manejo integrado de pragas.



Fonte: Adaptado de Chaim et al., 1999.

2.3.7.1 Manejo de plantas de cobertura

O manejo de plantas de cobertura deve ser entendido como procedimento através do qual o desenvolvimento é interrompido, de modo que os seus resíduos passem a compor a palhada sobre o solo. Por outro lado, o manejo correto é importante para evitar que as plantas de cobertura se tornem infestante e permita alcançar o potencial produtivo das culturas. Isso requer o planejamento e conhecimento sobre a época adequada de semeadura e manejo das plantas de cobertura.

A época de manejo mais adequada para maioria das espécies de cobertura é o florescimento pleno. No entanto, quando o agricultor deseja aumentar a quantidade de palha e o acúmulo de matéria seca e de nutrientes no solo, o manejo deverá ser realizado durante a formação e enchimento de grãos. O manejo das plantas de cobertura nesse estágio eleva o potencial da espécie como melhoradora do solo, mas exige mais atenção por parte do agricultor, pois algumas plantas apresentarão sementes viáveis, os nutrientes estarão concentrados apenas em determinadas porções das plantas (grãos) e pode haver desenvolvimento de plantas em vários estádios, tanto das plantas de cobertura quanto das espontâneas. Essa situação exigirá a potencialização do efeito do manejo químico, que deverá ser feito dias mais tarde, assim que houver área foliar suficiente (ALVARENGA et al., 2001; GERALDO et al., 2002).

Os métodos de manejo das plantas de cobertura mais utilizados no sistema plantio direto são: químico, mecânico e a associação de ambos. As características de cada método são apresentadas no item 2.3.7.1. Há um método de manejo adequado para cada época de cultivo das plantas de cobertura. Em semeaduras de outono/inverno, é mais utilizado o método químico de manejo, pela eficiência e praticidade no controle do desenvolvimento das plantas em condições ambientais favoráveis ao seu crescimento, possibilitando a implantação em tempo hábil e o desenvolvimento da cultura subsequente, que é a principal. Os métodos mecânicos de manejo apresentam baixa eficiência no manejo das plantas de cobertura, propiciando principalmente a rebrota da maioria das espécies.

Para o manejo das plantas de cobertura de outono-inverno podem ser utilizados os métodos mecânicos para eliminar o desenvolvimento vegetativo das plantas. O uso exclusivo do rolo-faca, do triturador ou da roçadeira pode ser suficiente para manejar adequadamente as plantas de cobertura quando realizado antes que produzam sementes viáveis. É desejável que as plantas de cobertura sejam acamadas e tenham o caule seccionado, fragmentando-as o menos possível, diminuindo a taxa de decomposição, aumentando o tempo de permanência sobre o solo (ALVARENGA et al., 2001).

De modo geral, a adoção do método químico de controle possibilita a ampliação do intervalo de tempo para que o agricultor organize e planeje os trabalhos, podendo ser realizado em diferentes estádios de desenvolvimento das plantas, com bom nível de controle pelos herbicidas disponíveis no mercado. Com esse tipo de manejo, as culturas dessecadas podem permanecer em pé ou acamadas antes da semeadura da cultura subsequente (ALVARENGA et al., 2001). A adoção do método mecânico exige maior conhecimento e organização por parte do agricultor, pois o

tempo para a realização do manejo é menor, e a eficiência desse método exige que seja realizado no estágio fenológico adequado, evitando a rebrota ou sementes viáveis que serão problemas para a cultura subsequente.

Época ideal para o manejo de plantas de cobertura

A definição da época ou do estágio fenológico ideal para realizar o manejo das plantas de cobertura é essencial para a concretização de um sistema de cultivo conservacionista. O momento ideal para o manejo é aquele que proporciona máximo aproveitamento da cobertura vegetal para a melhoria dos atributos químicos e físicos do solo, bem como maior proteção da superfície do mesmo.

Para a maioria das espécies, visando à melhoria dos atributos químicos do solo, o ponto para realização do manejo é no estágio de floração plena. Para poáceas, o momento ideal seria no estágio de florescimento pleno a grão leitoso; para fabáceas e crucíferas, no florescimento pleno, porém, antes que as sementes da primeira florada tenham viabilidade germinativa. As crucíferas, depois desse estágio, tornam-se infestantes, com prejuízos no rendimento para as culturas subsequentes ou custos para seu controle (LUDWIG et al., 2011).

Quando o objetivo do agricultor é a proteção do solo pela maior permanência da biomassa, o estágio indicado para o manejo de poáceas invernais é grão leitoso, pela maior quantidade de ligninas (> relação C/N) (FURLANI et al., 2007). Nessa fase, apenas com o manejo mecânico da cobertura, pode-se reduzir ou até suprimir o uso de herbicidas, quando a área não tiver alta infestação de invasoras. Entretanto, em áreas infestadas, o manejo libera a passagem de luz que impulsiona o crescimento das plantas daninhas até então sombreadas, favorecendo o controle com herbicidas, pelo acerto ao alvo (CALEGARI, 2006).

Em cobertura com **azevém**, é prudente antecipar o manejo no mínimo 30 dias em relação à data da semeadura, evitando que haja competição do seu vasto sistema radicular com as sementes em emergência, além de possíveis problemas com pragas que utilizam o azevém como hospedeiro (RIQUETTI et al., 2012). Em caso de **milheto**, o estágio fenológico mais indicado para o manejo mecânico é quando as plantas apresentam três entrenós lignificados. Nessa fase, o controle reduz ao máximo a capacidade de rebrota das plantas. Embora o controle químico possa ocorrer em qualquer estágio fenológico, em milheto a aplicação de herbicidas é arriscada, pois o porte alto da planta favorece as perdas por deriva e a contaminação do ambiente. Uma boa alternativa seria reduzir a altura das plantas mecanicamente e aplicar, *a posteriori*, o herbicida, quando surgirem as brotações (MIYASAKA et al., 1984).

No caso de **aveia, centeio e trigo**, espécies que apresentam similaridades quanto ao manejo, diferenciam-se apenas em relação ao objetivo da cultura, época de semeadura e ciclo. Quando essas espécies são manejadas apenas mecanicamente (sistemas agroecológicos), o controle deve ser feito no estágio em que a planta apresenta menor potencial de rebrota (grão leitoso), antes que tenham sementes viáveis e se tornem invasoras para a cultura subsequente. Quando essas culturas não cobrem totalmente a área e germinam plantas invasoras, o uso antecipado do método

mecânico, seguido pela aplicação de herbicida favorece o acerto do alvo, reduzindo o efeito guarda-chuva que protegem as invasoras (DAROLT, 1996). Nesse caso, recomendam-se duas aplicações: a primeira com a aveia em pé; e a segunda (sequencial) após a rolagem da aveia, observando o período de maior absorção e translocação do herbicida na planta. A primeira aplicação atinge a aveia e a segunda, controla as plantas daninhas.

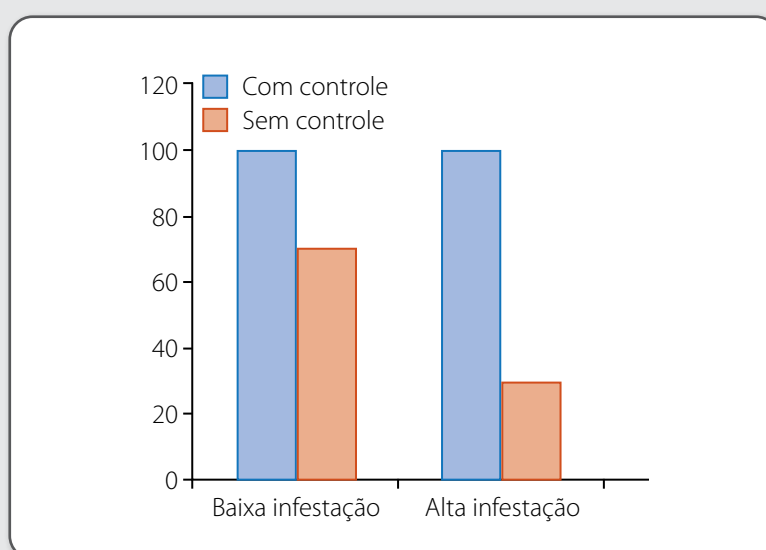
Em se tratando de **chícharo** e **ervilhaca**, uma vez manejadas, não apresentam potencial de rebrota (MERTEN, 1994). Já no caso da **espérgula**, quando conduzida até a fase de maturação, como produz um grande número de sementes, torna-se uma invasora perene e pode causar transtornos pela competição com as espécies cultivadas.

2.3.7.2 Manejo de plantas daninhas

O manejo das plantas daninhas visa adequar o nível de infestação de espécies indesejáveis durante o período crítico das culturas, para minimizar a mato-competição. As plantas daninhas em alta incidência são um dos principais problemas para a produção agrícola, e os prejuízos diferem em função das espécies invasoras e sua interação com a espécie cultivada. Além de prejuízos diretos no rendimento pela competição por água, luz e nutrientes, os elevados custos no controle oneram os tratos culturais, e, em alguns casos, pode inviabilizar a exploração.

Os resultados expostos na Figura 34 mostram a importância da manutenção da infestação de plantas daninhas dentro de limite aceitável, minimizando as perdas no rendimento. Além de proporcionar condições adequadas à produção, o controle de plantas daninhas evita a competição, proporciona boas condições de colheita, diminui a infestação pela redução do banco de sementes no solo, evita a formação de microclima favorável à perda de qualidade dos produtos antes da colheita e protege o ambiente (KARAN et al., 2010).

Figura 34 – Perdas no rendimento pelo nível de infestação.



Fonte: Adaptado de Skora Neto, 2004.

Pela diversidade de espécies cultivadas e de invasoras que existem nas regiões do Brasil, o manejo de plantas daninhas deve ser planejado em longo prazo, com a adoção de métodos e sistemas integrados (culturais, físicos, mecânicos), além de químico (OVEREJO; CHRISTOFFOLETI, 2003). Destaca-se ainda, a importância do planejamento da rotação de mecanismos de ação de herbicidas, com vistas à quebra do ciclo de plantas daninhas resistentes a algum mecanismo de ação.

De maneira geral, os procedimentos indicados para o manejo das plantas daninhas são similares aos indicados para as plantas de cobertura e descritos no item 2.3.7.2. A tomada de decisão quanto à adoção de uma ou outra prática de controle das plantas daninhas depende da espécie cultivada, das espécies invasoras, do nível de infestação e do estágio fenológico da cultura e das invasoras. Essas informações somente são obtidas a partir do inventário ou diagnóstico da área (LORENZI, 2000).

A identificação das invasoras é a operação que dá suporte à realização de um bom planejamento de controle das mesmas. Essa operação permite a escolha da classe do herbicida para o qual a invasora apresenta sensibilidade, dos mecanismos de ação que as invasoras não apresentam genótipos resistentes, bem como o estágio fenológico em que as invasoras são mais susceptíveis ao controle, antes que produzam danos econômicos à cultura. Conhecer as características individuais das espécies, fase de desenvolvimento e grau de sensibilidade das invasoras ao ingrediente ativo, favorece a correta definição da dose e forma de aplicação, com acerto ao alvo e com êxito na operação.

Os métodos de manejo das plantas daninhas podem ser mecânicos, culturais químicos ou a combinação desses métodos (FURLANI et al., 2007). Os métodos mecânicos apresentam vantagens em termos de custos, quando o agricultor dispõe de equipamentos específicos em sua propriedade e disponibilidade de mão de obra (VICTÓRIA FILHO, 2003). Por outro lado, o método químico coloca o agricultor na dependência de aquisição de produtos no mercado, demanda orientação técnica e exige mais cuidados com a segurança pessoal e familiar dos agricultores e aplicadores (MONIZ et al., 2003).

2.3.7.2.1 Método mecânico de manejo

Esse método consiste no uso de equipamentos que eliminam as plantas daninhas através do efeito físico, como por exemplo: rolo-faca, roçadora e grade. O uso desses equipamentos é comum, principalmente em pequenas propriedades, em que o emprego de outros métodos de controle é limitado pela falta de equipamentos e pela topografia do terreno. Em propriedades maiores, o uso do controle mecânico é consideravelmente reduzido pela necessidade de maior agilidade.

O uso do controle mecânico, devido ao baixo rendimento, requer um planejamento para evitar que a competição entre a cultura e as plantas daninhas resulte em redução do rendimento. Além disso, a eficiência do controle mecânico é variável, principalmente para espécies com fácil

enraizamento e com vários fluxos germinativos, além das limitações por fatores climáticos. Assim, esse método é muito dependente das características da espécie daninha a ser controlada e do uso correto do equipamento.

Antes de adotar o controle mecânico de plantas daninhas, o agricultor deve estar ciente da adequabilidade do método para controlar as espécies daninhas problema. Isso requer do agricultor, conhecimento sobre algumas características da espécie invasora envolvida; como a capacidade de enraizamento, profundidade do sistema radicular, hábito de crescimento e tipo de reprodução (KISSMANN, 2003). Essas características indicam qual o equipamento adequado e como operá-lo. Por exemplo: plantas daninhas que se multiplicam por rizomas e estolões podem ter seu número aumentado se o equipamento empregado fragmentar a planta.

Para plantas anuais e bienais, o controle mecânico é altamente eficiente, mas para plantas perenes que desenvolvem sistema radicular profundo, seu controle é dificultado. É importante, no entanto, que o equipamento esteja adequadamente ajustado para eliminar as plantas daninhas diagnosticadas, e trabalhando apenas a superfície do solo para evitar possíveis danos às raízes da cultura (FOSTER, 1991).

As principais vantagens do método mecânico são: economia, eficiência em solos secos de quebra de crostas que, eventualmente, se formam na superfície do solo, melhorando a aeração e infiltração da água. Como desvantagens citam-se a ineficiência no controle das invasoras das linhas da cultura, o dano ao sistema radicular da cultura que pode reduzir o estande e, em períodos chuvosos, é inoperante, ineficiente e favorece o processo erosivo (FOSTER, 1991; FLECK, 1992; SILVA et al., 1999).

a) Rolo-faca

O rolo faca é muito utilizado no SPD no manejo de plantas de cobertura e resíduos de culturas antecessoras. É um equipamento que realiza o corte de 50% das plantas de coberturas e os 50% restantes sofrem apenas o rompimento dos vasos condutores do caule, obstruindo a passagem da seiva, fazendo a planta perder energia e ter menor rebrote, retardando sua decomposição (FURLANI et al., 2007).

O uso correto do rolo-faca promove o acamamento da biomassa, formando uma cama de semeadura que permite o trabalho adequado das semeadoras, evitando o acúmulo de palha na semeadora (embuchamento). O rolo-faca fragmenta menos a cobertura, apenas amplia o seu contato com o solo, aumentando a longevidade da biomassa na proteção do solo, favorecendo a vida microbiana.

O rolo-faca proporciona menor fragmentação que os implementos das colhedoras, roçadoras e trituradores que picam a palha em pequenos fragmentos. Isso permite a ampliação do tempo de proteção do solo, além da escolha correta das espécies para cobertura (REIS et al., 2007). Isso permite que, em alguns casos, dependendo da infestação da área e da espécie adotada como cobertura, possa ser realizado cultivo sem uso de herbicidas (agroecológico). No entanto, é essencial

o conhecimento sobre a fisiologia da cobertura, para que a rolagem não induza a cobertura a competir com a cultura, por rebrote ou ressemeadura (ALMEIDA; RODRIGUES, 1985).

O resultado do manejo do rolo-faca destaca-se dos demais métodos mecânicos pela eficiência na inibição da germinação de invasoras e pela manutenção da umidade do solo por mais tempo, favorecendo a vida de microrganismos no solo. Além de ser uma operação relativamente fácil, em que a força de tração adotada é pequena e não interfere na qualidade dos resultados.

O uso do rolo-faca é restrito, apenas, quando tracionado por animais ou tratores de pequeno porte (Figura 35), especialmente em áreas declivosas e pedregosas, uma vez que não possui sistema de freios e apenas com freio motor. Nessa situação, o risco de atropelamento do animal (quando for o caso) ou tombamento (tração mecânica) é iminente. Em áreas declivosas, deve-se utilizar rolo-faca com centro de gravidade mais baixo, ou seja, rolo com diâmetro menor. O manejo de algumas poáceas (aveia, centeio, triticale) pode ser realizado com rolo de madeira (tronco roliço), devendo ser observado que a espécie de cobertura se encontre no estágio de grão leitoso, momento em que essas espécies são mais susceptíveis a quebras em função do teor mais elevado de lignina.

Figura 35 – Rolos-faca de tração animal (a) e (b) e tração mecânica (c) e (d).



Fonte: Site da Trevisan Equipamentos Agroindustriais e para Aquicultura. 2013. Disponível em: <<http://www.trevisan.ind.br/agricultura>>. Acesso em: 6 jun. 2015.

b) Roçadoras

As roçadoras são os equipamentos mais utilizados no manejo e controle de plantas de cobertura e de plantas daninhas. São providos de facas que cortam as plantas daninhas nos mais diferentes estádios de desenvolvimento. As mais utilizadas no cultivo de grãos em SPD são aquelas acopladas no sistema de levante hidráulico do trator, por três pontos (PETTO NETO, 1991). São de fácil manobra e muito ágeis em operações em pequenos espaços, principalmente em bordaduras de lavouras e beira de estradas.

A **roçadora horizontal** promove o acúmulo da palha em faixas (enleiramento), de forma irregular, o que dificulta a operação de semeadura, pois dificulta a regulação dos componentes de distribuição de sementes e o conjunto de corte; em uma passada se posiciona sobre a leira, demandando maior pressão para o corte e, em outra, pode ficar sobre o solo desprotegido, depositando as sementes em profundidade superiores às adequadas para uma boa germinação. Além disso, nas áreas com pouca palha, é frequente a ocorrência de maior infestação de plantas daninhas. Para reduzir os efeitos negativos do enleiramento, os agricultores realizam o repasse sobre o mesmo na direção contrária à da roçadora. Isso reduz um pouco o efeito negativo na semeadura, mas não elimina totalmente o problema.

As roçadoras são muito utilizadas para corrigir problemas resultantes do ajuste inadequado do picador de palhas da colhedora, que levam, na sequência, ao embuchamento da semeadora, pois esta passa sobre a leira da biomassa acumulada pelo trabalho inadequado da colhedora (CASÃO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2006).

Roçadora rotativa ou triturador, também conhecida como triturador de palha, é um equipamento relativamente pesado, acoplado ao engate nos três pontos do trator e que demanda força de tração superior a 90 cv. A potência demandada por cada equipamento é definida pelo peso e largura de trabalho dos modelos escolhido.

Uma das grandes desvantagens do triturador está na fragmentação excessiva da cobertura vegetal, que aumenta a velocidade de decomposição da biomassa e reduz a proteção do solo. É muito utilizado para corrigir imperfeições de cobertura vegetal promovidas por falhas na regulação das colhedoras, que formam leiras de palhas e prejudicam a qualidade de semeadura. Apresenta custo elevado e baixo rendimento em função do seu lento deslocamento (de 4 a 5 km por hora). Esse tipo de roçadora apresenta uso restrito em áreas com pedras e tocos, por ser muito sensível em termos de balanceamento, o que podem provocar a quebra de facas.

c) Grade niveladora

Embora não recomendada para uso no SPD, os agricultores utilizam a grade niveladora no manejo da vegetação ou no rebaixamento de restos culturais de milho. Sua principal função é abaixar a altura da biomassa e proporcionar melhor germinação da cultura semeada. Para que esse trabalho seja feito de modo adequado, a grade deve ser travada na mínima abertura reguladora de corte. Com isso, a vegetação é cortada em fragmentos maiores que 20 cm, de modo que não comprometem a proteção superficial e a agregação do solo, porque apenas realiza um leve revolvimento. Esse procedimento permite ampliar o contato solo/semente na semeadura a lanço de espécies invernais para cobertura do solo.

No comércio existem disponíveis para a venda grades em **V** e em **X** (Figura 36). Grades em V, em geral, são de arrasto, e seu acoplamento é feito na barra de tração do trator. Em função da menor agilidade nas manobras, costumam promover uma mobilização maior do solo. As grades em X são normalmente de engate aos três pontos do trator e mais ágeis nas manobras, o que permite realizar trabalhos em áreas pequenas e com menor grau de mobilização do solo. Destaca-se, ainda, o tipo de discos existentes: os discos dentados ampliam a mobilização, enquanto os discos lisos promovem menos danos ao solo.

Figura 36 – Grades niveladoras de arrasto (a) e de engate aos três pontos do trator (b).



Fonte: Site da CAMPO NOVO – Indústria e Comércio de Implementos Agrícolas Ltda. Disponível em: <<http://www.camponovo.ind.br/>>. Acesso em: 6 jun. 2015.

2.3.7.2.2 Método cultural de manejo

O método cultural caracteriza-se pela utilização de espécies cultivadas com maior poder de competição com as invasoras, o que pode ocorrer por precocidade ou capacidade vegetativa, além do planejamento do arranjo espacial, igualmente importante nesse processo. Alguns procedimentos do método cultural para manejo de plantas daninhas estão descritos a seguir (OVEREJO; CHRISTOFFOLETI, 2003):

- utilização de espécies e cultivares mais competitivas;
- opção por cultivares com melhor adaptação à região;
- eliminação ou redução dos períodos de pousios ou janelas entre cultivos;
- uso de materiais orgânicos somente de fonte conhecida, evitando-se materiais oriundos de áreas infestadas com plantas daninhas;
- uso regular de cobertura morta;
- adequação do arranjo espacial em função da época de semeadura;
- uso de sementes certificadas;
- realizar a limpeza dos equipamentos quando passar de um talhão para outro;
- utilização de quebra ventos;

- manutenção de beira de estrada e bordas dos campos de produção para inibir a multiplicação de sementes;
- uso de plantas com efeitos alelopáticos positivos na escolha de culturas para a rotação;
- optar por plantas de cobertura com maior produção de matéria seca e maior relação C/N; entre outras.

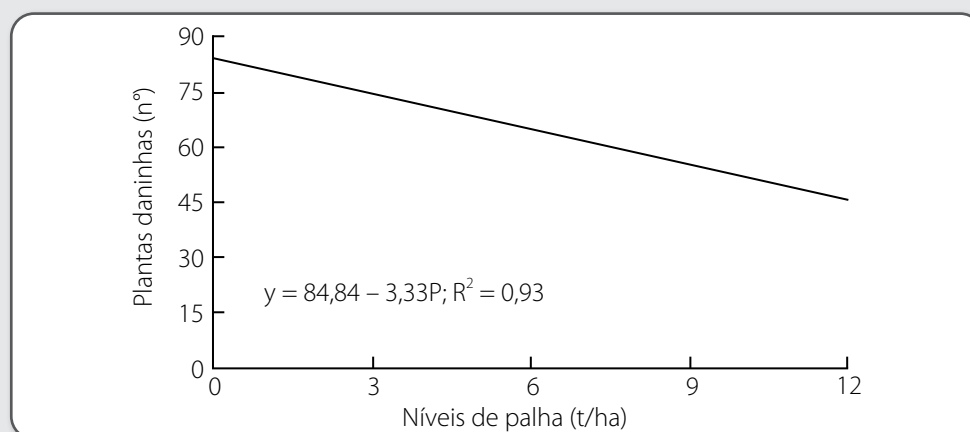
Supressão e alelopátia por plantas de cobertura

A cobertura morta pode controlar o desenvolvimento de plantas daninhas pelo seu efeito físico e, provavelmente, pelo efeito químico. A palhada atua sobre a passagem de luz, temperatura e umidade do solo. Outras possibilidades são os efeitos alelopáticos da decomposição da fitomassa ou exsudação das raízes, os quais liberam substâncias que vão exercer algum tipo de efeito inibitório nas sementes, impedindo a germinação das mesmas, ou nas plantas, interferindo em alguma fase do seu desenvolvimento (TOKURA; NOBREGA, 2006; VIDAL; TREZZI, 2004). Assim, o crescimento é retardado ou paralisado, havendo casos em que ocorre a morte da planta daninha.

Em culturas como soja, feijão e milho semeadas em SPD sobre densa cobertura morta, de lenta decomposição e com ação alelopática, há possibilidade de reduzir, ou até mesmo dispensar, o uso de herbicidas (ALMEIDA; RODRIGUES, 1985). Restos culturais de aveia, centeio, nabo forrageiro e colza deixam o terreno mais limpo de plantas daninhas, após a colheita (ALMEIDA; RODRIGUES, 1985). Em área sob SPD com elevada quantidade de palha de aveia, podem ocorrer falhas no estabelecimento do milheto, provavelmente pelos efeitos alelopáticos da aveia (SANTEN et al, 1999).

Ao efeito físico também é atribuído papel importante no controle de plantas espontâneas. Fornarolli et al. (1998) observaram que as coberturas mortas influenciaram a redução da população da *Brachiaria plantaginea*, pois, onde havia 9,0 t ha⁻¹ de biomassa de cobertura e não foi aplicado o herbicida, ocorriam cinco plantas daninhas/m²; quando a quantidade era de 4,5 t ha⁻¹ de biomassa de cobertura, ocorriam 20 plantas daninhas/m²; já em solo desprovido de cobertura, ocorriam em torno de 700 plantas daninhas/m². Trabalho semelhante foi desenvolvido por Oliveira et al. (2001), cujos resultados são mostrados na Figura 37. A população total de plantas daninhas foi afetada significativamente pelos níveis de palha, independente da presença do herbicida e da época de avaliação. Para cada tonelada de palha adicionada, houve um controle de, aproximadamente, 4,0% no total de invasoras.

Figura 37 – Efeito dos níveis de palha sobre o número total de plantas daninhas.



Fonte: Adaptado de Oliveira et al., 2001.

O efeito físico ou alelopático das plantas de cobertura sobre invasoras é percebido durante o período de desenvolvimento, caso em que a ação alelopática é específica. Medeiros (1989) e Takabayashi; Velini (1997) verificaram esse efeito de cobertura, especialmente em leguminosas como a mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*), que exerceram forte e persistente ação inibitória sobre plantas daninhas. Segundo Fontanétti et al. (2004), o feijão-de-porco apresenta alta eficiência de controle na população de invasoras, mesmo em adensamentos reduzidos. Favero et al. (2000) verificaram que o feijão-de-porco é eficiente também na supressão de invasoras no início do ciclo, enquanto a mucuna preta é eficiente do início ao fim do ciclo.

A população das plantas daninhas reduz à medida que as coberturas se desenvolvem. Pesquisas mostram que as plantas de crescimento rasteiro, com hábito indeterminado, com caules e folhas mais próximos ao solo, como as mucunas, oferecem maior pressão de controle sobre as plantas daninhas, por apresentar maior capacidade de abafamento e agressividade, e reduz a população pela competição no crescimento, especialmente de luz (BOLIVAR; ALVARENGA, 2000).

Uma estratégia para reduzir o crescimento de plantas espontâneas pode ser a redução do espaçamento das plantas de cobertura, que aumenta a pressão de controle. Além disso, o sistema radicular melhor distribuído no volume de solo, melhora entre outras coisas, a rede de canálculos após a sua decomposição, importante para movimentação de água e ar no solo (CALEGARI, 1995). Com a redução do espaçamento das plantas, os caules tenderão a ser mais finos, e com isso, a decomposição dos mesmos poderá ser acelerada e deixar canais de infiltração. Monqueiro et al. (2009) citam espécies invernais como a aveia preta (*Avena strigosa*), centeio (*Cecalecereale*) e azevém (*Lolium multiflorum*) como de alta capacidade de supressão de invasoras, pelo seu efeito alelopático, competição por luz, água, oxigênio e nutrientes, atuando inclusive na redução do uso de herbicidas.

2.3.7.2.3 Método químico de manejo

Esse método é o mais utilizado na agricultura atual. Ele consiste no uso de herbicidas de amplo espectro para o manejo de plantas de cobertura, e seletivos para controlar plantas daninhas. O controle químico é importante principalmente em áreas com alta infestação de plantas daninhas, baixa disponibilidade de água e nutrientes, e quando o tempo disponível para o controle é reduzido, quer seja pelo tamanho da área ou falta de equipamentos adequados. Em grandes áreas, o controle químico é o método mais empregado, pela agilidade e eficiência, e sua adoção vem sendo influenciada pela falta de mão de obra para atender o crescimento da fronteira agrícola das últimas décadas (KARAN et al., 2010). Por outro lado, a eficiência desse método depende de conhecimento prévio sobre as invasoras e técnicas de aplicação, para que o objetivo seja alcançado. A eficiência é total quando a operação é realizada em condições favoráveis às especificações do produto e fisiologia da invasora em questão (RIZZARDI et al., 2001).

As principais vantagens do método químico são: eficiência; evita a competição de invasoras desde a implantação da cultura; permite controlar plantas daninhas em época chuvosa, quando o controle mecânico é impraticável; não causa danos às raízes da cultura; não revolve o solo; permite melhor distribuição de plantas da cultura econômica na área; controla as plantas daninhas na linha

da cultura alvo; e é operação rápida. Como desvantagem, citamos o custo geralmente mais elevado que os outros métodos; exigência de equipamentos adequados; risco de intoxicação ao homem e animais; poluição ambiente, além de poder deixar resíduos no solo e alimentos.

Os agricultores que adotam método químico devem ficar atentos às interações existentes entre a cultivar utilizada e o herbicida a ser aplicado, pois algumas apresentam sensibilidade a determinados herbicidas. Além disso, o uso de mistura de herbicidas pode aumentar o espectro de controle, baixar o custo do tratamento e reduzir a pressão de seleção, o que auxilia a evitar o surgimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas e reduz a quantidade de herbicidas inserida no ambiente. Entretanto, é necessário observar a legislação vigente sobre misturas de produtos.

Herbicidas

São substâncias químicas que realizam processo de seleção de populações de plantas, atuando com letalidade em umas, enquanto em outras apresenta seletividade. Atualmente, é a principal e mais eficiente ferramenta usada no controle de plantas daninhas e plantas de cobertura nas áreas em SPD.

Os herbicidas tem como vantagem a prevenção de infestações de plantas daninhas nos períodos críticos da cultura, determinante para a produtividade. Além disso, proporcionam flexibilidade na época de aplicação, principalmente para áreas extensas. Além de possibilitar a redução do tráfego de máquinas pela não mobilização, com redução de processos erosivos em solos susceptíveis. Além de apresentar ganhos de rendimentos operacionais em relação ao sistema convencional e favorecer a formação de cobertura morta, protetora do solo (TIMOSSI et al., 2011).

O herbicida pode elevar os custos iniciais no investimento, principalmente em áreas muito pequenas, enquanto em áreas de tamanho médio a grande, possibilita expectativa de ganhos no rendimento, pela não competição de plantas daninhas com as culturas. Herbicidas pré ou pós-emergentes, quando combinados com as práticas de manejo (manejo integrado), pode proporcionar vantagem competitiva das culturas nos estádios iniciais e até mesmo durante todo o ciclo da cultura.

Apesar de questões ambientais, podemos citar as principais vantagens no uso de herbicidas no controle de invasoras em culturas anuais e perenes: rapidez e rendimento operacional; baixa demanda de mão de obra e/ou horas/máquina; a manutenção do solo intacto, herbicidas pós-emergentes não afetam o sistema radicular das culturas; redução gradativa da infestação de espécies indesejáveis perenes e de propagação vegetativa; eficiência do controle pela não mobilização do solo onde a matéria seca das invasoras atua na proteção do solo (MATIELLO, 2012).

Mecanismos de ação

São várias as formas e critérios para constituir um agrupamento de herbicidas. No entanto, a observação do mecanismo de ação é a mais utilizada, pois permite a obtenção de um bom nível de

controle das plantas daninhas e evita problemas com a indução de genótipos à resistência. Assim, o planejamento é realizado pela semelhança do seu mecanismo de ação, conforme apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 – Principais grupos químicos de herbicidas comercializados no Brasil, classificados pelo seu mecanismo de ação.

Grupo A (inibidores da ACCase-Acetil CoA carboxilase)
Ariloxifenoxipropiônicos: quizalofop-p-ethyl, propaquizafop, fluozifop-p-butyl, haloxyfop-p-methyl, clodinafoppropargyl, cialofop-butyl, diclofop-methyl, fenoxaprop-p-ethyl. Ciclohexanodionas: butroxydim, alloxydim, clefoxydim, clethodim, talkoxydim, tepraloxym, sethoxydim, cicloxydim.
Grupo B (Inibidores da ALS – acetohidroxiácidosintase)
Sulfonilureias: chlorimuron-ethyl, etoxysulfuron, metsulfuron-methyl, flazasulfuron, pirasulfuron-ethyl, halosulfuron, nicosulfuron, oxasulfuron, foramsulfuron + iodosulfuron. Imidazolinonas: imazamox, imazethapyr, amazapic, imazquin, imazapyr. Triazolopirimidina: flumetsulam, diclosulan, chloransulan-methyl. Pirimidiloxibenzoatos: pyriithiobac-sodium, bispyribac-sodium.
Grupo C (Inibidores da fotossíntese – fotossistema II)
Grupo C1: Triazinas (atrazine, ametryne, cimazine, cyanazine, prometryne) e Triazinonas (metribuzin, hexazinone). Grupo C2: Ureias substituídas (diuron, linuron e tebuthiuron) e Amidas (propanil). Grupo C3: Benzotiadiazoles (bentazona).
Grupo D (Inibidores da fotossíntese – fotossistema I)
Bipiridilums: diquat, paraquat.
Grupo E (Inibidores da protox (PPO) – Protoporfirinogen oxidase)
Difeniléteres: acifluorfen-sodium, oxifluorfen, diclofop-methyl, fomesafen, lactofen. Ftalimidas: fumiclorac-pentil, flumioxazin. Oxadiazoles: oxadiazon. Triazolinone: sulfentrazone, carfentrazone, azafenedim.
Grupo F (Inibidores da biossíntese de caroteno - PDS)
Grupo F1 (Pyridazinone): norflurazon. Grupo F2 (Isoxazol): isoxaflutole. Tricetonas: mesatrione. Grupo F3 (Isoxazolidinona): clomazone.
Grupo G (Inibidores da EPSPs)
Derivados da glicina: glyphosate e sulphosate.
Grupo H (Inibidores da GS – Glutamina sintetase).
Ácidos fosfínicos: glufosinate.
Grupo K1 (Inibidores da formação dos microtubos)
Dinitroanilinas: trifluralin, pendimethalin, orizalin. Piridazinas: dithiopyr, thiazopyr. Ácidos benzoicos: DCPA.
Grupo K3 (Inibidores da divisão celular).
Cloroacetamidas: alachlor, metolachlor, acetochlor, butachlor e dimethanamid. Acetamidas: napropamide e diphenamid.
Grupo O (auxinas sintéticas).
Ácidos fenoxiacéticos: 2,4-D e MCPA. Ácidos benzoicos: dicamba. Piridinas: quinclorac. Ftalimidas: fluroxypyr, triclopyr, picloram.
Grupo Z (Desconhecidos).
Organoarsenais: MSMA, outros.

Fonte: Adaptado de Christoffoleti (HRAC-BR), 2003.

Cada família química de herbicidas pode conter um ou mais herbicidas diferentes (Quadro 10). No entanto, no momento da seleção do herbicida é importante identificar sua família química e seu mecanismo de ação.

Quadro 10 – Grupos químicos dos principais herbicidas comercializados no Brasil.

ACCase						PROTOX
Clodinafop	Caroteno	FOTOSSISTEMA (FS)				Acifluorfen
Diclofop	Clomazone	FSI		FS II		Fomesafen
Fenoxaprop	Isoxaflutole	Diquat	Ametryne	Diuron	Bentazon	Lactofen
Fluazifop	Norfluzaron	Paraquat	Atrazine	Linuron	Loxinil	Oxyfluorfen
Haloxifop	Mesotrione		Cymazine	Propanil		Flumioxazin
Propaquizafop			Prometrine	Tebuthiuron		Flumiclorac
Quizalofop			Simazine			Oxadiazon
Clefoxydin			Metribuzin			Sulfentrazone
Clethodin			Exazione			Carfentrazone
Sethoxydin						
Tepaloxidylin						
ALS		EPSPs	Divisão celular			Auxinas
Chlorimuron	Imazapic	Glyphosate	Raíz	Parte aérea		2,4 D
Halosulfuron	Imazamox	Sulfosate	Pendimethalin	Molinate	Acetochlor	Dicamba
Metsulfuron	Imazapyr		Trifluralin	Thiobencarb	Dimethenamid	Fluroxypyr
Nicosulfuron	Imazaquin	GLUTAMINA	Thiazopyr		Metolachlor	Picloran
Oxasulfuron	Imazethapyr	Amonoglufosinato				Triclopyr
Pyrazosulfuron	Cloransulam					Quinchlorac
Bispyribac	Diclosulan					
Azinsulfuron	Flumetsulam					
Pyriothiac	Flazasulfuron					
Iodosulfuron	Etoxisulfuron					
Foramsulfuron						

Fonte: Adaptado de Christoffoleti (HRAC-BR), 2003.

Seletividade

A característica seletiva dos herbicidas é uma das principais bases para o sucesso no controle de plantas daninhas em sistemas agrícolas e se refere à resposta ou à reação das espécies a um

determinado herbicida. Seletividade é um fator relativo, não absoluto, de modo que, quanto maior for a diferença de tolerância entre a espécie cultivada e a planta daninha, maior será a segurança na aplicação.

Os herbicidas seletivos apresentam diferentes níveis de toxicidade para as diferentes espécies, dentro de limites de doses, métodos de aplicação e condições ambientais. Existem herbicidas (fenoxiacarboxílicos) que exercem ação sobre espécies de folhas largas (*Fabáceas*); outros (dinitroanilinas) são mais eficientes no controle de espécies de folhas estreitas (*Poáceas*); uma terceira categoria tem ação de controle sobre ambas, mas não controlam plantas perenes.

A seletividade ou efeito seletivo é uma manifestação das interações entre planta, herbicida e o ambiente no qual a planta se desenvolve (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011). Por outro lado, falhas ou falta de observação do usuário na escolha do produto, época de aplicação, dose correta ou equipamento, podem anular as diferenças entre espécies tolerantes e susceptíveis, causando injúrias em ambas, por perdas da seletividade.

O tratamento seletivo é aquele realizado por um herbicida que atua com eficiência no controle das plantas indesejáveis (invasoras), sem que apresente efeitos fitotóxicos às plantas de interesse econômico (culturas) (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011). As espécies que não apresentam injúrias após sofrerem aplicações são consideradas tolerantes, e as injuriadas são as espécies susceptíveis. Assim, antes da realização de uma aplicação de qualquer herbicida, faz-se necessário um estudo detalhado sobre a dose adequada e o estágio de maior sensibilidade da espécie invasora ao ingrediente ativo (IA), fator importante para o êxito no controle. No caso da cultura, é importante conhecer o estágio fenológico que a mesma expressa maior grau de seletividade.

Pode-se relacionar a seletividade de posição em aplicações em pós-emergência, ou seja, a observação da seletividade da cultura em conjunto com cuidados na aplicação de herbicidas. Isso ocorre pelo nível de separação do produto (herbicida) dos tecidos sensíveis da espécie cultivada, através do qual se determina o percentual de acerto apenas no alvo (invasoras), com um mínimo permitido de contato de altas concentrações de produtos com os tecidos sensíveis da cultura (FRANCHINI et al., 2010). Para efetivação da seletividade parcial, uma prática indicada é a adoção da aplicação em jato dirigido, no qual pequena porção do produto tem contato apenas com partes menos sensíveis das culturas, principalmente caule e algumas folhas velhas (RAIMONDI et al., 2011). Ressalta-se que os herbicidas com registros no Mapa (Ministério da Agricultura e Pecuária), em geral, apresentam seletividade para as culturas para as quais são registrados (RODRIGUES; ALMEIDA, 1998; RODRIGUES, 1997).

Herbicidas indicados para o SPD

Os herbicidas indicados para o controle de plantas daninhas e plantas de cobertura em áreas cultivadas no SPD no Paraná são apresentados no Quadro 11.

A Agência de Defesa Agropecuária do Paraná (Adapar) disponibiliza informações, **atualizadas periodicamente**, sobre o cadastro de produtos que podem ser utilizados no estado. Portanto, o profissional habilitado para receitar tais produtos deve manter-se atualizado.

Quadro 11 – Principais herbicidas usados para dessecação de plantas de cobertura do solo em plantio direto.

Nome comum	Observações
Glifosato	Controla folhas estreitas e largas (anuais e perenes)
Glifosato potássico	Controla folhas estreitas e largas (anuais e perenes)
Paraquat	Controla folhas estreitas e largas em espécies anuais pouco desenvolvidas
Paraquat + diuron	Controla folhas estreitas e largas em espécies anuais pouco desenvolvidas
2,4-D amina ou ester	Controla folhas largas anuais.
Carfentrazona	Para controle de trapoeraba e corda de viola.

Fonte: Adaptado de Skora Neto, 2004.

Os herbicidas recomendados para o controle de plantas daninhas nas culturas do trigo, feijão, milho e soja em áreas cultivadas no SPD no Paraná são apresentados nos Quadros 12, 13, 14 e 15, respectivamente. Conforme normativa do Ministério da Agricultura, não é permitida a misturas em tanque de aplicação de diferentes produtos. As misturas descritas neste trabalho são produtos formulados pela indústria, vindo pronto em cada embalagem, portanto, prontas para o uso direto pelos agricultores.

Quadro 12 – Principais herbicidas recomendados para a cultura do trigo.

Nome comum	Observações
Pós-emergentes para controlar folhas largas	
2,4-D amina	Bom controle em folhas largas, porém apresenta deficiência em cipó-de-veado.
2,4-D ester	Bom controle em folhas largas, porém apresenta deficiência em cipó-de-veado.
Metsulfuron	Tem bom controle sobre nabiça, picão preto e orelha de urso, mas ação regular no controle de cipó-de-veado.
Pós-emergentes para o controle de folhas estreitas	
Clodinafop-propargyl + Cloquintocet-mexil	Utilizado para controlar aveia e azevém.
Diclofope	Utilizado para o controle de folhas estreitas (poáceas) em estágio fenológico de 2 – 4 folhas. Controle regular de aveia e azevém.

Fonte: Adaptado de Skora Neto, 2004.

Quadro 13 – Principais herbicidas recomendados para a cultura do feijão.

Nome comum	Observações
Pré-emergentes para controlar folhas estreitas	
Metolaclor	Aplicação com solo úmido, mas não usar em solos leves. Controla algumas folhas estreitas (poáceas) e algumas folhas largas (fabáceas). Tem boa ação sobre pé-de-galinha, trapoeraba e capim-colchão. Apresenta controle regular sobre capim marmelada em altas infestações.
Pendimetalina	Bons resultados são obtidos em aplicações com solo úmido.
Trifluralina	Bons resultados são obtidos em aplicações com solo úmido.
Pós-emergentes para o controle de folhas estreitas	
Cletodim	Obtêm-se bons resultados quando aplicados em poáceas com crescimento ativo, não aplicar quando as plantas apresentarem estresse por seca. As doses de aplicação variam em função da espécie e do tamanho das plantas daninhas.
Fenoxaprope	
Setoxidim	
Tepaloxidim	
Pós-emergentes para folhas largas	
Fomesafem	Aplicado com as ervas entre 2-4 folhas. Controla bem nabiça, poaia, erva-quente e amendoim bravo. Regular: picão preto e baixo em guanxuma. Exige intervalo de 90-150 dias entre a aplicação e semeadura de milho e sorgo.
Imazamoxi	Bom controle sobre amendoim bravo.
Dessecação antes da colheita	
Diquate	Aplicar na maturação fisiológica dos grãos. Usar 0,1% de adjuvante.
Glufosinato	Aplicar somente quando a cultura apresentar 70% das vagens secas.

Fonte: Adaptado de Skora Neto, 2004.

Quadro 14 – Principais herbicidas recomendados para a cultura do milho.

Nome comum	Observações
Pré-emergentes para controlar folhas estreitas	
Isoxaflutol	Aplicação com solo úmido. Recomendado para solo médio e argiloso.
Metolacoloro	Aplicação com solo úmido. Bom controle de pé-de-galinha, capim-colchão e trapoeraba. Controle regular de capim marmelada em altas infestações.
Pré-emergentes para controlar folhas largas	
Atrazina	Período residual longo. Persistência média de 6 meses.
Pré-emergentes para folhas largas e estreitas	
Atrazina + metolacoloro	Aplicação com solo úmido.
Atrazina + simazina	Aplicação com solo úmido.
Pós-emergentes para controle de folhas largas	
Atrazina + óleo	Período residual longo, persistência média de 6 meses.
Pós-emergentes para folhas largas e estreitas	
Furansulfurom + Iodosulfurom	Usar somente em cultivares recomendadas.
Imazapique + imazapir	Somente para cultivares recomendadas.
Nicossulfurom	Usar somente para cultivares que não apresentam sensibilidade.
Glufosinato	Produto não seletivo, usar somente em aplicações em jato dirigido.

Fonte: Adaptado de Skora Neto, 2005.

Quadro 15 – Principais herbicidas recomendados para a cultura da soja.

Nome comum	Observações
Pré-emergentes para controlar folhas estreitas	
Clomazona	Observar intervalo de 150 dias entre a aplicação e semeaduras de culturas de inverno. Controla folhas estreitas e algumas folhas largas.
Pendimetalina	Aplicação com solo úmido.
Trifluralina	Aplicação com solo úmido.
Metolacoloro	Aplicação com solo úmido. Bom controle de pé-de-galinha, capim-colchão e trapoeraba. Apresenta controle regular de capim marmelada em altas infestações.
Pré-emergentes para controlar folhas largas	
Imazaquim	Longo período residual. Intervalo de 300 dias entre aplicação e semeadura de milho.
Flumetsulam	Bom controle de nabiça, amendoim bravo, guanxuma e picão preto.
Flumioxazina	
Metribuzim	Não usar em solos arenosos com menos de 2% de matéria orgânica.
Sulfentrazone	Deficiente no controle de nabiças e picão preto.
Pós-emergentes para folhas estreitas	
Cletodim	Aplicar quando as poáceas apresentarem crescimento ativo, respeitando período que as plantas apresentam estresse por seca. As doses são variáveis em função das espécies e do tamanho das ervas.
Fenoxaprope	
Fluasifope	
Propaquizafope	
Quizalofope	
Setoxidim	
Pós-emergentes para controle de folhas largas	
Cloransulam	Bom controle em picão, nabiça e corda-de-viola.
Clorimurom	Controla bem picão, desmódio, nabiça, feijão-miudo. Deficiente no controle de amendoim-bravo, erva-quente, poaia e guanxuma.
Fomesafem	Deve ser aplicado com as ervas entre 2-4 folhas. Controla bem nabiça, poaia, erva-quente e amendoim bravo. Tem ação regular sobre picão preto, e baixo controle sobre guanxuma. Exige intervalo de 90-150 dias entre a aplicação e plantio de milho e sorgo.
Imazamoxi	Bom controle de amendoim-bravo.
Imazetapir	Bom controle de amendoim-bravo.
Lactofem	Aplicar com ervas na fase de 2-4 folhas. Controla bem nabiça, poaia e erva-quente.
Pós-emergentes para o controle de folhas estreitas e largas	
Fluazifop + fomesafen	Intervalo de 90-150 dias entre a aplicação e a semeadura de milho ou sorgo.

Fonte: Adaptado de Skora Neto, 2005.

Resistência de plantas a herbicidas

A resistência de plantas é a capacidade inerente de alguns biótipos, transmitida para seus descendentes, dentro de uma população, que a faz sobreviver e reproduzir meios de perpetuação, após ser exposto a uma dose de herbicida capaz de levar à morte uma população normal da mesma espécie (KISSMANN, 2003).

Para que haja ocorrência de biótipos dotados de resistência a um herbicida, há a necessidade de um condicionamento para uma alteração genética na população, resultante de uma pressão imposta por aplicações sucessivas de herbicida, em dose recomendada (CHRISTOFFOLETI; OVEJERO, 2003). Essa resistência pode ocorrer em diferentes níveis, quantificados pela GR_{50} , ou seja, dose em gramas de ingrediente ativo necessário por hectare para controlar 50% de controle ou redução do crescimento da planta daninha.

A resistência difere da tolerância, que é uma característica inata da espécie que sobrevive a aplicações em doses recomendadas de herbicidas, que seria suficiente para matar outras espécies. A tolerância a herbicidas é característica que pode existir na planta, mesmo que ela nunca tenha recebido qualquer dose do produto, assim como o é a suscetibilidade. Nessa situação (susceptibilidade), trata-se da incapacidade de suportar a ação do herbicida (CHRISTOFFOLETI et al., 2000).

Em caso de identificação da existência de biótipos resistentes, faz-se necessário a tomada de decisão em caráter emergencial, antes que o processo de seleção potencialize-se pela multiplicação de sementes a ponto de que a espécie resistente assuma o controle total da área. Nesse caso, para manter a baixa frequência da espécie, faz-se necessário integrar ações que apresente bons resultados na interrupção do processo. Entre as ações, destacam-se: rotação de culturas, adoção de método cultural de controle, implementação de métodos mecânicos e biológicos; no caso do método químico, deve-se realizar um planejamento de uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Esse conjunto de ações compõe uma prática eficiente de manejo de plantas daninha (SANTEN; CERQUEIRA, 1999).

2.3.7.2.4 Métodos integrados de manejo

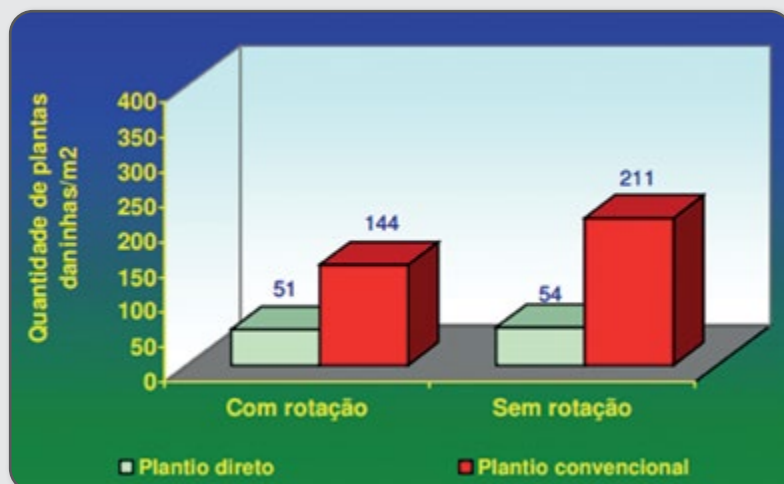
Historicamente, plantas daninhas foram controladas por métodos mecânicos rudimentares, às vezes com a integração de métodos culturais e biológicos, praticados de forma empírica. Com o advento do sistema plantio direto e a disponibilidade de herbicidas, o controle das plantas daninhas passaram a ser baseado no método químico, deixando de lado a importância de práticas preventivas, bem como dos estudos sobre a relação das plantas daninhas com as espécies cultivadas.

No caso do manejo integrado de plantas daninhas, trata-se da integração de esforços, através da adoção de diferentes métodos em busca de um índice de eficiência que um método isolado não pode proporcionar. Com a quebra do ciclo de reprodução de espécies invasoras que apresentam alguma forma de resistência, torna-se possível manter uma população de plantas daninhas em níveis aceitáveis de convivência (SKORA NETO, 2004). Quando há baixa infestação de plantas daninhas, ou seja, quando o número de plantas por m^2 oferece baixa intervenção competitiva sobre as culturas, é possível reduzir o uso de herbicidas a níveis muito pequenos. Em alguns casos, apenas com emprego de catação ou monda, é possível ser dispensado o controle químico, prática comum em agricultura familiar em algumas regiões do estado do Paraná (LANA et al., 2007).

Os métodos utilizados de modo integrado para o controle de plantas daninhas são os mesmos utilizados no controle de plantas daninhas e de plantas de cobertura. No entanto, a esses métodos também é associada à rotação de culturas.

A rotação de culturas é uma das principais práticas de integração de manejo, pela sua influência sobre as invasoras (Figura 38). É determinante como prática de controle de plantas daninhas sem herbicidas, atuando na redução da agressividade das ervas pela capacidade de supressão das culturas de rotação (PRIMAVESI, 1992).

Figura 38 – Avaliação da influência do manejo do solo e da rotação de culturas na ocorrência de plantas daninhas no trigo após seis anos de trabalho.



Fonte: Adaptado de Rüedell (FUNDACEP/BASF), 1995.

2.3.7.2.5 Método biológico de manejo

Os métodos biológicos de controle de plantas daninhas são definidos como a ação de fatores bióticos do ecossistema que regulam a instalação e crescimento de populações de plantas daninhas ou, de forma mais específica, como o uso de organismos vivos para matar, controlar o crescimento, a expansão ou reduzir a competitividade de plantas daninhas. Como exemplos podem ser citados: a competição, o amensalismo, a predação e o parasitismo. Esses fatores determinam o crescimento e dinâmica da população das espécies (PITELLI et al., 2014).

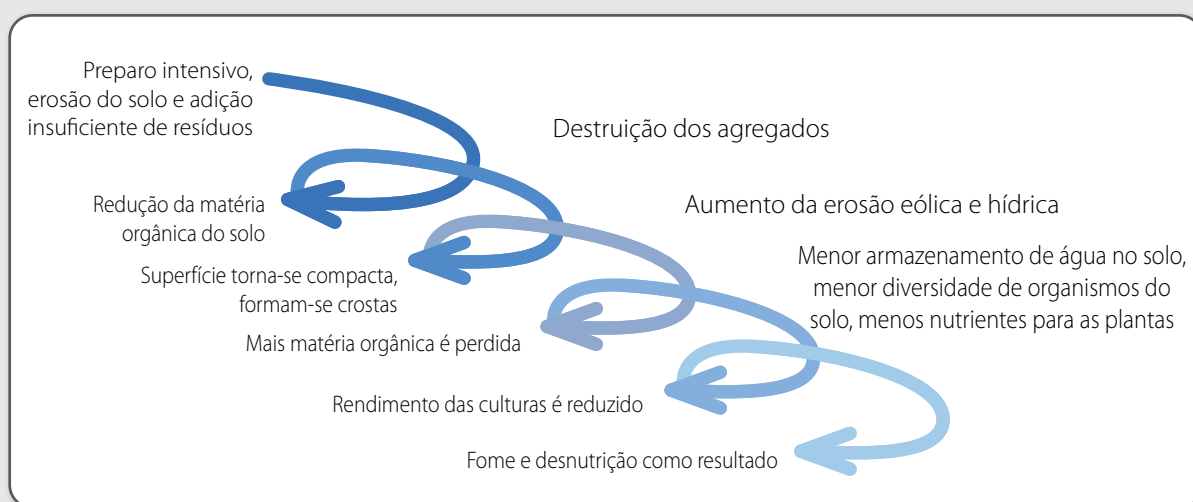
A competição entre as espécies cultivadas exerce forte pressão biótica não seletiva (PITELLI et al., 2014). Um cultivo que segue as recomendações de época de plantio, espaçamento e densidade adequados e cultivar adaptada, proporciona rápido sombreamento do solo, com poder de supressão do crescimento das plantas daninhas. A alelopatia é outra pressão biótica que reduz o crescimento das plantas daninhas, mas é pressão biótica seletiva, com efeitos conjuntos com a pressão competitiva ou com os efeitos físicos e biológicos de coberturas mortas. Contudo, a alelopatia promovida por resíduos de culturas é considerada como método cultural. Técnicas biológicas restringem às pressões promovidas por predadores e parasitas.

Os métodos biológicos são técnicas que, quando bem aplicadas, podem proporcionar alto nível de eficiência no manejo de comunidades de plantas indesejáveis. No entanto, são pouco utilizadas pela alta demanda de conhecimentos e rigor em sua aplicação.

3 PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DOS SOLOS E CONTROLE

Os processos de degradação dos solos são alterações que ocorrem nos atributos dos solos e que acarretam efeitos negativos sobre uma ou várias funções dos mesmos (como a perda de potencial produtivo), sobre a saúde humana ou sobre o meio ambiente (ISO 11074-1, 1/08/1996). A degradação dos solos cultivados com grãos ocorre mais comumente quando os níveis de erosão e o decréscimo da matéria orgânica do solo iniciam uma espiral descendente (Figura 39), resultando declínio da produção das culturas. Os solos tornam-se compactos, o que limita a infiltração de água e o desenvolvimento adequado das raízes. A erosão avança e os nutrientes declinam a níveis muito baixos, limitando o desenvolvimento adequado das culturas.

Figura 39 – A espiral descendente da degradação do solo.



Fonte: Adaptada de Topp et al., 1995.

Historicamente, a degradação dos solos causou danos significativos a muitas civilizações, principalmente a perda drástica de produtividade resultante da erosão do solo. Nos dias atuais, estima-se que a erosão tenha progredido o suficiente para diminuir os rendimentos em 36% de todos os solos agrícolas do mundo (FAO, 2011). O valor da perda anual das colheitas devido à degradação dos solos por erosão é de cerca de US\$ 1 bilhão. A erosão é um grande problema global, que rouba o alimento das pessoas e, a cada ano, reduz a produtividade das terras cultivadas.

Estudos recentes indicam que 33% dos solos mundiais têm sido degradados por meio de atividades humanas (FAO, 2011). Essas atividades incluem o uso inadequado de terras agrícolas, práticas inadequadas de manejo da água e do solo, desmatamento, remoção da vegetação natural, uso frequente de máquinas pesadas, excesso de pastagens, rotação incorreta de cultivos e práticas de irrigação inadequadas. Com o crescimento da população, que deve passar de nove bilhões de pessoas em 2050, haverá 60% de aumento na demanda por alimentos, o que só sobrecarregará mais ainda os recursos da terra.

3.1 EROSÃO DOS SOLOS

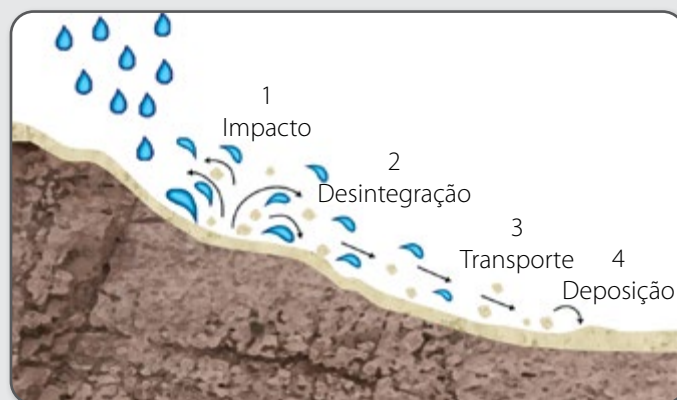
A erosão é um fator importante na degradação dos solos e causa efeitos sérios sobre as funções dos mesmos – tais como sua capacidade de atuar como amortecedor e filtro de poluentes, seu papel no ciclo da água e do nitrogênio e sua capacidade de providenciar habitat e sustentar a biodiversidade.

Erosão é o processo de desprendimento, transporte e deposição de partículas do solo, de matéria orgânica e de nutrientes dos vegetais, causado pela ação dos agentes erosivos, principalmente pela água em movimento e pelo vento (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). No estado do Paraná, o principal agente erosivo é a água das chuvas (erosão hídrica).

O processo de erosão hídrica se inicia quando as gotas de chuva atingem a superfície do solo desnudo e destroem os agregados da superfície. Quatro etapas podem ser distinguidas nesse processo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990) (Figura 40):

- 1ª) **impacto** das gotas de chuva sobre a superfície do solo descoberto;
- 2ª) **desintegração** dos agregados do solo em partículas, as quais obstruem poros e formam uma superfície selada;
- 3ª) salpicamento e **transporte** das partículas desprendidas pela água que escorre em superfície; e
- 4ª) **deposição** das partículas em algum lugar abaixo de sua origem, quando a velocidade do escoamento superficial de água é reduzida.

Figura 40 – As etapas do processo erosivo.



Fonte: Adaptado de Hudson, 1995.

O processo erosivo é considerado um dos piores fatores de degradação dos solos cultivados. Quando a erosão hídrica acontece, ela começa pelos horizontes superficiais (camada fértil), onde existe o acúmulo de matéria orgânica, essencial para a manutenção de muitos ecossistemas. Quando esses horizontes são perdidos pela erosão, os horizontes subsuperficiais são expostos (Figura 41) e, dependendo da sua composição química, podem ser impróprios para o desenvolvimento das

plantas. Com isso, fica difícil restaurar a área para a agricultura ou mesmo para recuperar a vegetação natural.

Figura 41 – Exposição do horizonte subsuperficial em função da remoção da camada superficial do solo pelo processo de erosão hídrica.



Fonte: NRCS, 2011.

Os problemas causados pela erosão hídrica do solo vão além da remoção da camada fértil. A emergência das culturas, o crescimento e a produção são diretamente afetados pela perda de nutrientes naturais e fertilizantes aplicados. As sementes e as plantas podem ser perturbadas ou completamente removidas pela erosão. A matéria orgânica do solo, resíduos e qualquer adubo aplicado são relativamente leves e podem ser facilmente transportados para fora da área, especialmente nos períodos de chuva. Os pesticidas também podem ser levados para fora do sistema com o solo erodido.

A qualidade do solo, estrutura, estabilidade e textura, podem ser afetadas pelas perdas de solo por erosão. O rompimento dos agregados e a remoção de partículas menores ou camadas inteiras de solo ou matéria orgânica pode enfraquecer a estrutura e até mesmo alterar a textura. Mudanças texturais e de matéria orgânica, por sua vez, podem afetar a capacidade de troca de cátions (CTC) e a capacidade de retenção de água do solo, tornando-o mais pobre e suscetível a condições extremas, tais como a secas.

Os impactos da erosão do solo causada pela água das chuvas vão além do ponto em que se iniciou o processo e nem sempre são percebidos. O solo erodido, depositado nas porções mais baixas das vertentes (Figura 42), inibe ou retarda a germinação de sementes, soterra pequenas mudas, o que acaba exigindo o replantio nas áreas afetadas. Além disso, os sedimentos podem se acumular nas áreas agrícolas à jusante e provocar danos às estradas.

Figura 42 – Solo erodido, depositado na porção mais baixa de área cultivada.



Fonte: Benassi, 2012.

Os sedimentos que atingem os córregos ou cursos de água podem acelerar a erosão das margens, obstruir canais de fluxo e de drenagem, preencher reservatórios (Figura 43), danificar o habitat de peixes e degradar a qualidade da água à jusante. Os pesticidas e fertilizantes muitas vezes transportados junto com o solo erodido, contaminam ou poluem as fontes de água, brejos e lagos à jusante. A gravidade dos impactos provocados no ambiente, além do ponto em que se iniciou o processo erosivo, justifica o controle mais amplo da poluição das terras agrícolas.

Figura 43 – Assoreamento de lagoa por solo erodido pela água das chuvas.



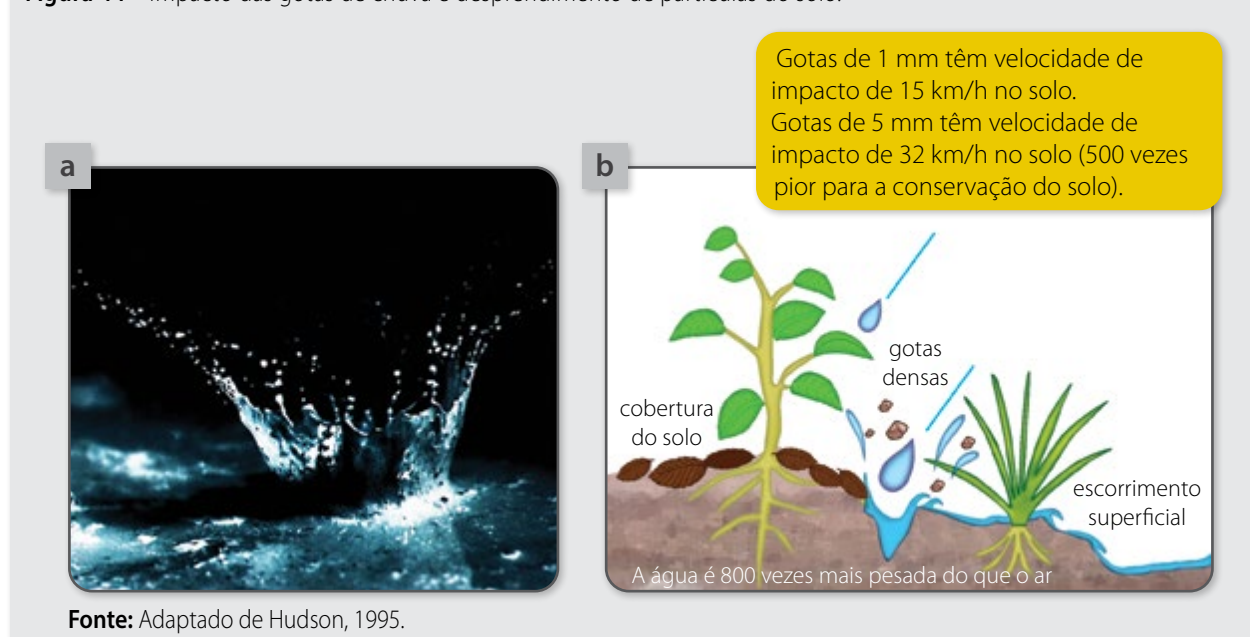
Fonte: NRCS, 2011a.

3.1.1 Fatores que influenciam a erosão

a) Chuvas

A chuva é considerada o principal agente da erosão do solo no Paraná. Sua ação se dá pelo impacto das gotas precipitadas sobre o solo (DERPSCH et al., 1991). As gotas atuam como bombas em miniatura, que golpeiam a superfície do solo, rompendo os grânulos e torrões de solo (Figura 44a), reduzindo-os a partículas menores, lançando-as para longe e, ainda, diminuindo a capacidade de infiltração de água no solo e aumentando a turbulência da água superficial (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Figura 44 – Impacto das gotas de chuva e desprendimento de partículas do solo.

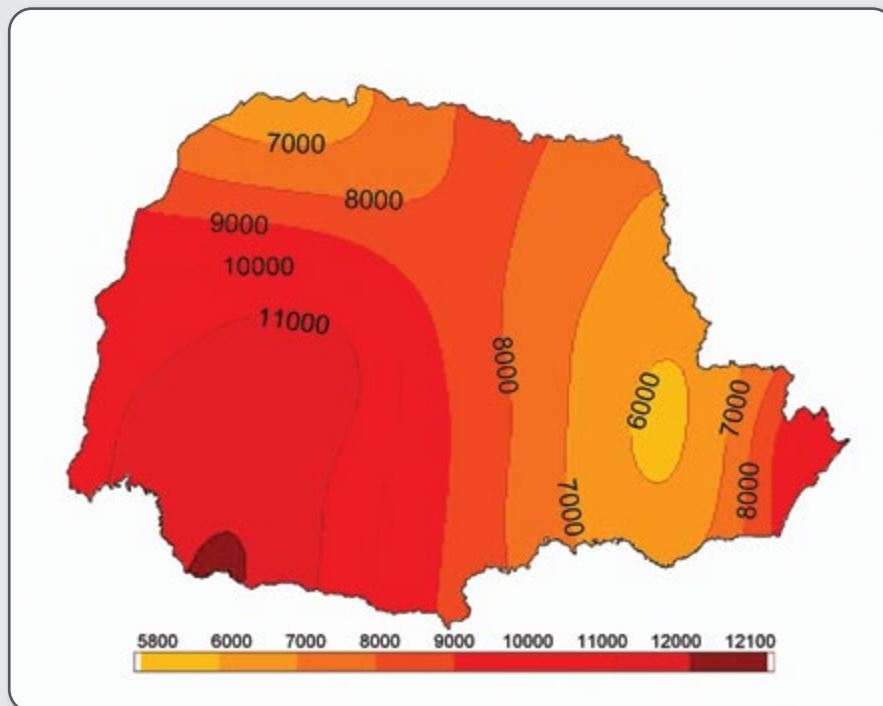


Em chuvas normais, as gotas variam de 1 a 7 milímetros de diâmetro e batem no solo a cerca de 30 km por hora (Figura 44b). O impacto de milhões de gotas de chuva que atingem a superfície do solo desprotegida pode ser incrível, desalojando as partículas do solo e salpicando-as de 3 a 5 metros de distância. Uma chuva pesada pode salpicar até 90 toneladas de solo por hectare. No entanto, a maior parte do solo salpicado não é imediatamente perdida a partir do ponto de impacto. A maior parte das partículas do solo salpicadas não deixa o local, pois elas obstruem os poros da superfície, o que por sua vez reduz a infiltração de água, aumenta o escoamento da água superficial e a erosão do solo.

A capacidade da chuva em provocar erosão é chamada **erosividade** (HUDSON, 1995). A erosividade pode ser determinada a partir de dados pluviométricos como a intensidade (mm/h), a duração (h) e a frequência (intervalo entre as chuvas), o que justifica a importância do conhecimento do regime pluviométrico para o planejamento conservacionista de qualquer região.

No Paraná, há mapas isoerodentes do estado disponíveis para consulta. Porém, o mais recentemente foi gerado por Waltrick (2010) e pode ser visualizado na Figura 45.

Figura 45 – Mapa isoerodente do estado do Paraná. Estimativa atualizada com dados de 1986 a 2008, valores médios anuais em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (mm/hectare/hora/ano).



Fonte: Waltrick, 2010.

No mapa isoerodente (Figura 45) podem ser observadas as regiões que apresentam as chuvas mais erosivas, conforme a escala de cores. Pode-se perceber que as regiões Sudoeste, Oeste e Litoral estão sujeitas à ação de chuvas mais erosivas, o que exige maiores cuidados no planejamento conservacionista dos solos cultivados.

b) Topografia

A topografia do terreno exerce acentuada influência sobre a erosão. Com relação à topografia, três características são importantes: **grau de declive**, **comprimento** e **forma da encosta** (ou vertente).

O **grau de declive** influi diretamente na velocidade da enxurrada (Quadro 16). Quanto maior a declividade do terreno, maior a velocidade da enxurrada e, conseqüentemente, maior sua força desagregadora e sua capacidade de transporte de partículas grandes. Nos solos de relevos mais planos, o excedente hídrico pode acumular-se sobre o solo por causa da dificuldade de escoar,

podendo ocasionar danos físicos (p.ex., saturação de água por longo período, maior facilidade de compactação). Nos solos que ocorrem em relevo pouco ondulado (3 a 8% de declividade), as enxurradas escorrem com baixa velocidade, portanto, com menor risco de erosão.

Quadro 16 – Valores aproximados da velocidade de escoamento da enxurrada.

Declividade do terreno	Cobertura vegetal da encosta		
	Floresta	Pastagem	Culturas anuais
%	----- metros/segundo -----		
0-4	0,30	0,45	0,60
4-10	0,60	0,90	1,20
10-15	1,00	1,20	1,50
15-20	1,20	1,50	1,70
20-25	1,40	1,60	1,80
25-30	1,50	1,80	1,90

Fonte: Bertoni; Lombardi Neto, 1990.

Em princípio, quanto maior a extensão livre da encosta, maior o volume e a velocidade da enxurrada, por conseguinte, de seu poder erosivo. O tamanho e a quantidade de partículas arrastadas pela enxurrada dependem do volume e da velocidade com que a água escoar sobre a superfície do solo, que estão diretamente relacionados com o **comprimento** livre da vertente. Um exemplo de efeito da extensão livre da encosta sobre o potencial de perdas de solos pode ser observado nos dados apresentados no Quadro 17. Por exemplo, nos 25 m finais de uma rampa de 100 m se perde quatro vezes mais solo que nos primeiros 25 m.

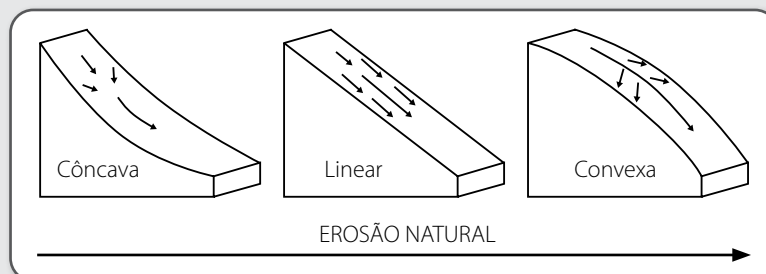
Quadro 17 – Efeito do comprimento de rampa nas perdas de solo. Médias na base de 1.300 mm de chuva e declives entre 6,5 e 7,5 %.

Comprimento de rampa	Média	Primeiros 25 m	Segundos 25 m	Terceiros 25 m	Quartos 25 m
m	t/ha				
25	13,9	13,9	--	--	--
50	19,9	13,9	25,9	--	--
75	26,2	13,9	25,9	38,8	--
100	32,5	13,9	25,9	38,8	51,4

Fonte: Bertoni; Lombardi Neto, 1990.

A **forma da encosta**, dependendo de seu perfil (inclinação) e de sua curvatura, tem grande influência na convergência e/ou divergência do escoamento superficial da água das chuvas (Figura 46).

Figura 46 – Influência da forma da encosta sobre o escoamento superficial.



Fonte: Adaptado de Resende et al., 1997.

As formas côncavas, predominantes nos solos mais jovens (como os neossolos e os cambissolos), favorecem a convergência, conseqüentemente, a retenção máxima de enxurradas; as convexas, predominantes nos mais velhos (como os latossolos), o contrário. Um resumo do efeito da forma da rampa sobre a erosão dos solos pode ser observado no Quadro 18.

Quadro 18 – Influência da forma da encosta sobre a erosão dos solos.

Côncava	Convexa
▪ Convergência das águas	▪ Divergência das águas
▪ Erosão mais localizada; tendência à formação de sulcos e voçorocas	▪ Erosão mais uniforme e laminar
▪ Espessura do “sólum” tende a ser desigual	▪ Espessura do “sólum” tende a ser uniforme
▪ Erosão e deposição	▪ Só erosão
▪ Sementes e nutrientes acumulam-se nas partes mais baixas	▪ Sementes e nutrientes são retirados do sistema
▪ Instabilidade maior é pela ausência de cobertura vegetal densa nas áreas de concentração d’água	▪ Instabilidade maior é pela concentração da água

Fonte: Adaptado de Resende et al., 1997.

c) Atributos do solo

Sob as mesmas condições, diferentes tipos de solo podem comportar-se de modo diverso em relação à erosão hídrica. Isso ocorre devido às diferenças entre os seus atributos. Por exemplo, solos profundos com boa permeabilidade e bem estruturados, desde que razoavelmente coerentes, são normalmente menos sujeitos à erosão hídrica. Solos mais rasos, compactados, com diferenças acentuadas de textura e estrutura entre as diversas camadas, sob as mesmas condições de clima e relevo, são mais sujeitos à erosão.

O termo **erodibilidade** refere-se à habilidade potencial do solo em resistir à erosão hídrica, governada pelas características e propriedades do solo.

A erodibilidade é a perda média de solo por unidade do fator erosividade quando o solo é mantido sem vegetação e sem prática de controle da erosão, em parcelas-padrão originalmente com 22,13 m de comprimento e 9% de declive.

A erodibilidade é o fator mais importante para a escolha de práticas conservacionistas, devido ao fato de refletir, para os diferentes solos, perdas variáveis quando sob mesmas condições de declive, comprimento de rampa, manejo e chuva.

Os fatores que afetam a erodibilidade dos solos são:

- **Constituintes mineralógicos**

Diferenças de erodibilidade encontradas em solos não podem ser atribuídas apenas ao conteúdo de argila, mas também à natureza do mineral constituinte. Solos com argilas do tipo 2:1 expansivas são, normalmente, menos resistentes ao impacto da gota de chuva do que solos caulíníticos (tipo 1:1) com óxidos de ferro e alumínio (FERREIRA et al., 1999).

- **Matéria orgânica do solo**

O teor de matéria orgânica do solo tem grande relação com sua erodibilidade. A matéria orgânica tem efeito na estruturação dos solos e formação dos agregados. Nos solos mais ricos em matéria orgânica, a capacidade de aglutinação de partículas do solo é maior, aumentando sua capacidade de retenção de água e infiltração. A matéria orgânica da superfície do solo ajuda sobremaneira a evitar a desagregação e o deslocamento de partículas, evitando assim erosão pronunciada (RESENDE et al., 1997). A erodibilidade do solo tende a diminuir apreciavelmente com o aumento do teor de matéria orgânica. Contudo, em solos que apresentam elevada porcentagem de argila, pequenas variações no teor de matéria orgânica não influenciam tanto a erodibilidade (TROEH et al., 1980).

- **Textura do solo**

As partículas do solo não são igualmente deslocadas pelas águas da chuva no processo erosivo. As **partículas maiores** (fração areia) são facilmente desagregadas em um solo arenoso ou de textura média, porém resistem mais à remoção, pois requerem maior velocidade da enxurrada para serem transportadas a longas distâncias, tendendo a se acumular na superfície do solo (RESENDE et al., 1997). As **partículas mais finas** (fração argila) são mais difíceis de serem desagregadas pelo impacto das gotas de chuva, mas podem ser facilmente transportadas pelas enxurradas a longas distâncias. Os **solos siltosos** são os mais facilmente erodíveis pela água, devido ao fato de as partículas de silte serem bastante grandes para ficarem bem aderidas entre si e suficientemente pequenas para serem transportadas rapidamente (BARUQUI; FERNANDES, 1985). Os teores de silte e areia muito fina estão entre os principais parâmetros responsáveis pela erodibilidade dos solos.

- **Estrutura do solo**

A estrutura desempenha um papel fundamental na erodibilidade do solo, influenciando a velocidade de infiltração, resistência à dispersão, deslocamento por salpico, abrasão e forças de transporte e escoamento superficial (SUAREZ DE CASTRO, 1980). A **estrutura granular**, quando

comparada às estruturas maciça, laminar e em blocos, apresenta erodibilidade menor. Por outro, os grânulos pequenos e muito pequenos, facilmente transportados pela água e provenientes da estrutura granular, se aproximam do formato de esfera e apresentam um mínimo de área exposta por unidade de volume, proporcionando baixa coerência entre eles e facilitando a ação da água e, conseqüentemente, o arraste das partículas (RESENDE et al., 1997). As placas de argilas silicatadas tendem a assumir um arranjo face a face (**estrutura em blocos**) conferindo ao sistema maior coesão e menor permeabilidade. Havendo teores substanciais de óxidos de alumínio (gibbsita), óxidos de ferro (hematita, goethita) e/ou matéria orgânica, a estrutura tende a se transformar de blocos para granular, com formato semelhante a esferas, reduzindo a coesão e aumentando a permeabilidade (RESENDE et al., 1997).

▪ **Permeabilidade e capacidade de armazenamento de água**

A permeabilidade do solo e a capacidade de armazenamento de água (normalmente, correlacionada com a espessura do perfil de solo) determinam a quantidade de enxurrada. As condições que mais comumente limitam a permeabilidade do solo são: **encrostamento superficial** causado pelo impacto das gotas de chuva ou pelo tráfego de máquinas e animais; **subsolos compactados ou adensados**; e **leitos rochosos**. Quanto mais próxima da superfície estiver a camada de impedimento físico, menor a quantidade de água necessária para saturar o solo e causar o início do escoamento.

O **tipo** e a **quantidade de material coloidal** do solo afetam acentuadamente a velocidade de infiltração. Por exemplo, solos ricos em material coloidal expansível, como as argilas 2:1, tendem a se expandir quando molhado, reduzindo o tamanho dos poros do solo, conseqüentemente, a capacidade de infiltração. Por essa razão, quanto maior a umidade do solo quando iniciam as chuvas, menor é a capacidade de infiltração nesses solos.

Nos **solos argilosos**, com menor macroporosidade, a capacidade de infiltração de água é menor, resultando em maior quantidade de enxurrada com maior potencial erosivo. Todavia, devido à maior força de coesão entre as partículas de argila, os solos argilosos oferecem maior resistência do que os arenosos ao fluxo de enxurrada. Em função da maior coerência entre as partículas, por conseguinte, menor facilidade de desagregação, quanto mais argilosos o solo, maior a tendência para que o tipo de erosão predominante seja laminar. Ao contrário, nos solos mais arenosos, tende a prevalecer a erosão em sulcos. Os **solos arenosos**, ricos em macroporos e muito permeáveis, durante uma chuva de pouca intensidade, podem absorver toda a água. Entretanto, por possuírem baixa proporção de partículas argilosas e matéria orgânica (elementos ligantes entre as partículas grandes), o escoamento das enxurradas, mesmo em pequena quantidade, pode causar o arrastamento de grande quantidade de solo, devido à baixa coerência entre as partículas.

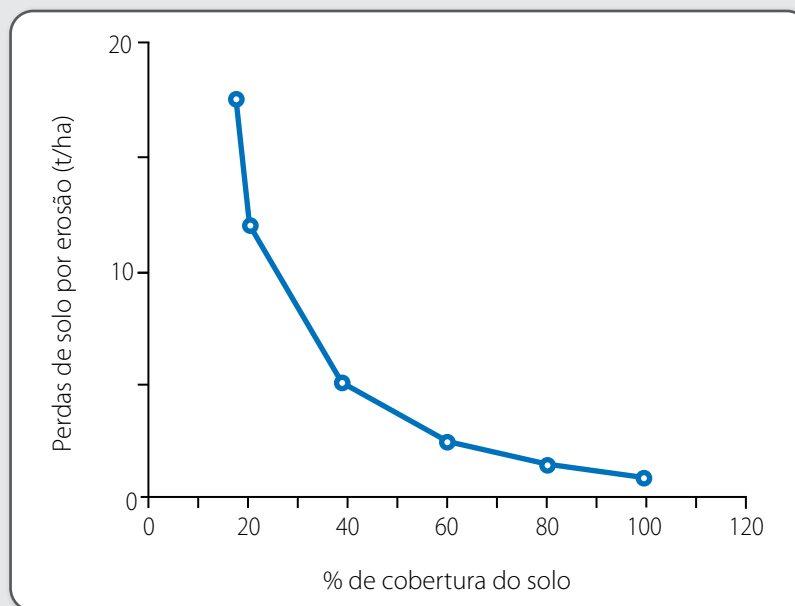
O **grau de agregação** do solo é outro fator que afeta a permeabilidade. Se as partículas mais finas estão bem agregadas, os espaços porosos entre elas são maiores, proporcionando maior velocidade de infiltração. Práticas de manejo do solo que propiciam maior agregação de suas partículas, como o cultivo mínimo, melhoram as condições estruturais, por conseguinte, a permeabilidade.

Quanto **menor for o gradiente textural** e maior for a permeabilidade dos horizontes do solo, maior sua capacidade de drenagem, menores os riscos de saturação e escoamento superficial das águas da chuva. Nessas circunstâncias, práticas mais intensivas de preparo do solo são menos nocivas à sua conservação. Solos com **elevado gradiente textural** entre camadas, como alguns Argissolos com mudança textural abrupta entre os horizontes A e B (p. ex. textura arenosa/argilosa), apresentam grandes diferenças de permeabilidade ao longo do perfil, por conseguinte, maiores riscos à erosão. Seus preparos devem ser em épocas menos chuvosas e com pequeno revolvimento de suas camadas.

d) Cobertura vegetal ou de resíduos vegetais sobre o solo

A cobertura vegetal é a defesa natural dos solos contra a erosão. Os efeitos benéficos da cobertura vegetal na redução de perdas de solo podem ser visualizados na Figura 47. Observe que à medida que aumenta o percentual da superfície do solo coberta com resíduos vegetais as perdas de solo por erosão são reduzidas. A cobertura de 40% da superfície do solo permitiu reduzir em cerca de quatro vezes as perdas de solo por erosão hídrica.

Figura 47 – Efeito da cobertura do solo na intensidade de erosão do solo.



Fonte: Adaptado de Pimentel; Kounang, 1998.

Os resíduos vegetais depositados sobre o solo e as copas das árvores impedem o impacto direto das gotas de chuva sobre os agregados do solo. Dessa forma, os agregados não são desintegrados em suas partículas básicas: areia, silte e argila, evitando o desencadeamento do processo erosivo. Além disso, a vegetação e os resíduos vegetais funcionam como obstáculos ao caminhamento de excedentes hídricos, reduzindo a velocidade da enxurrada.

Quando cai em um terreno coberto com vegetação, a gota de chuva se divide em inúmeras gotículas, diminuindo, também, sua energia de impacto. Somado a isso, a capacidade de transporte é reduzida porque os resíduos formam a série complexa de diques que reduzem a velocidade do

escorrimento. Em terreno descoberto, a gota de chuva faz desprender e salpicar as partículas de solo, que são facilmente transportadas pela água (Figura 48).

Figura 48 – Com ausência de cobertura, as gotas de chuva podem salpicar as partículas do solo até 60 cm de altura (a). A cobertura de resíduos amortece a queda das gotas de chuva e reduz ou elimina o salpicamento erosivo (b). Pequenos diques naturais são formados pela cobertura vegetal e causam o represamento do escoamento superficial (c). O sedimento é depositado nestas pequenas poças de água e permanece no campo.



Fonte: Adaptado de Derpsch et al., 1991.

A cobertura vegetal também reduz o encrostamento e o selamento da superfície do solo (Figura 49) e, por sua vez, induz o escoamento superficial.

Figura 49 – Encrostamento superficial do solo (a) e fragmento de crosta (b) provocados pelo impacto da gota de chuva em cambissolo háplico do município de Irati, PR.



Fonte: Giarola, 2011.

O escoamento superficial pode ser reduzido se a taxa de infiltração for mantida e se a superfície do solo permitir um tempo maior para a infiltração. Com o aumento do tempo de permanência das águas de escoamento sobre o terreno, as taxas de infiltração são maiores, diminuindo as perdas de água do sistema, reduzindo o poder erosivo da enxurrada. Esses efeitos são diretamente proporcionais à quantidade de biomassa acumulada, as quais dependem da produtividade do local e das práticas de manejo adotadas (Quadro 19).

Quadro 19 – Efeito do manejo dos resíduos vegetais sobre as perdas por erosão (declives entre 8,5 e 12,0% e precipitação média de 1.300 mm).

Tipo de manejo dos resíduos vegetais	Perdas de	
	Solo	Água
	t/ha	% da Chuva
Resíduos vegetais queimados	20,2	8,0
Resíduos vegetais incorporados ao solo	13,8	5,8
Resíduos vegetais sobre a superfície do solo	6,5	2,5

Fonte: Adaptado de Bertoni; Lombardi Neto, 1990.

Outro benefício da cobertura vegetal ou dos resíduos vegetais é a proteção da superfície do solo da incidência direta da radiação solar, reduzindo as perdas de água por evaporação, minimizando a amplitude térmica e hídrica do solo ao longo do ano. Com isso, a atividade de organismos do solo (micro, meso e macrofauna) é maior pelo aumento da disponibilidade de alimentos e do controle do efeito esterilizante e dessecante da radiação solar direta, melhorando as condições estruturais do solo.

A abundância e a distribuição de raízes nas camadas de solo influenciam na estruturação do solo. O efeito do sistema radicular sobre a formação e estabilização dos agregados ocorre por meio do aporte regular de matéria orgânica (oriunda da decomposição de raízes finas e, principalmente, da serapilheira), da ação física e química do sistema radicular (crescimento e exsudação de polissacarídeos) (GONÇALVES; MELLO, 2000) e pela proteção dos agregados das camadas superficiais do impacto direto das gotas de chuva (Figura 50).

No Quadro 20, pode-se observar o resultado da ação de diferentes tipos de coberturas vegetais nas perdas de solo e água pela erosão. Há considerável diferença entre as culturas quanto às quantidades de solo e água perdidas no processo de erosão, em função do comportamento das diferentes densidades de vegetação. Verifica-se uma relação direta entre as taxas de erosão e o tempo de cultivo, a cobertura do solo e o tipo de sistema radicular.

Figura 50 – Estrutura do solo de grau forte associada à ação de raízes e organismos do solo.



Fonte: Denardin; Kochhann, 2007.

Quadro 20 – Efeito do tipo de cobertura vegetal sobre as perdas de solo e água por erosão.

Tipo de cobertura vegetal	Perdas	
	Solo	Água
	t ha ⁻¹ ano ⁻¹	% da Chuva
Mata nativa	0,004	0,7
Reflorestamento	0,04	0,7
Pastagem	0,4	0,7
Cana	12,4	4,2
Algodão	26,6	7,2
Culturas agrícolas permanentes		
Café	0,9	1,1
Laranja	0,9	1,1
Banana	0,9	1,1
Culturas anuais (gramíneas)		
Milho	12,0	5,2
Trigo	10,0	--
Culturas anuais (leguminosas)		
Soja	20,1	6,9
Feijão	38,1	11,2

Fonte: Adaptado de Bertoni; Lombardi Neto, 1990.

e) Sistemas de preparo do solo

A forma de preparo do solo para o cultivo influencia o processo erosivo. Quando são adotados sistemas de preparo intensivos, pode-se provocar um distúrbio maior na estrutura, ocorrendo desagregação das camadas superficiais e compactação subsuperficial, o que facilita a ação erosiva das águas das chuvas (Quadro 21). Outra questão importante é limitar o número de operações em vez de mudar o tipo de implemento agrícola utilizado. Quando se utiliza um sistema de preparo com arado ou disco, em condições de solo seco, o número de operações de preparo não deve exceder a duas, pois o solo poderá ser pulverizado. Operações adicionais não mantêm cobertura de resíduos suficiente para o controle satisfatório da erosão hídrica.

Quadro 21 – Efeito dos sistemas de preparo do solo sobre as perdas de solo e água por erosão; médias na base de 1.300 mm de chuva e declive de 10,8%.

Sistema de preparo	Perdas	
	Solo	Água
	t/ha	% da Chuva
Duas operações	14,6	5,7
Uma operação	12,0	5,5
Escarificação	8,6	5,0

Fonte: Adaptado de Bertoni; Lombardi Neto, 1990.

Quando o cultivo é realizado em solo não revolvido – que possibilita a manutenção de grandes quantidades de resíduos vegetais sobre a superfície do solo – as taxas de perdas de solo por erosão podem ser reduzidas de 90 a 95%, em comparação ao cultivo realizado em solo desnudo, livre de resíduos.

3.1.2 Formas de erosão

A erosão causada pela água em movimento pode apresentar-se das seguintes formas: em entre sulcos, em sulcos e voçorocas (FOSTER, 1982). As três formas de erosão podem ocorrer simultaneamente no mesmo terreno. Essa classificação está dentro dos estádios correspondentes à progressiva concentração de enxurrada na superfície do terreno.

A erosão em entre sulcos é, às vezes, referida como erosão laminar (Figura 51). O processo é tal que finas camadas de solo são removidas da superfície do solo, uma após a outra, e a erosão não é claramente evidenciada por simples inspeção visual. Na erosão entre sulcos, os mecanismos de impacto das gotas da chuva na superfície do solo e o escoamento superficial são, conjuntamente, os responsáveis pelo desprendimento e transporte de sedimentos. É a forma menos notada e, portanto, a mais perigosa. Em processos erosivos mais avançados, além do abaixamento da superfície do solo, podem-se observar áreas de coloração mais clara, enxurrada de aspecto lodoso, decréscimo da produtividade e, finalmente, afloramentos das raízes das plantas perenes.

Figura 51 – Erosão em entre sulcos no município de Irati, Paraná.



Fonte: Benassi, 2012.

A erosão em sulcos (Figura 52) resulta da concentração do escoamento superficial produzido por uma chuva, ocasionando a formação de pequenos canais que podem ser facilmente desfeitos pelas práticas de cultivo. Foster (1982) caracterizou a erosão em sulcos quando a formação de sulco era com uma profundidade máxima de 300 mm.

Figura 52 – Erosão em sulcos no município de Irati, Paraná.



Fonte: Benassi, 2012.

Nas áreas de ocorrência da erosão em sulcos, predomina a ação erosiva decorrente da energia associada ao escoamento superficial concentrado, sendo a energia de impacto das gotas de chuva no desprendimento usualmente considerada desprezível. Além do seu papel no desprendimento de partículas do solo, o escoamento no sulco é também o principal agente de transporte.

As voçorocas (Figura 53) são a forma mais espetacular de erosão, ocasionada por grandes concentrações de enxurrada que passam, ano após ano, no mesmo sulco, que vai se ampliando pelo deslocamento de grandes massas de solo e formando grandes cavidades em extensão e profundidade. São de recuperação muito difícil.

Figura 53 – Voçoroca ativa em uma área de pastagem no município de Palmeira, Paraná.



Fonte: Nicolau, 2009.

3.1.3 Métodos de prevenção e controle da erosão

Há várias práticas que podem ser adotadas para evitar a ação da erosão nas lavouras. A seguir, serão descritas as mais eficientes para prevenir e controlar esse processo, mas a eficácia das mesmas só ocorrerá quando forem adotadas associadas.

3.1.3.1 Uso das terras conforme aptidão agrícola

O uso adequado da terra é o primeiro passo em direção à preservação do solo e à agricultura correta e sustentável. Para isso, deve-se empregar cada parcela de terra de acordo com a sua aptidão, capacidade de sustentação e produtividade econômica, de tal forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do ser humano para seu melhor uso e benefício, ao mesmo tempo que são preservadas para gerações futuras (RAMALHO FILHO; BEEK, 1995).

Para a definição das classes de aptidão de uso das glebas é importante considerar os seguintes fatores: proximidade dos recursos hídricos, declividade, drenagem, profundidade efetiva, pedregosidade, suscetibilidade à erosão e fertilidade dos solos. Com base nesses fatores é possível estabelecer, por exemplo, classes com aptidão: boa, regular ou restrita para culturas agrícolas, pastagens e reflorestamentos, bem como definir as áreas de preservação permanente e reserva legal. Fundamentais nesse planejamento são: a locação da rede viária e a definição das áreas finais de escoamento das enxurradas (canais vegetados, naturais ou construídos – resistentes à ação erosiva das águas).

3.1.3.2 Implantação de matas ciliares

O reflorestamento das matas ciliares com espécies nativas é fundamental para restaurar as condições estruturais e funcionais da bacia hidrográfica, tornando-a mais eficiente na preservação e restauração dos processos ecológicos básicos para a sustentabilidade, como os associados à absorção de água pelo solo e à ciclagem de nutrientes.

As matas ciliares elevam a absorção de água, contribuindo para o reabastecimento do solo e do lençol freático, responsável pela regularização e perenização da cadeia hídrica (nascentes, córregos, rios e riachos). Elas retêm as enxurradas que vêm das áreas de efetivo plantio, reduzindo a chegada de solo e de insumos agrícolas aos cursos d'água. Com isso, o assoreamento é menor e a qualidade da água é melhor, devido à manutenção das concentrações de nutrientes dentro de faixas normais (por exemplo, causando menor eutrofização em lagos) e à menor contaminação das águas com resíduos tóxicos da cadeia alimentar.

3.1.3.3 Uso de cobertura morta sobre o solo

Cobertura morta é qualquer camada de palha ou restos vegetais dispostos sobre o solo de modo a formar um revestimento na superfície do mesmo (Figura 54).

Figura 54 – Plantio direto de soja em resteva de trigo. Pantano Grande, Rio Grande do Sul.



Fonte: Backes, 2007.

A cobertura morta protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, faz diminuir o escoamento superficial e incorpora ao solo a matéria orgânica, dificultando a desagregação e o transporte pela água (DERPSCH et al., 1991). Também contribui para a conservação da água, devendo ser preconizada nas zonas de precipitações pouco abundantes, e diminui a temperatura do solo, reduzindo, as perdas por evapotranspiração. Com ela, evita-se o aquecimento excessivo do solo pelos raios solares diretos, propiciando, assim, condições de temperatura e umidade favoráveis à atividade biológica, além de contribuir para incorporar a matéria orgânica e os nutrientes ao solo e inibir o desenvolvimento de ervas daninhas.

As plantas de cobertura têm a capacidade de reciclar nutrientes, por seu profundo e exuberante sistema radicular que, decomposto, torna o solo leve e poroso, promovendo bom enraizamento do cultivo subsequente, funcionando como um verdadeiro “arado biológico”. Ainda cabe lembrar que as plantas de cobertura podem ser culturas comerciais, portanto, provedoras de renda adicional.

3.1.3.4 Uso de fertilizantes e corretivos

A manutenção e a restauração sistemática da fertilidade do solo, por meio de corretivos e adubos orgânicos ou minerais, proporcionam melhor desenvolvimento das plantas, portanto, cobertura vegetal do terreno mais rápida e abundante para proteção contra o processo erosivo, além de fornecimento e ciclagem de nutrientes.

3.1.3.5 Adoção de sistemas conservacionistas de cultivo

Na produção de grãos, o sistema de plantio influencia os custos de produção, os aspectos químicos, físicos e biológicos do solo, ciclos de nutrientes e na vida vegetal e dos microrganismos. Como os solos paranaenses estão sujeitos a chuvas muito erosivas e são vulneráveis aos processos de erosão, os sistemas conservacionistas de cultivo, como o sistema plantio direto e o cultivo mínimo, são fundamentais para alcançar a sustentabilidade no cultivo de grãos.

3.1.3.6 Rotação de culturas

A rotação de culturas é o cultivo alternado de diferentes espécies vegetais no mesmo local e na mesma estação do ano, seguindo-se um plano predefinido, de acordo com princípios básicos (SILVA, 2011; ALTIERI et al., 2003). A rotação, se utilizada de forma correta, é um investimento no solo, resultando em benefícios tanto no rendimento como na qualidade das culturas de grãos, além de equilibrar a fertilidade do solo e reduzir pragas, doenças e plantas espontâneas.

3.1.3.7 Consorciação de culturas

Entende-se por consorciação de culturas, o cultivo de duas ou mais espécies com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, exploradas concomitantemente na mesma área e em um mesmo período de tempo, sendo que não necessariamente tenham sido semeadas ao mesmo tempo (REZENDE et al., 2005; SILVA, 2011).

O sistema consorciado, em função das vantagens proporcionadas aos agricultores, pode constituir-se em uma tecnologia bastante aplicável e acessível, vindo a estabelecer-se como um sistema alternativo de cultivo, possibilitando um maior ganho, seja pelo efeito sinérgico ou compensatório de uma cultura sobre a outra, como também pelo menor impacto ambiental proporcionado, em relação à monocultura (REZENDE et al., 2003; SILVA, 2011).

O manejo de sistemas consorciados consiste basicamente no desenho de combinações espaciais e temporais de culturas em uma área. O arranjo das culturas no espaço pode ser feito na forma de sistemas tais como cultivo em faixas, cultivos mistos (sem arranjo definido em fileiras), parcelas em mosaico, cultivos em linhas alternadas e culturas de cobertura (ALTIERI et al., 2003).

De acordo com Altieri et al. (2003), algumas das características das culturas a serem consideradas para os sistemas consorciados incluem resposta a qualquer duração de fotoperíodo, maturação precoce e uniforme, baixa estatura, resistência a insetos e patógenos, resposta eficiente à fertilidade do solo e alto potencial produtivo. Em um sistema de consorciação, a competição entre plantas é maior pela luminosidade do que por água e nutrientes (PORTES, 1984; SILVA, 2011). O melhor resultado observado em cultivo consorciado pode conferir às espécies avaliadas a condição de plantas companheiras. Tal condição é denominada por Ceretta (1986) de cooperação mútua, na qual se tem um efeito benéfico entre as espécies e uma utilização máxima dos fatores de produção do meio.

O consórcio de adubos verdes é uma ótima opção para melhorar a cobertura do solo, promover o efeito benéfico no manejo de plantas espontâneas, aprimorar a eficiência na ciclagem de nutrientes (fornecendo nitrogênio e reciclando nutrientes) e na descompactação do solo (Figura 55) (SILVA, 2011; MEDEIROS; CALEGARI, 2007).

Figura 55 – Cobertura em consórcio de aveia preta + ervilhaca comum.



Fonte: Medeiros; Calegari (2007).

3.1.3.8 Cultivo em nível

Uma das formas de controle da erosão é a semeadura em nível, com terraceamento ou não dependendo do declive e do tipo de solo (Figura 56). Em uma área cultivada em nível, como as operações são feitas praticamente em nível, cada fileira de plantas, assim como pequenos sulcos, leiras e restos culturais deixados na superfície são dispostos de maneira que forma barreiras que dificultam o percurso livre da enxurrada, diminuindo sua velocidade e energia, aumentando, conseqüentemente, a infiltração da água no solo.

Figura 56 – Plantio de soja em nível no SPD no município de Maringá, Paraná.



Fonte: Issa (2005).

3.1.3.9 Terraceamento

O terraceamento se baseia no parcelamento das rampas e consiste na construção de terraços (Figura 57) no sentido transversal à declividade do terreno, formando obstáculos físicos capazes de reduzir a velocidade do escoamento, e disciplinarem o movimento da água sobre a superfície do terreno (PRUSKI, 2006).

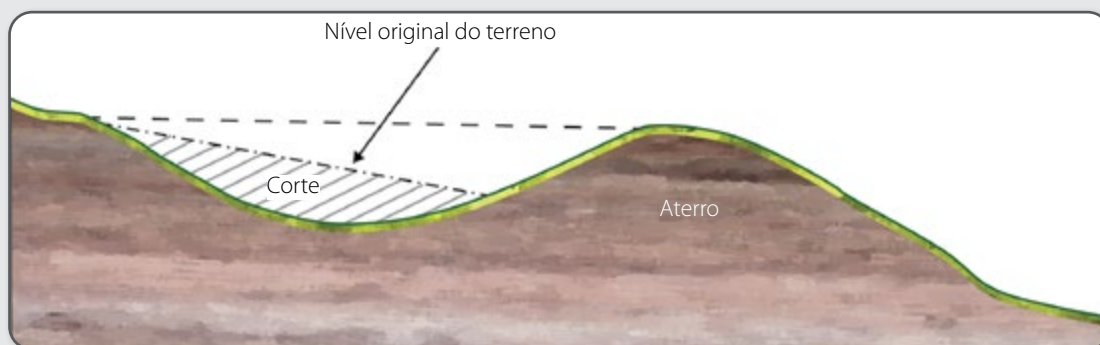
Figura 57 – Representação esquemática de uma área terraceada mostrando o parcelamento da rampa e a retenção das águas da enxurrada.



Fonte: Pruski; 2006.

Terraço é um conjunto formado pela combinação de um canal (valeta) e de um aterro ou camalhão (monte de terra ou dique) (Figura 58), construído a intervalos dimensionados, no sentido transversal ao declive, ou seja, construídos em nível ou com pequena inclinação (PRUSKI, 2006).

Figura 58 – Partes componentes de um terraço.



Fonte: Pruski; 2006.

Os terraços têm a finalidade de reter e infiltrar, ou escoar lentamente as águas provenientes da parcela do lançante imediatamente superior, de forma a minimizar o poder erosivo das enxurradas cortando o declive. O terraço permite a contenção de enxurradas, forçando a absorção da água da chuva pelo solo, ou a drenagem lenta e segura do excesso de água (PRUSKI, 2006).

Cada terraço protege a faixa que está logo abaixo dele, ao receber as águas da faixa que está acima (Figuras 59). O terraço pode reduzir as perdas de solo em até 70-80%, e de água em até 100%, desde que seja criteriosamente planejado (tipo, dimensionamento), executado (locado, construído) e conservado (limpos, reforçados). Embora apresente custo elevado (e que aumenta com a declividade), essa prática é necessária em muitas áreas agrícolas onde técnicas mais simples (como o plantio em nível, as culturas em faixas ou a rotação de culturas), por si só, não são suficientes para uma eficaz proteção do solo contra a erosão hídrica (PRUSKI, 2006).

Figura 59 – Vista parcial da água da enxurrada acumulada em um terraço em nível.



Fonte: NRCS, 2011b.

Nem todos os solos e declives podem ser terraceados com êxito. Nos solos pedregosos ou muito rasos, com subsolo adensado, é muito caro e difícil de manter um sistema de terraceamento. As dificuldades de construção e manutenção aumentam à medida que cresce a declividade do terreno. **O uso do terraceamento é recomendado para declives superiores a 3%, comprimentos de rampa maiores que 100 metros e topografia regular.**

A eficiência do sistema de terraceamento depende, também, da combinação de outras práticas complementares, como plantio em nível, rotação de culturas, controle das queimadas e manutenção de cobertura morta na superfície do solo. O custo de construção e manutenção de um sistema de terraceamento é relativamente alto. Por essa razão, antes de adoção dessa tecnologia, deve-se fazer um estudo criterioso das condições locais, como clima, solo, sistema de cultivo, culturas a serem implantadas, forma do relevo da área e equipamento disponível, para que se tenham segurança e eficiência no controle da erosão. Após vários anos, seu efeito se pode notar nas melhores produções das culturas, devido à conservação do solo e da água (PRUSKI, 2006).

3.2 COMPACTAÇÃO DOS SOLOS

A compactação é a consolidação física do solo pela aplicação de uma carga (força) que destrói a estrutura do solo, reduz a porosidade, limita a infiltração de água e ar, aumenta a resistência à

penetração das raízes e, frequentemente, promove a redução do rendimento das culturas. A maior parte dos agricultores está ciente do problema da compactação do solo, mas sua importância é, muitas vezes, subestimada.

Os efeitos da compactação na produtividade das culturas podem ser um fator significativo na economia agrícola de hoje. Solos compactados podem ter queda do rendimento das colheitas de até 50% devido à redução da aeração, aumento da resistência do solo à penetração das raízes, à má drenagem interna e à disponibilidade limitada de nutrientes para as plantas.

As mudanças recentes nas práticas agrícolas (como aumento do número de operações e tamanho de máquinas) tem favorecido a compactação do solo. A compactação mais limitante ao rendimento das culturas é causada pelo tráfego de equipamentos pesados, principalmente quando as operações são conduzidas em solos úmidos. A compactação também pode ser causada pelo pisoteio de animais.

3.2.1 Causas da compactação

A compactação é um processo que ocorre, inicialmente, quando as pressões exercidas pelo rodado dos pneus das máquinas agrícolas que circulam sobre o solo comprimem e aproximam os agregados ou as partículas individuais. O resultado é um solo denso, com poucos macroporos, com má drenagem interna e aeração limitada.

A compactação do solo tem várias causas e diferentes efeitos visíveis. A compactação pode ocorrer tanto na superfície como próximo da superfície do solo (compactação superficial, que inclui a formação de crostas superficiais, bem como o **pé de arado** ou o **pé de grade**), ou em maiores profundidades (compactação subsuperficial) (Figura 60).

Figura 60 – Plantas crescendo em: (a) solo com estrutura adequada para o cultivo; e (b) solo com os três tipos de compactação.



Fonte: Adaptado de Magdoff; Van Es, 2009.

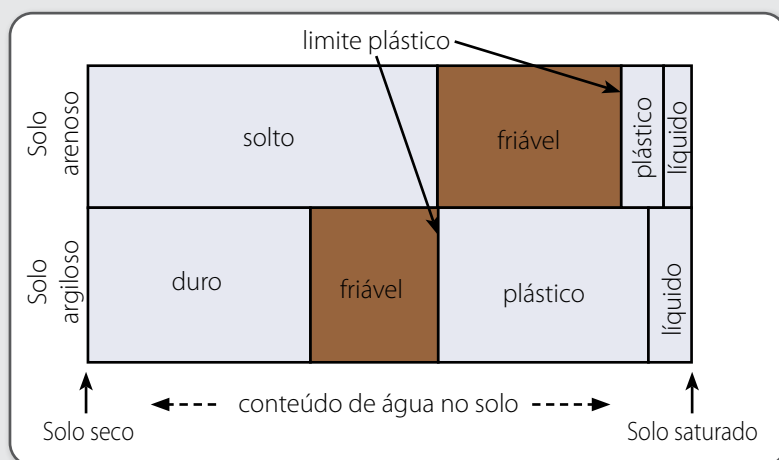
3.2.2 Compactação superficial

A compactação da camada arável ocorre nos solos agrícolas intensamente trabalhados. Resulta da perda de agregação do solo, que ocorre, normalmente, em função de três fatores: 1) erosão; 2) redução dos níveis de matéria orgânica; e 3) pressão exercida pelo peso dos equipamentos de campo. Os dois primeiros fatores são consequência de fornecimento reduzido de materiais agregantes (gomias) e uma subsequente perda de agregação.

As crostas superficiais ocorrem quando a superfície do solo está desprotegida e a energia das gotas de chuva dispersa os agregados úmidos, pulverizando-os, de modo que as partículas do solo formam uma fina camada superficial densa, que, quando seca, forma uma crosta dura. Quando o encrostamento ocorre logo após o plantio, pode atrasar ou impedir a emergência das plântulas. Mesmo quando o encrostamento não é severo o suficiente para limitar a germinação, este pode reduzir a infiltração de água. Solos com crostas superficiais são propensas a taxas muito elevadas de escoamento superficial e erosão.

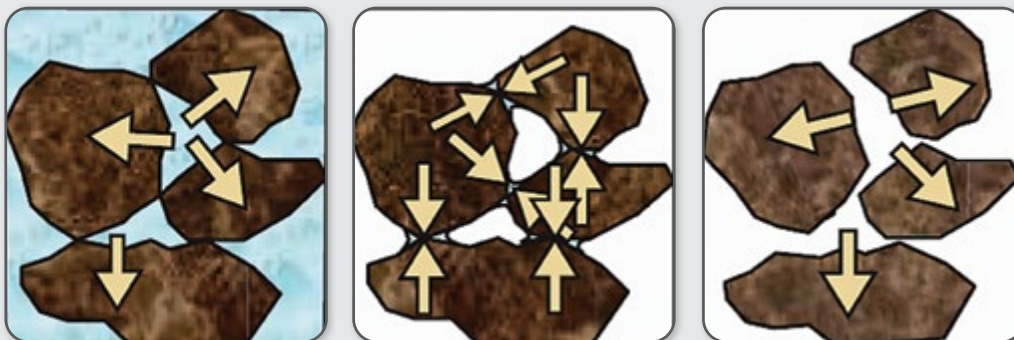
A compactação dos solos resultante do tráfego de equipamentos e implementos agrícolas pesados é, especialmente, prejudicial quando os solos estão úmidos. Essa combinação de fatores é a causa principal da compactação subsuperficial e uma das causas da compactação da camada arável. Para entender isso, precisamos saber um pouco sobre a consistência do solo, ou como o solo reage a forças externas. Com conteúdos muito elevados de água, um solo pode se comportar como um líquido (Figura 61, à direita), uma vez que apresenta pouca coesão interna entre as partículas (Figura 62, à esquerda). Em uma rampa declivosa, ele pode simplesmente fluir em função da força da gravidade, como ocorre nos deslizamentos de terra durante os períodos muito úmidos. Em conteúdos de água mais reduzidos, o solo apresenta um pouco mais de coesão (Figura 62, meio), mas ainda pode ser facilmente moldado e diz-se estar plástico (Figura 61). Ao continuar a secagem, o solo ficará friável e se quebrará em vez de se moldar sob pressão (Figura 61). **O solo friável é o melhor para o cultivo.**

Figura 61 – Estados de consistência do solo para solo arenoso e solo argiloso.



Fonte: Adaptado de Magdoff; Van Es, 2009.

Figura 62 – Nos solos saturados, a água presente nos poros afasta as partículas do solo (à esquerda). Os solos úmidos são firmes ou duros em função da aproximação das partículas promovida pela superfície curva da água que se forma nos pontos de contato. No solo seco, as partículas ficam soltas, devido à falta de coesão (à direita).



Fonte: Adaptado de Magdoff; Van Es, 2009.

O ponto entre a condição de solo plástico e friável – o chamado **limite de plasticidade** – possui implicações agrícolas importantes. Quando um solo está mais úmido do que o limite de plasticidade, pode ser compactado severamente quando mobilizado ou trafegado, porque os agregados do solo são comprimidos, e se forma uma massa densa e lubrificada. Essa compactação pode ser comprovada quando se vêem torrões grandes e brilhantes ou sulcos profundos de pneus em um campo. Quando o solo está friável (conteúdo de água abaixo do limite plástico), o mesmo se desintegra, quando cultivado, e os agregados resistem à compactação pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas. Assim, a susceptibilidade à compactação é influenciada pelo momento em que ocorrem as operações de campo, o qual está relacionado com as condições de umidade do solo.

A consistência de um solo é influenciada pela sua textura (Figura 61). Por exemplo: solos arenosos de textura grossa drenam rapidamente e, por sua vez, mudam rapidamente de plástico para friável. Solos francos e argilosos precisam de períodos de secagem mais longos para perderem água em quantidade suficiente para se tornarem friáveis. Esse tempo extra de secagem pode causar atrasos na programação das operações de campo.

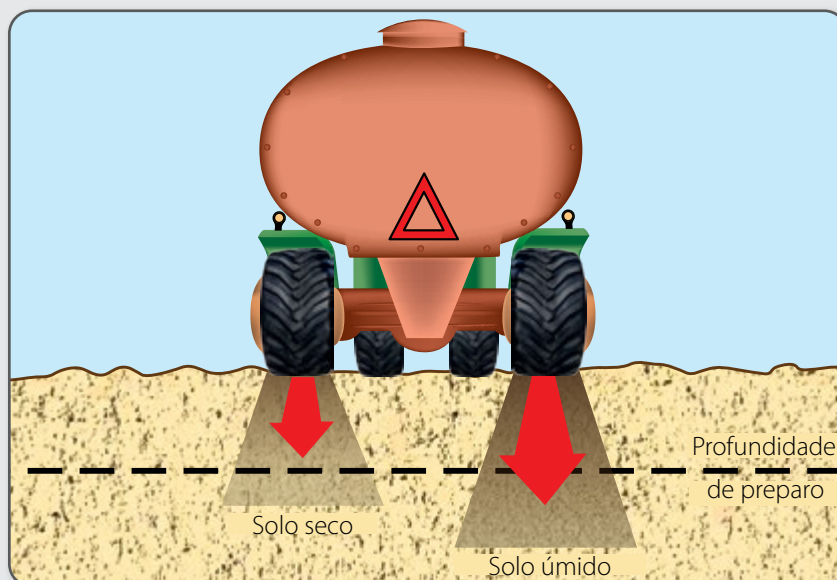
3.2.3 Compactação subsuperficial

O solo compactado abaixo da camada cultivada (camada arável) é, geralmente, chamado de pé de arado, embora não seja causado apenas pela ação do arado. O subsolo é facilmente compactado porque geralmente é mais úmido, mais denso, apresenta maior teor de argila, menor teor de matéria orgânica e é menos agregado do que o horizonte superficial. Além disso, o subsolo não é desagregado pelo preparo regular e não pode ser facilmente alterado com adições de materiais orgânicos, de modo que a compactação no subsolo é mais difícil de manejar.

A compactação subsuperficial resulta da aplicação de cargas diretamente sobre a superfície do solo ou da transferência de forças de compactação da superfície para as camadas mais profundas. A compactação subsuperficial ocorre quando os agricultores trafegam com veículos pesados que apresentem má distribuição de carga (peso).

A carga exercida sobre a superfície é transferida solo adentro em uma forma padrão do tipo cone (figura 63). Com o aumento da profundidade, a força de compactação é distribuída por uma área maior, reduzindo, assim, a pressão nas camadas mais profundas. Quando a força aplicada na superfície é pequena - por exemplo, por meio do pé ou pelo casco de animais – a pressão exercida abaixo da camada arável é mínima. Mas, quando a carga aplicada por equipamentos pesados é muito elevada, as pressões em profundidade são suficientes para causar considerável compactação do solo. Quando o solo está úmido, a força que causa a compactação próxima da superfície é mais facilmente transferida para o subsolo. Fica claro que a degradação severa dos subsolos pela compactação ocorre com a combinação de tráfego de veículos pesados e condições do solo úmido.

Figura 63 – Forças aplicadas por cargas pesadas durante o preparo do solo são transferidas para maiores profundidades no solo, principalmente quando o solo está úmido.



Fonte: Adaptado de Magdoff; Van Es, 2009.

Também podem ser aplicadas cargas diretas sobre o solo pela pressão de implementos de preparo, especialmente por arados ou discos, que pressionam o solo para baixo. Os arados causam compactação porque o peso do arado somado ao peso das leivas levantadas dos sulcos resulta em grandes forças descendentes. Os discos têm a maior parte do seu peso concentrado na parte inferior do mesmo e, por esse motivo, criam os *pans*. A compactação subsuperficial também pode ocorrer durante a aração com aiveca, quando um conjunto de rodas de tração é colocado no sulco aberto, de modo que se aplica a pressão da roda diretamente no solo abaixo da camada arada.

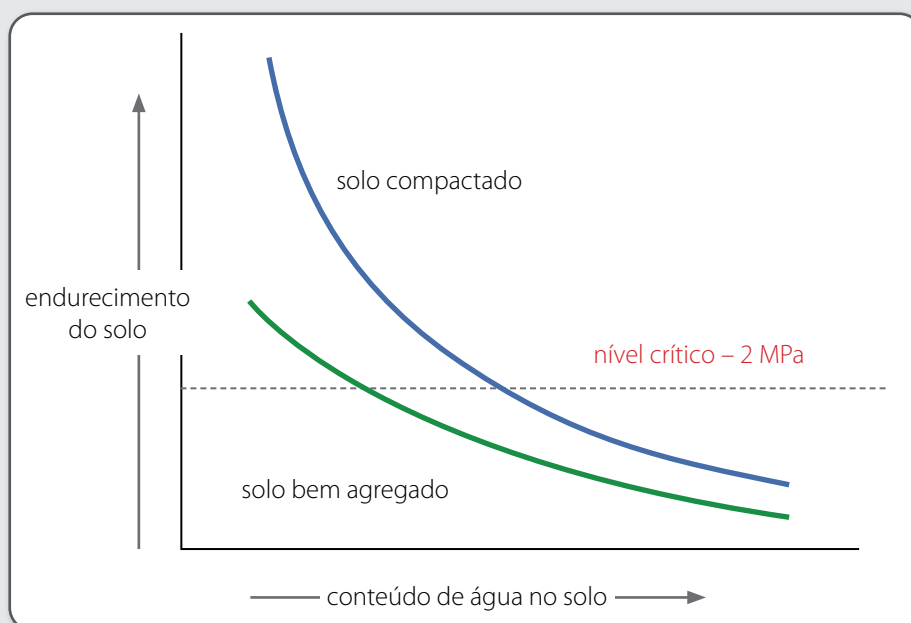
3.2.4 Consequências da compactação dos solos

Como a compactação pressiona o solo e promove aproximação das partículas, o solo torna-se denso e o espaço poroso é perdido. Os poros maiores são eliminados. A perda da agregação

a partir a compactação é prejudicial, principalmente, para os solos de textura fina e média, que dependem dos macroporos para que ocorram boa infiltração e percolação da água, bem como para a troca de gases com a atmosfera. Embora a compactação também possa danificar os solos de textura grossa, o impacto é menos grave. Esses solos dependem menos da agregação, porque os poros entre as partículas individuais são suficientemente grandes para permitir uma boa circulação do ar e da água.

Um solo compactado torna-se duro ao secar, porque contém muitos poros pequenos que podem armazenar água em altas sucções e tencionam firmemente as partículas. Isso pode restringir o crescimento das raízes e a atividade dos organismos do solo. Os solos compactados apresentam, normalmente, maior resistência à penetração em um determinado nível de umidade do solo do que um solo bem estruturado (Figura 64), que tem grandes poros entre agregados e que, portanto, podem ser facilmente separados. A resistência à penetração de um solo úmido e de boa qualidade estrutural geralmente se apresenta bem abaixo do nível crítico, onde o crescimento da raiz cessa para a maioria das culturas – 2 MPa de pressão ou 20 Bar (Figura 64).

Figura 64 – Durante o secamento, os solos compactados endurecem mais rapidamente do que os solos bem agregados.



Fonte: Adaptado de Magdoff; Van Es, 2009.

Quanto o solo seca, a sua resistência aumenta, mas em um solo de boa qualidade não excede o nível crítico para a maior parte (ou a totalidade) do intervalo de umidade. Um solo compactado, por outro lado, apresenta uma faixa muito estreita de conteúdo de água para o crescimento adequado das raízes (Figura 64). O solo apresenta aumento da resistência à penetração, mesmo na faixa úmida (o solo fica duro). Quando seca, um solo compactado endurece mais rápido do que um solo bem estruturado, tornando-se rapidamente tão resistente que alcança níveis bem acima do nível crítico de 2 MPa que restringe o crescimento das raízes.

As raízes que estão crescendo precisam de poros grandes com diâmetros superiores a 0,1 mm, tamanho da maior parte das extremidades das raízes. As raízes devem entrar no poro e ancorar-se antes de continuar o crescimento. Solos compactados que não têm ou têm poucos poros grandes não permitem que as plantas enraízem de modo eficiente, limitando, assim, o consumo de água e de nutrientes.

O que acontece quando o crescimento das raízes é limitado? O sistema radicular desenvolverá raízes curtas e grossas, e poucas raízes finas ou pelos radiculares. As poucas raízes grossas podem ser capazes de encontrar algumas zonas de fraqueza no solo, muitas vezes seguindo padrões tortuosos de crescimento. Essas raízes contêm tecidos espessos e não são eficientes para absorver água e nutrientes. Em muitos casos, as raízes não crescem abaixo da camada arada em direção ao subsolo. A penetração mais profunda de raízes é crítica, principalmente, na agricultura de sequeiro. A limitação do crescimento radicular profundo pela compactação do subsolo reduz o volume de solo a partir do qual as raízes das plantas podem extrair água e aumenta a probabilidade de perdas na produção quando ocorre estresse hídrico.

Além do volume reduzido de solo para as raízes explorarem também ocorre mais um efeito direto sobre o crescimento da planta. Um sistema radicular que encontra barreiras mecânicas envia um sinal hormonal para a parte aérea da planta, que, em seguida, diminui a respiração e o crescimento. Essa resposta da planta parece ser um mecanismo natural de sobrevivência, semelhante ao que ocorre quando as plantas passaram por estresse hídrico. Como os mesmos hormônios estão envolvidos – e também aumenta a resistência mecânica quando o solo seca –, é difícil separar o efeito da compactação daqueles decorrentes do estresse hídrico.

3.2.5 Monitoramento e avaliação da compactação

Atualmente, a compactação do solo é um assunto bastante debatido, mas exige acompanhamento adequado, para que se tenha um diagnóstico e o dimensionamento de sua real importância.

Inicialmente, deve-se organizar a propriedade por glebas de cultivo. Após análise das tendências de produtividade e caracterizado o decréscimo de produtividade, verificar se o mesmo não foi causado por problemas climáticos, pragas e/ou doenças, deficiências de nutrientes, acidez do solo, exigências termo-fotoperiódicas das cultivares, além de outras. Excluídas essas possibilidades, a melhor maneira de se verificar o efeito da compactação sobre o desenvolvimento das plantas é através de um diagnóstico que deve ser relacionado aos dados de resistência do solo (profundidade, intensidade e umidade), obtidos com auxílio de um penetrômetro.

Os penetrômetros convencionais são constituídos de uma haste com um cone na extremidade inferior e um dinamômetro, na superior (Figura 65). À medida que o operador empurra o conjunto contra o solo, a resistência do solo à penetração é registrada no dinamômetro (TORRES; SARAIVA, 1999).

Figura 65 – Exemplo de penetrômetro eletrônicos de campo.



Fonte: Giarola, 2013.

A resistência do solo ao penetrômetro é um índice integrado pela compactação do solo, conteúdo de umidade, textura, tipo de argila e dos outros minerais que constituem o solo. Portanto, é uma determinação muito relacionada com o estado de consistência e estrutura do solo. As medidas para avaliar o impedimento mecânico no solo são assumidas como sendo a quantidade de pressão que os penetrômetros exercem ao penetrarem através do solo. Os resultados normalmente são expressos em kgf/cm^2 , kPa ou MPa.

Algumas dificuldades têm sido observadas no uso dos penetrômetros. A principal delas é quando se quer definir um nível crítico de resistência à penetração do solo, a partir do qual ocorrem danos ao desenvolvimento radicular ou à produtividade das culturas, ou seja, definir, em termos absolutos, se um determinado solo está ou não compactado. Isso ocorre, porque as leituras com

penetrômetro estão relacionadas com a variação dos teores de umidade do solo e por causa da complexidade das interações envolvidas na definição do nível crítico de um parâmetro físico do solo. Nesse caso, tem-se sugerido utilizar os valores de resistências à penetração abaixo de 2,0 MPa como um indicativo baixo de compactação, quando o solo estiver na umidade friável. Os valores acima de 2,5 MPa são elevados e, se constatada queda de produtividade, sugerem que o diagnóstico deve ser complementado com a abertura de trincheira para a avaliação da estrutura do solo e da distribuição do sistema radicular.

Em alguns modelos de penetrômetros, o operador involuntariamente, pode variar a força aplicada sobre o aparelho e, com isso, alterar a velocidade de inserção da haste no solo e, por consequência, os resultados. Quanto maior for a velocidade de inserção, menor será a resistência registrada. Esse problema tende a se agravar quando o solo torna-se mais seco e o operador tem dificuldade em fazer todas as medições com a velocidade constante. Os penetrômetros de velocidade constante tendem a contornar esse problema.

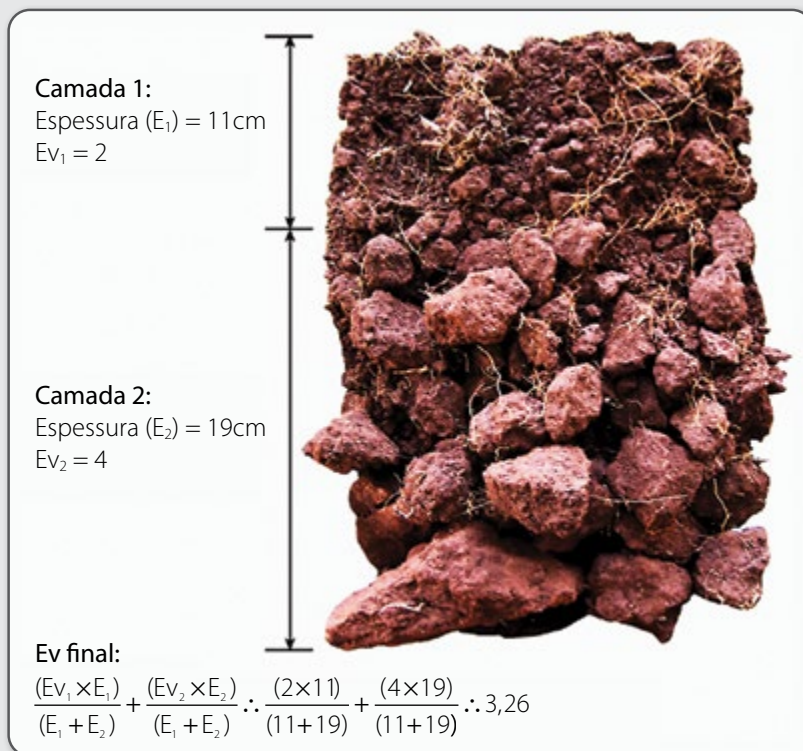
Para o monitoramento da compactação do solo, é importante que a propriedade seja dividida em glebas individualizadas pelo histórico do manejo da área e atributos do solo. As leituras com penetrômetro serão importantes para definir as glebas com maiores problemas. Para isso, deve-se procurar fazer o maior número possível de leituras (subamostras). Aconselha-se que o número mínimo seja em torno de 10 a 15 subamostras por gleba. As avaliações, preferencialmente, devem ser feitas quando o solo estiver no estado de consistência friável. Para efeito de comparação entre as glebas, ou caso se tenha informações sobre a relação da resistência à penetração e densidade do solo, em função da umidade do solo, e se queira ter ideia indiretamente da densidade do solo, através da resistência solo, é importante que se determine a umidade durante as avaliações. A umidade do solo pode ser avaliada pelo método gravimétrico, com os resultados sendo expressos em porcentagem (%). É importante que se isole a influência do operador durante as medições com os penetrômetros, principalmente aquela relacionada com a velocidade de inserção do cone no solo que deve ser constante em todas as medidas.

A avaliação da qualidade estrutural do solo também vem sendo utilizada com sucesso para monitorar a compactação do solo. A qualidade estrutural do solo pode ser avaliada por meio de avaliações visuais, realizadas e concluídas diretamente no campo. Essa avaliação é realizada em pequenas trincheiras abertas nas glebas de cultivo. O método denominado avaliação visual da qualidade da estrutura do solo (BALL et al., 2007) tem sido empregado no Paraná (GIAROLA et al., 2009) com essa finalidade.

Esse método consiste em abrir pequenas trincheiras com 0,30 m de largura x 0,40 m de comprimento x 0,30 m de profundidade, com o auxílio de uma pá reta, para a extração de amostras indeformadas (blocos) com 0,15 m de largura x 0,25 m de profundidade x 0,10 m de espessura da camada superficial do solo de cada gleba a ser avaliada. Sugere-se que sejam retiradas, pelo menos, 10 amostras de cada gleba homogênea.

A avaliação da estrutura se apoia na aparência, resistência e características das unidades estruturais de blocos de solo, sendo definida por cinco escores visuais (Ev) para a classificação da qualidade: de Ev = 1 (melhor qualidade estrutural) a Ev = 5 (pior qualidade estrutural). A Figura 66 exemplifica a atribuição de escores e o cálculo do escore final conforme a chave de classificação de Ball et al. (2007).

Figura 66 – Exemplo da aplicação da metodologia para obtenção do escore visual (Ev) pelo método de Ball et al. (2007).



Fonte: Giarola et al., 2009.

A análise visual é complementada pela observação das raízes, poros e atividade biológica. As estruturas compactadas apresentam pouca quantidade de raízes no seu interior, baixa atividade biológica e ausência quase que completa de orifícios e porosidade. Além disso, as estruturas compactadas, ao serem quebradas, evidenciam faces de rupturas lisas, ao contrário das não compactadas que apresentam superfície rugosa, com os torrões apresentando distribuição de agregados arredondados que possibilitam visualização de porosidade e fissuras, e o desenvolvimento radicular bastante ramificado e em forma não achatada (BALL et al., 2007).

3.2.6 Métodos de prevenção e controle da compactação

A escolha dos tratores adequados e a correta regulação máquinas e operações pode minimizar o efeito da compactação, mas a melhoria do manejo é a melhor solução para lidar com esse problema.

Gerenciar as operações de campo

- Evite realizar operações de campo em solos úmidos.
- Limite a carga do veículo para garantir ponderação adequada em operações de preparo do solo.
- Gerencie o tráfego de veículos dentro das lavouras. Sistemas de cultivo com tráfego controlado, especialmente aqueles que mantêm resíduo da colheita na superfície, servirão para limitar a compactação e reduzir a erosão do solo.

Resolver os problemas de drenagem

- Adicionar materiais organizadores para ajudar a construir a estrutura do solo e aumentar a resistência do solo.
- Inserir forragens na rotação de culturas para intensificar o número de raízes no sol, criando canais no solo que as culturas subsequentes podem usar.

Eliminar a compactação existente

- Use preparo convencional para remover a compactação na camada arável.
- Subsolagem pode ser necessária para aliviar a compactação profunda. O preparo profundo não deve ser uma prática anual, devido ao seu potencial para destruir a estrutura do solo, trazer solo infértil e pedras para a superfície, e pode não ser rentável.



REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S. **Dessecação focada para a produtividade**. Uberlândia: Campo & Negócios, p. 12-12, fev., 2009.
- ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas**: contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional. Londrina: IAPAR, 1985. 468 p.
- ALTIERI, M. A., et al. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226 p.
- ALVARENGA, R. C., et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ALVES, B. J. R., et al. **Balanço de N em rotação de culturas sob plantio direto em Dourados, MS**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 21 p. (Embrapa Agrobiologia; Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 7).
- AMARU, R. **The green path**. 2011. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/rodamaru/6290821546/in/photolist-6zXakb-af1RsG-6CXb9E-azU75s-6CXabW-8HadzH-a27tii-aeMKvZ-8nAk1v-cPEBEq-aeQF3y-7aYwGx-rAaJe-9PAJBk-7aYy1i-4knSbE-4knRwE-4knQX3-4kiNnp-4kiMEn-8rYNBf-6RHj5m-b1JMFx-6bD43J-6zuwDF-aXpEBk-3rdhsL-8EAXxE-4knP3Y-4kiLnV-4knMS3-4knMhj-4kiJyx-9fdBxW-8yY47o-3kGybm-9hyeKe-8f8SA6-3mkxQK-eJPwmP-gdAayV-8JC4gy-8BMPMe-9rjCfd-mdcDvv-mddDgw-3pJKNS-oxjfP2-ozQrqX-baCZQZ/>>. Acesso em: 25 abr. 2015.
- ANDREOLA, F., et al. A Cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e/ou mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.867-874, 2000.
- APRF TURISMO. **Mochileiro descobrindo o Brasil agronegócio – MT**. 2015. Disponível em: <<http://mochileiro.tur.br/agronegociomt.htm>>. Acesso em: 8 mar. 2015.
- ARF, O. et al. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, v. 58, p. 323-334, 1999.
- BACKES, P. **Plantio direto de soja em resteva de trigo**. Pântano Grande, RS, 2007. Disponível em: <<http://argosfoto.photoshelter.com/image/I0000xtUItYd1SP8>>. Acesso em: 9 mar. 2015.
- BAKER, C. J. et al. **No-tillage seeding: science and practice**. 2. ed. Oxford: CAB International, 2002.
- BALL, B. C. et al. Field assessment of soil structural quality: a development of Peerlkamp test. **Soil Use Management**, v. 23, p. 329–337, 2007.
- BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M.R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 128, p. 55-69, 1985.
- BAVEYE, P. C. et al. From Dust Bowl to Dust Bowl: Soils are still very much frontier of science. **Soil Science Society of America Journal**, v. 75, p. 2037-2048, 2011.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 335 p.

BIANCO, R. Ocorrência e Manejo de Pragas em Plantio Direto. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. (Org.). **Plantio direto**: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: IAPAR, 1997. 275 p.

BOLIVAR, Q.; ALVARENGA, R.C. **Potencial de plantas de cobertura para recobrimento do solo e supressão de plantas daninhas**. 2000. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33485/1/Potencial-plantas.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2015.

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

_____. Plantas de cobertura. In: CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; METHA, Y. R.; PASSINI, J. J. (Coord.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: ITAIPU Binacional, 2006. 212 p.

CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no Sul do Brasil**. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CASÃO JÚNIOR, R. Máquinas: aperfeiçoamento da unidade de semeadura. **Revista Plantio Direto**, n. 83, p. 39-42, 2004.

CASÃO JUNIOR, R. et al. **No-till agriculture in southern Brazil**. Londrina: IAPAR/FAO, 2012. 77 p.

CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. Máquinas para manejo de vegetações e semeadura em plantio direto. In: CASÃO JÚNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; METHA, Y. R.; PASSINI, J. J. (Coord.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina/Foz do Iguaçu: 2006. 200 p.

CERETTA, C.A. **Sistema de cultivo de mandioca em fileiras simples e duplas em monocultivo e consorciadas com girassol**. Porto Alegre, 1986. 122 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CHABOUSSOU, F. **As plantas doentes pelo uso de agrotóxicos**: a teoria da trofobiose. Guazzeli, M.J. (trad.). 2. ed. Porto Alegre, 1999. 272 p.

CHAIM, A. et al. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 29 p. (Embrapa Meio Ambiente; Boletim de Pesquisa, 2).

CHEQUER, L. P. T., et al. **Efeito rizosfera**: simbiose entre raízes de plantas e bactérias. Departamento de Geologia, UFRJ, 2011. Disponível em: <<http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/biologia/0026.html>>. Acesso em: 18 fev. 2015.

CHRISTOFFOLETI, P. J. et al. Plantas daninhas à cultura da soja: controle químico e resistência a herbicidas. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.). **Soja**: tecnologia da produção. Piracicaba: ESALQ/USP, p. 179-202, 2000.

CHRISTOFFOLETI, P. J., et al. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Associação brasileira de ação à resistência de plantas daninhas (HRAC-BR). 3. ed. Piracicaba, 2003. 120 p.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F. **Definições e situação da resistência de plantas daninhas aos herbicidas no Brasil e no mundo**. In: CHRISTOFFOLETI, P. J. (Coord.) Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas. Londrina: Associação Brasileira de Ação a resistência de Plantas aos Herbicidas (HRAC-BR), 2003. p. 2-21.

CONTINI, E. et al. Dinamismo da agricultura brasileira. **Revista de política agrícola**, Brasília: jul., 2010, p.42-64. Edição especial de aniversário do MAPA – 150 anos.

COSTA, M. B. B. **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. 346 p.

CUMMING, R. **Crotalaria juncea, Castle Hill, Townsville, QLD, 26/03/10**. Queensland, 2010. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/58828131@N07/8833458146/in/photolist-gGQjoU-gGQjf7-gGQiJY-gGQiuJ-gGQdSx-eszMmw-epPNLH-eqL437-epPNrn-eqL39G-epPMfH-epPM8a-pbYgc7-ptbDkg-5mnUMb-54axXQ-54awbJ-546hJv-3Hd97Y-a9X7re-aJdfvB-dnrfXP-m2DdZG-m2Ceo8-qt5JsD-m2N7Ab-ptctnt-ptrWpN-pbZEyx-pttziD-prrvT9-pbZAGV-pbYNTJ-prrseA-pbYLJ3-ptrMRq-prroYh-prro9b-ptc6oD-pbYe7z-ptc3jc-prr3PE-pbYnn3-pbYmFd-ptbK76-ptbHV8-pbXSpC-pbXRpB-prqWio-pbZ1qP/>>. Acesso em: 8 mar. 2015.

CUMMING, R. **Crotalaria juncea, Star River valley, W of Townsville, QLD, 03/04/06**. Queensland, 2006. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/58828131@N07/10307438616/in/photolist-gGQjoU-gGQjf7-gGQiJY-gGQiuJ-gGQdSx-eszMmw-epPNLH-eqL437-epPNrn-eqL39G-epPMfH-epPM8a-pbYgc7-ptbDkg-5mnUMb-54axXQ-54awbJ-546hJv-3Hd97Y-a9X7re-aJdfvB-dnrfXP-m2DdZG-m2Ceo8-qt5JsD-m2N7Ab-ptctnt-ptrWpN-pbZEyx-pttziD-prrvT9-pbZAGV-pbYNTJ-prrseA-pbYLJ3-ptrMRq-prroYh-prro9b-ptc6oD-pbYe7z-ptc3jc-prr3PE-pbYnn3-pbYmFd-ptbK76-ptbHV8-pbXSpC-pbXRpB-prqWio-pbZ1qP/>>. Acesso em: 7 mar. 2015.

DAROS, C. O.; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 135-140, 1996.

DAROLT, M. R. Manejo do Sistema de Plantio Direto na Pequena Propriedade. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. (Org.). **Palestras...** In: 1º Congresso de Plantio Direto o caminho para uma agricultura sustentável, 1996, Ponta Grossa, PR. Ponta Grossa: IAPAR, PRP-PG, 1997. 275 p.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. **Desafios à caracterização de solo fértil em manejo e conservação do solo e da água**. 2007. Disponível em: http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=786. Acesso em: 1 out. 2014.

DENARDIN, J. E. **Sistema Plantio Direto (SPD): o conceito**. Brasília: EMBRAPA, Ageitec, 2012. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6ju802wyiv80rn0etn6qel0im.html>. Acesso em: 28 fev. 2015.

DERPSCH, R. **Situation of conservation agriculture in the world**. Summary in proceedings: II World Congress on Conservation Agriculture, August 11-15, 2003, Iguassu Falls: Brazil, p. 67-70, 2003.

DERPSCH, R., et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1991. 268 p.

DERPSCH, R., et al. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.761-773, 1985.

DERPSCH, R.; MORIYA, K. Implications of soil preparation as compared to no-tillage on the sustainability of crop production: experiences from South America. In: REDDY, M.V. (Ed.) **Management of tropical agro-ecosystems and the beneficial soil biota**. Enfield: Science Publishers, 1999. p. 49-65.

DERPSCH, R.; THEODOR, F. **Global overview of conservation agriculture adoption**. Proceedings, Lead Papers. 4th World Congress on Conservation Agriculture, February 4-7, 2009, New Delhi, India, p. 429-438, 2009.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil**. Embrapa Soja, Sistema de produção n. 1, 2000. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/control.htm>>. Acesso em: 7 fev. 2015.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Sustainable agricultural production: implications for international agricultural research**. FAO Research and Technology Paper, n.4, 1989. 131p.

_____. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)** – Managing systems at risk. Rome: FAO; London: Earthscan, 2011. 285 p.

_____. **What is conservation agriculture?** Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>>. Acesso em: 5 maio 2015.

FAVERO, C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 171-177, 2000.

FERREIRA, M. M. et al. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da Região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. p. 23:515-524, 1999.

FISHER, B. et al. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, p. 643-653, 2009.

FLECK, N. G. **Princípios do controle de plantas daninhas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 70 p.

FONTANÉTTI, A. et al. Adubação verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface-americana e de repolho. **Ciência Agrotécnica**, v. 28, n. 5, p. 967-973, 2004.

FORNAROLLI, D.A., et al. Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida Atrazine. **Planta Daninha**, v.16, n.2, p.97-107, 1998.

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C. T., et al. **Hydrologic modeling of small watersheds**. Saint Joseph: American Society of Agricultural Engineering, 1982. p. 297-380. (Monograph, 5).

FOSTER, R. **Controle das plantas invasoras na cultura do milho**. Campinas, Fundação Cargill, 1991. 46 p.

FRANCHINI, L.H.M., et al. Alternativas de controle das plantas daninhas em jato dirigido na cultura do algodoeiro. **Palestras...** In: XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. 2010 - Ribeirão Preto, 2010. p. 221-225.

FURLANI, C.E.A. et. al. Cultura do milho em diferentes manejos de plantas de cobertura do solo em plantio direto. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, p. 161-167, 2007.

GASSEN, D. N. **Insetos subterrâneos prejudiciais às culturas no Sul do Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1989. 72p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 13).

GASSEN, D.N.; GASSEN, F.R. **Plantio direto o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GERALDO, J. et al. Fenologia e produção de massa seca e de grãos em cultivares de milheto-pérola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1263-1268, 2002.

GIAROLA, N. F. B., et al. Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho Distroférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2531-2534, 2009.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 219-267.

HAUSER, K. **Lupinus albus sps graecus "White Lupin"**. 2006. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/karlhauser/3334353399/in/photolist-65Dr6H-85DWto-6gJbfE-2s2Qxh-sNrUvG-a1UNng-c8914o-9xJ6ry-a1PMz3-s3ETXt-gUyXjr-gUyS4s-7Gpn4K-7GpjQX-65HH5Q-82NQJf-bAfECu-of2eTh-of281k-oeS2HJ-owdrvb-n2U7ZD-ed1efH-ddQzCx-ddQxB5-fqHySN-oeSmPG-oevszk-huikA-csEahw-fqtiPF-fqHGKC-pq94qQ-JZQYA-985mhS-oeJ2jn-7Kj1mG-oCGBgR-hvj74m-oegYgy-oyeHex-oegnse-bunbcw-bHgYpn-ovQg1k-oeZhiT-owc7WE-s67Rn9-r5GRwi-jNCjHn>. Acesso em: 10 mar. 2015.

_____. **Vicia villosa subsp. varia**. 2008. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/karlhauser/2586181091/in/photolist-4WwRxa-hmJ5nD-hmGUJq-hmGUDJ-hmGS5h-nR5MN1-jgFThT-a1mM2U-dVzJsU-8CCL43-4Fa7ke-81HaLF-8CCL19-9bp1kk-hmJbne-4oddXW-chs7gQ-chs761-4F2b6V-9zNc29-4F2b1v-hmGwU2-hmJ6Sn-nHYuQr-4CJjr-jgHkDB-9ThgU8-8CzE78-8CzE4t-b7vcFZ-b7JZCZ-8CzEa4-v2Na7M-mYX8Lu-53PpQ-tqRxMt-mYVjC2-nyaAS5-6qfTDJ-rh3y1q-biHu5i-c4yGnN-c4yGe1-efnFgJ-efgUmV-efMRjk-4GLvz4-odohR4-r2KRWV-nyFHZz>. Acesso em: 6 mar. 2015.

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

HUDSON, N. Soil conservation. 3. ed. Ames: University Press, 1995. 391 p.

ISSA, M. **Soja**. Maringá, PR, 2005. Disponível em: <<http://argosfoto.photoshelter.com/image/I0000Iln3Rbi60gl>>. Acesso em: 5 abr. 2015.

ISO 11074-1:1996, **Soil Quality - Vocabulary - Part 1: Terms end definitions realting to the protection and pollutionof the soil**.

JEN, A. **O Guandu. *Cajanus cajan* (L.) Huth Fabaceae**. 2010. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/youthbeaneearth/5247758977/in/photolist-8ZJ8V4-23PoR9-8ZMegY-8ZJ8Yp-8ZJ8Xi-8ZJ8W2-8ZMebL-8ZMeau-8ZMe9f-9oHCGB-5Ljr15-6vFAjp-7hfHVu-6Lky4b-jg2ibG-jg2bHw-5EzF82-71FQXt-fcankw-53gkx8-jgrZ4v-9oHDnp-6pSi3U-9oHE1R-9oKqs5-9oKpCY-61fZD6-7NdcGm-fwxCkn-5NwB9b-7m9NEj-atmmds-imyMqc-7hjBri-eTtpDU-eTh24e-bjgo4F-bjgwGk-bjgvae-4ei9Pe-kjKdnc-4tLPcv-bjEKQN-bjEKL9-7NdrRd-bjguQV-bjguwe-bjgtPF-bjgrGv-bjgrut>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

KARAN, D. et al. **Cultivo do milho**: Embrapa Milho e Sorgo. Versão eletrônica. 6. ed., 2010.

KISSMANN, K. G. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas**. 2003. Disponível em: <http://www.hrac-br.com.br/arquivos/texto_resistencia_herbicidas.doc. 01/05/2003>. Acesso em: 5 maio 2015.

LAFLEN, J.A. et al. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 341-343, 1981.

LANA, M.A. et al. Plantio direto sem herbicidas: teste massivo e validação da tecnologia por técnicos e agricultores familiares do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, 2007.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**. Plantio direto e convencional. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 383 p.

LUDWIG, M. P. et al. Banco de sementes de aveia preta no solo sob dois sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v. 41, p. 25-32, 2011.

MAGDOFF, F.; VAN ES, H. **Building soils for better crops**: sustainable soil management. 3. ed. Waldorf: USDA/SARE, 2009. 294 p. (Handbook series; book. 10). Disponível em: <http://www.sare.org/Learning-Center/Books/Building-Soils-for-Better-Crops-3rd-Edition>>. Acesso em: 2 out. 2014.

MATIELLO, J. B. O manejo do cafeeiro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 37, 2012. **Anais**. [Sn.: S. ed.], 2012.

MATTHIENSEN, A. **Feijão-de-porco**. 2014. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/alex_matthiensen/15968886480/in/photolist-e9Eacc-5AbALF-7UyaTW-4pFhUL-4gAeMr-7NyN3J-jKpyHv-8oG7Me-6VkorC-qk7HAY-8oKi23-8oG2Sv-jKoJ3r-4MjYXC-4gbJTn-6HHFzE-wX6x3R-4gbRxr-4oRMiW-4MfQFn-4xL5Hd-qZGbUs-7HhtNP-7HhtQ6-643YCF/>. Acesso em: 22 abr. 2015.

MEDEIROS, G. B.; CALEGARI, A. Sistema Plantio Direto com qualidade: a importância do uso de plantas de cobertura num planejamento cultural estratégico. **Revista Plantio Direto**, edição 102, novembro/dezembro de 2007.

MEDEIROS, G. B., et al. Rotação de culturas. In: SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, Curitiba, PR. **Manual técnico do sub-programa de manejo e conservação do solo**. Curitiba: SEAB, 1989. p. 186-195.

MERCANTE, E. et al. Demanda energética e distribuição de sementes de milho em função da velocidade de duas semeadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 424-428, 2005.

MERTEN, G. H. **Manejo de solos de baixa aptidão agrícola no Centro Sul do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994. 112 p. (IAPAR; Circular técnica, 84).

METHA, Y. R. **Manejo integrado de enfermedades del trigo**. Bogotá: Imprensa Landivar S. R. L., 1993. 314 p.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: Encontro nacional sobre adubação verde, 1983, Rio de Janeiro. **Adubação verde no Brasil: trabalhos apresentados**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 64-123.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo**. Características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó: Ed. do Autor, 1991, 336 p.

MONIZ, E. et al. Uso correto e seguro no manuseio e na aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M.Z.; SANTIAGO, T. (Org.). **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, 2003. 376 p.

MONQUEIRO, P.A. et al. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 85-95, 2009.

MONTEIRO, A.R. Controle de nematoides por espécies de adubos verdes. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Coord.). **Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo**, 1992, Campinas: Instituto Agrônomo, 1993. p. 109-121 (IAC. Documentos, 35).

MORAD, A. F. **Calopogonium mucunoides Desv.** Jeniang, Kedah, Malaysia, 2011. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/adaduitokla/6491692553/in/photolist-efWcpG-poJVyX-q3WLYf-q3WexN-q3WbTu-wj8hc-4gbJTn-7ov2Gk-efQuF4-efQt72-amR5kY-amR5d9-aTDCiV-aTDC2F-aTDAF4-aTDCet-f9zKvN/>>. Acesso em: 8 abr. 2015.

MORAES, S. R. G. et al. Influência de leguminosas no controle de fitonematoides no cultivo orgânico de alface americana e de repolho. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 2, 2006.

MUZILLI, O. O manejo da fertilidade do solo; a prática da adubação verde. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRÔNOMO DO PARANÁ. **Manual Agropecuário para o Paraná**. Londrina: IAPAR, v. 2, p. 57-58, 1978.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE – NRCS. 2011a. NRCS Photo Gallery. **Sediment in a farm pond**. Disponível em: <<http://photogallery.nrcs.usda.gov/netpub/server.np?find&catalog=catalog&template=detail.np&field=itemid&op=matches&value=3337&site=PhotoGallery>>. Acesso em: 1 out. 2014.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE – NRCS. 2011b. NRCS Photo Gallery. **Narrow base terrace holds water temporarily. Terrace in Northwest Iowa**. Disponível em: <<http://photogallery.nrcs.usda.gov/netpub/server.np?find&catalog=catalog&template=detail.np&field=itemid&op=matches&value=3467&site=PhotoGallery>>. Acesso em: 1 out. 2014.

Natural Resources Conservation Service - NRCS. Soils. **Soil Biology Primer Photo Gallery**. Disponível em: <<http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/photogallery/soils/health/biology/gallery/?cid=1788&position=Promo>>. Acesso em: 30 set. 2014.

NAZARENO, N. R. X. Avaliação de perdas por podridão de colmo em milho (*Zea mays*) no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 82-84, 1989.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. 6. ed. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. 820 p.

OLIVEIRA JR, et al. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348 p.

OLIVEIRA, M. F., et al. Efeito da palha e da mistura Atrazine e Metaclor no controle de plantas daninhas na cultura do milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 37-41, 2001.

OVEREJO, R. F. L.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Recomendações para prevenção e manejo da resistência a herbicidas. In: CHRISTOFFOLETI P. J. et al. **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**. Associação Brasileira de Ação à Resistência de Plantas Daninhas aos Herbicidas, 2003.

PAVEI, J.N. et al. Azevém: Vantagens e desvantagens no Plantio Direto. EMBRAPA/CCLPL. In: **Revista Plantio Direto**, v.3, n.10, p.7, 1985.

PAVINATO, A. et al. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 427-432, 1994.

PETTO NETO, A. Práticas culturais. In: RODRIGUEZ, O., VIÉGAS, F., POMPEU Jr., J., AMARO, A. A. (Coord.). **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 1, p. 476-492.

PIMENTEL, D.; KOUNANG, N. Ecology of soil erosion in ecosystems. **Ecosystems**, v. 1, n. 5, p. 416-426, 1998.

PITELLI, R.A. et al. **Controle biológico de plantas daninhas**. Jaboticabal: FCAV/UNESP/ Ecosafe A.M.A.; Pelotas: Embrapa, 2014.

PONTELI, C .B. et al. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de cultura do milho em argissolo vermelho distrófico**. Santa Maria: UFSM, 2015.

PORTES, T. A. Aspectos ecofisiológicos do consórcio milho x feijão. **Informe Agropecuário**, v. 10, n. 118, p. 30-34, 1984.

POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Science**, v. 365, p. 2959-2971, 2010.

PRIMAVESI, A. **Agricultura sustentável**. São Paulo: Nobel, 1992, 143 p.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: UFV, 2006. 240 p.

RAIMONDI, M. A., et al. Seletividade de Atrazine aplicada em jato dirigido na cultura do algodoeiro quanto à qualidade de fibra e produtividade. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 8, 2011. **Anais**. [Sn.: S. ed.], 2011.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1995. 65 p.

REIS, G. N., et al. Decomposição de culturas de cobertura no sistema plantio direto, manejadas mecânica e quimicamente. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 194-200, 2007.

REIS; E. M.; SANTOS, H. P. Interações entre doenças de cereais de inverno e Sistema Plantio Direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT/FUNDACEP FECOTRIGO/Fundação ABC/Aldeia Norte, 1993. p. 105-110.

RESENDE, M. et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 2. ed. Viçosa: NEPUT, 1997. 334 p.

REZENDE, B. L. A. et al. Produção das culturas consorciadas de tomate e alface em função da época de consorciação, em duas épocas de cultivo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 77-83, 2005.

REZENDE, B. L. A. et al. Productivity of lettuce and radish cultivations as a function of spacing and of time of establishment of intercropping. **Acta Horticulturae**, v. 607, p. 97-101, 2003.

RIQUETTI, N. B. et al. Diferentes manejos da palha de aveia preta na produtividade de milho em plantio direto. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 22, n. 2, dez 2012.

RIZZARDI, M. A. et al. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, 2001.

RODRIGUES, B. N. Controle de plantas daninhas em plantio direto. In: PEIXOTO R.T.G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Org.). **Plantio direto**: o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: IAPAR, 1997. 275 p.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 4. ed. Londrina: IAPAR, 1998. 648 p.

RÜDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: FUNDACEP/BASF, 1995. 134 p.

RYDBERG, T. Effects of ploughless tillage and straw incorporation on evaporation. **Soil & Tillage Research**, v. 17, p. 303-314, 1990.

SANTEN, M. V.; CERQUEIRA, M. S. Estratégias de manejo de populações resistentes. In: Anais/2. **Curso de manejo de resistência de plantas daninhas aos herbicidas**. Ponta Grossa: AEACG, 1999. 160 p.

SILVA, A. A., et al. **Controle de plantas daninhas**. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior; Viçosa: UFV, 1999. 260 p.

SILVA, A. C. F. **Plantio direto, cultivo mínimo e cobertura viva e morta no plantio de hortaliças (Blog na Internet)**. 2011. Disponível em: <<http://cultivehortaorganica.blogspot.com.br/2011/05/plantio-direto-cultivo-minimo-e.html>>. Acesso em: 30 set. 2014.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JUNIOR, R. **Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas**: máquinas para manejo de coberturas e semeadura no sistema de plantio direto. Curitiba: SENAR-PR, 2004. 88 p.

SKORA NETO, F. **Manejo de plantas infestantes em Agroecologia**. In: PADOVAN et al. (ed.) **Agroecologia em Mato Grosso do Sul: princípios, fundamentos e experiências**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. p. 83-88.

_____. **Trabalhador no cultivo de grãos e oleaginosas:** manejo de plantas daninhas em plantio direto. Curitiba: SENAR-PR, 2004. 39p.

SOARES, P. G.; RODRIGUES, R. R. Semeadura direta de leguminosas florestais: efeito da inoculação com rizóbio na emergência e crescimento inicial no campo. **Scientia Florestalis**, v. 36, n. 78, p. 115-121, 2008.

STRANO, L. **Vicia sativa (Veccia comune)**. San Bonifacio, 2008. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/luigistrano/3119327929/in/photolist-5KDnw2-f6fEBt-c36UpS-fKWAmq-nCtucp-fepNJT-6gsLa9-5EJM5w-nNZdae-nS9DS1-4FkUFW-7A3JpY-nmVSnX-7UiCJg-4suDL2-bZMMhJ-88Qdd3-v45Fed-5EEs8K-soFFKY-c5m8bm-mGabVy-fLTkX-udERBG-59CsnV-a3gfbv-4MHP1c-864oVD-eaVcLZ-a6V8Rw-Mzv62-tL6w4o-fKDXga-9Fgjwa-4MZxx6-eiwoKP-thQmXj-ne5gjt-fmSvzM-c2vL7Y-9u14kW-eMRLSc-5EEs8H-fKWxzQ-fKWYbd-8djZXz-nBPx4C-eMRK3P-c2vKRQ-nqTdEo>>. Acesso em: 5 mar. 2015.

SUAREZ DE CASTRO, E. **Conservación de suelos**. 3. ed. San José: Editora IICA, 1980. 315 p.

TAKABAYASHI, M.; VELINI, E.D. Uso de extratos aquosos de folhas para avaliação dos possíveis efeitos alelopáticos de leguminosas utilizadas como adubos verdes In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 21, 1997, Caxambu. **Resumos...** Viçosa: SBCPD, 1997. 444 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

TEDESCO, N., et al. Influência do vermicomposto na produção de mudas de caroba (*Jacaranda micranta* Chamisso). **Revista Árvore**, v. 23, n. 1, p. 1-8, 1999.

TEIXEIRA, C. M. et al. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 497-505, 2010.

TIMOSSI, P. C. et al. Supressão de plantas daninhas e produção de sementes de crotalária em função de métodos de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 525-530, 2011.

TOKURA, L. K.; NOBREGA, L. H. P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 379-384, 2006.

TOPP, G. C. et al. Changes in soil structure. In: ACTON, D.F.; GREGORICH, L.J. (Eds). **The health of our soils: Toward Sustainable Agriculture in Canada**, chapter 6. Centre for Land and Biological Resources Research. Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada. 1995. (Publication 1906/E). Disponível em: <http://web.archive.org/web/20040324063604/res2.agr.gc.ca/publications/hs/index_e.htm>. Acesso em: 10 ago.2014.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja; Circular Técnica, 23).

TRABUCO, M. **Produtividade de milho em plantio direto após plantas de cobertura**. Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" para obtenção do título de Doutor. Publicado em 2008. Disponível em: <<http://www.acervodigital.unesp.br/handle/unesp/173138>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

TROEH, F. R. et al. **Soil and water conservation for productivity and environmental protection**. New Jersey: Prentice-Hall, 1980. 718 p.

UNIVERSITY OF NOTTINGHAM. World-changing technology enables crops to take nitrogen from the air. **Science Daily**. July 25, 2013. Disponível em: <<https://cropview.wordpress.com/tag/nitrogen-inoculation/>>. Acesso em: 1 mar. 2015.

VICTÓRIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, 2003.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. Potencial da utilização de coberturas vegetais de sorgo e milho na supressão de plantas daninhas em condição de campo: I - Plantas em desenvolvimento vegetativo. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 217-223, 2004.

VIEIRA, C. et al. Milho e feijão em cultivo consorciado. **Informe Agropecuário**, n. 90, junho, 1982.

WALTRICK, P. C. **Erosividade de chuvas no Paraná**: atualização, influência do “El niño” e “La niña” e estimativa para cenários climáticos futuros. Curitiba, 2010. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo, Área de Concentração: Pedologia e Manejo do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo/Universidade Federal do Paraná.

WEN WU SCHOOL. 2012. **121024Crotalaria Tainan Crotalaria juncea L.** Tainan, 2012. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/shallwin/8118855765/in/photolist-gGQjoU-gGQjf7-gGQiJY-gGQiuJ-gGQdSx-eszMmw-epPNLH-eqL437-epPNrn-eqL39G-epPMfH-epPM8a-pbYgc7-ptbDkg-5mnUMb-54axXQ-54awbJ-546hJv-3Hd97Y-a9X7re-aJdfvB-dnrFXP-m2DdZG-m2Ceo8-qt5JsD-m2N7Ab-ptctnt-ptrWpN-pbZEyx-pttziD-prrvT9-pbZAGV-pbYNTJ-prrseA-pbYLJ3-ptrMRq-prroYh-prro9b-ptc6oD-pbYe7z-ptc3jc-prr3PE-pbYnn3-pbYmFd-ptbK76-ptbHV8-pbXSpc-pbXRpB-prqWio-pbZ1qP/>>. Acesso em: 1 mar. 2015.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. (Coord.). **Curso sobre Adubação Verde no Instituto Agrônomo**, 1993, Campinas, Instituto Agrônomo, 1993. p. 17-29. (IAC; Documentos, 35).

ANEXO 1

Determinação dos tipos de textura dos solos

Método do tato

A textura de um solo reflete as proporções de areia, silte e argila do mesmo. A sensação ao tato e o comportamento do solo durante o processo de umedecimento e amassamento vai ajudar a identificar a textura do mesmo.

1 PASSO

Antes de determinar a textura, passe o solo por uma peneira com abertura de malha de 2 mm de diâmetro. Isso remove pedras ou cascalhos presentes, tornando-o mais fácil de trabalhar. Se o solo estiver úmido, seque-o antes do peneiramento. Para secar, coloque cerca de 500 g de solo à sombra, em ambiente arejado, durante 5 dias, ou em estufa a 40°C por 48 horas. Esta é a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).



2 PASSO

Para determinar o conteúdo de água prontamente disponível para fins de irrigação estime visualmente o percentual de pedras ou cascalhos em relação ao percentual de Terra Fina (solo peneirado), antes de passar para a próxima etapa. O solo na figura abaixo contém cerca de 50 por cento de pedras.



3 PASSO

Preencha a palma da sua mão com TFSA.



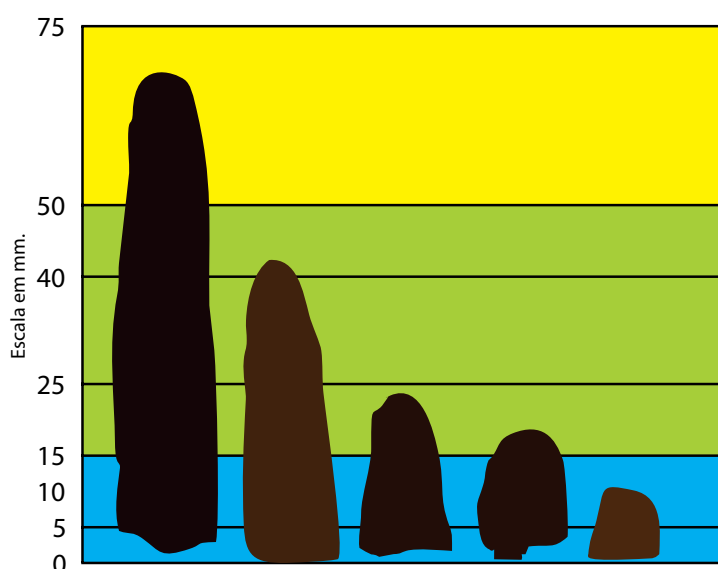
4 PASSO

Adicione água suficiente para fazer uma bola. Amasse a bola de solo por 1-2 minutos e vá adicionando mais água ou solo até que a mesma pare de aderir aos dedos. Durante o amassamento, avalie a sensação que o solo lhe passa: arenoso (areia), sedoso (silte) ou plástico / pegajoso (argila).

Se você não conseguir fazer uma bola, o solo é muito arenoso.



O comportamento das bolas e das fitas formadas pelos solos define a textura de campo. Não determine a textura do solo apenas pelo comprimento da fita.



GRUPO TEXTURAL	TEXTURA DO SOLO	COMPRIMENTO DA FITA (mm)	COMO O SOLO SE COMPORTA OU COMO O SENTIMOS	% DE ARGILA
Areia	Arenosa	Nula (não se forma)	Coerência nula a muito leve; não pode ser moldado; grãos de areia aderem aos dedos.	< 5
	Areia-franca	5	Coerência leve; grãos de areia de tamanho médio e pode ser deformado entre o polegar e o indicador	5 - 10
	Areno-argilosa	5 - 15	Coerência leve; pegajoso quando úmido; grãos de areia ficam entre os dedos, descolore os dedos; pouca ou nenhuma matéria orgânica.	5 - 10
Média	Franco-arenosa	15 - 25	Pode-se formar uma bola coerente, mas muito arenosa ao toque; grãos de areia dominantes são de tamanho médio e facilmente visíveis.	10 - 20
	Franco	25	Pode-se formar uma fita larga; pode-se formar uma bola de solo fácil de manipular que dá uma sensação esponjosa e macia, sem sensação de arenosidade; se contiver matéria orgânica, apresenta oleosidade ao tato.	
	Franco-argilo-arenosa	25 - 40	Pode-se formar uma bola muito coerente; sente-se a areia ao toque; grãos de areia média visíveis em uma matriz mais fina.	20 - 30
	Franco argilosa	40 - 50	Fortemente coerente e a bola apresenta plasticidade; macia de manipular.	30 - 35
Argilosa	Argilo-arenosa	50 - 75	Bola apresenta plasticidade; grãos de areia podem ser vistos e sentidos.	35 - 40
	Argila leve	50 - 75	Comportamento plástico evidente; sensação de suavidade; facilmente trabalhado.	35 - 40

ANEXO 2

Avaliação Visual da Estrutura do Solo

A estrutura do solo afeta a penetração das raízes, água disponível às plantas e aeração do solo. Este teste simples e rápido de avaliar a estrutura do solo baseia-se na aparência e tato de um bloco de solo retirado com uma pá. A escala do teste varia de Qe1, estrutura boa, a Qe5, estrutura pobre.

Equipamentos:

Páreta de aprox. 20 cm de larg., 22-25 cm de comp.

Opcional: folha plástica de cor clara, saco ou bandeja

50 x 80 cm, faca pequena, câmera digital.

Quando amostrar:

Qualquer época do ano, mas preferencialmente quando o solo estiver úmido. Se o solo estiver muito seco ou muito úmido será difícil de ser obtida uma amostra representativa. Raízes são melhores vistas em uma área com cultura estabelecida ou logo após a colheita.

Onde amostrar:

Selecione uma área de cultura ou padrão de solo uniforme ou uma área onde há suspeita de restrições físicas. Dentro desta área, planeje uma malha de amostragem para avaliar o solo em 10 pontos, no mínimo. Em áreas experimentais pequenas pode ser necessário a redução deste número para 3 a 5.

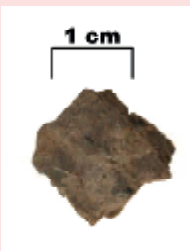
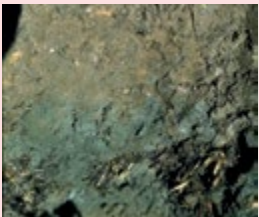


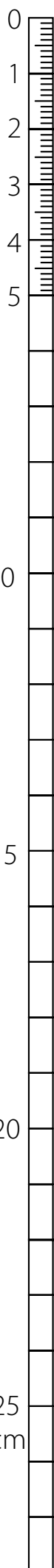
Método de avaliação:		
Passo	Opção	Procedimento
Extração da fatia de solo		
1. Extraia uma fatia de solo	Solo solto	Remova a fatia de solo de ~15 cm de espessura diretamente da profundidade total da pá e coloque a pá com o solo em uma folha, bandeja ou no chão.
	Solo firme	Cave um buraco de acesso um pouco mais largo e profundo que a pá deixando um lado do buraco intacto. No lado intacto, corte cada lado do bloco coma pá e remova o bloco como mostrado abaixo.
2. Examine a fatia de solo amostrado	Estrutura uniforme	Remova qualquer solo compactado ou resíduo ao redor do bloco.
	Duas ou mais camadas com estrutura diferente	Estime a profundidade de cada camada e prepare para atribuir uma nota de qualidade estrutural (Qe) para cada uma separadamente.
Fragmentação da fatia de solo		
3. Fragmente a fatia (tire uma foto – opcional)		Meça o comprimento da fatia e procure camadas. Delicadamente manipule a fatia utilizando as duas mãos para revelar qualquer camada coesiva ou torrões de agregados. Se possível separe o solo em seus agregados naturais e torrões manipulados. Torrões são agregados grandes, duros, coesos e arredondados.
4. Reduza agregados maiores para confirmar a nota		Quebre os agregados e fragmentos até obter um agregado de 1,5 – 2,0 cm. Olhe sua forma, porosidade, raízes e facilidade de quebrar. Torrões podem ser quebrados em agregados não porosos, angulosos e são indicativos de estrutura pobre e nota alta.
Atribuição da nota		
5. Atribua a nota		Compare o solo com as fotos, categoria por categoria, e determine o que mais se assemelhe.
6. Confirme a nota com:	Extração da fatia Forma e tamanho dos agregados Raízes Anaerobismo Fragmentação de agregados	Fatores que aumentam a nota: Dificuldade em extrair a fatia de solo. Maiores, mais angulosos, menos poros, presença de orifícios (buracos) devido a presença de raízes ou minhocas. Agrupamento, engrossamento e achatamento. Regiões ou camadas de solo cinza, que cheira enxofre e apresentam íons de ferro. Reduza agregados para ~ 1,5 – 2,0 cm de diâmetro para revelar seu tipo.
7. Calcule a nota da fatia com duas ou mais camadas de estrutura diferente		Multiplique a nota de cada camada pela sua espessura e divida o produto pela profundidade total, e.g. para uma fatia de 25 cm com 10 cm de profundidade de solo solto (Qe1) sobre uma camada mais compacta (Qe3) de 10-25 cm de profundidade, a nota será $[(1 \times 10)/25] + [(3 \times 15)/25] = Qe\ 2,2$.
Notas: A nota pode ser atribuída entre categorias se a camada apresentar características das duas. Notas entre 1- 3 são geralmente aceitáveis enquanto notas de 4 a 5 requerem mudanças no manejo do solo.		



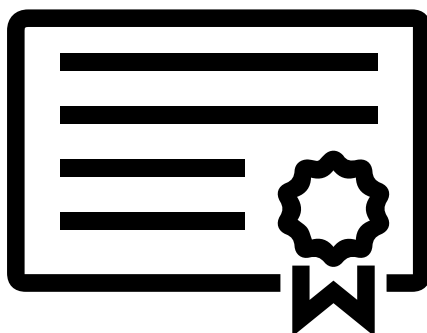
Bruce Ball, SAC (bruce.ball@sac.ac.uk), Rachel M. L. Guimarães, University of Maringá, Brazil (rachellocks@gmail.com), Tom Batey, Independent Consultant (2033@tombatey.f2s.com) and Lars Munkholm, University of Aarhus, Denmark (Lars.Munkholm@agrsci.dk) – Tradução: Rachel M. L. Guimarães e Cássio A. Tormena, Universidade Estadual de Maringá, Brasil

Qualidade Estrutural	Tamanho e aparência dos agregados	Porosidade visível e raízes	Aparência depois do manuseio: vários solos
Qe1 Friável Agregados quebram facilmente com os dedos	Maioria < 6 mm após a quebra	Alta porosidade Raízes por todo solo	
Qe2 Intacto Agregados quebram facilmente com uma mão	Uma mistura de agregados porosos e redondos entre 2 mm – 7 cm Sem presença de torrões	Maioria dos agregados são porosos Raízes por todo solo	
Qe3 Firme Maioria dos agregados quebram com uma mão	Uma mistura de agregados porosos entre 2mm -10 cm; menos de 30% são <1 cm. Alguns torrões angulares não porosos podem estar presentes	Macroporos e fissuras presentes Porosidade e raízes: ambas dentro dos agregados	
Qe4 Compacto Quebrar agregados com uma mão requer esforço considerável	Maioria > 10 cm e são sub-angulares não porosos; possibilidade de horizontalização; menos que 30% são <7 cm	Poucos macroporos e fissuras Raízes agrupadas em macroporos e ao redor dos agregados	
Qs5 Muito compacto Difícil quebra	Maioria são maiores que > 10 cm, muito poucos < 7 cm, angular e não poroso	Porosidade muito baixa. Macroporos podem estar presentes. Pode conter zonas anaeróbicas Poucas raízes e restritas a fissuras	

Aparência depois do manuseio: mesmo solo diferentes manejos	Característica distintiva	Aparência e descrição de agregados naturais ou fragmento reduzido de ~ 1,5 cm de diâmetro	
	 Agregados pequenos		A ação de quebrar o bloco é suficiente para revela-los. Agregados grandes são compostos por agregados menores, presos pelas raízes.
	 Agregados altamente porosos		Agregados quando obtidos são redondos, muito frágeis, despedaçam muito facilmente e são altamente porosos.
	 Agregados com baixa porosidade		Fragmentos de agregados são razoavelmente fáceis de serem obtidos. Apresentam poucos poros e são arredondados. Raízes geralmente crescem através dos agregados.
	 Macroporos bem distintos		Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, em forma de cubo muito angulosos e pontudos e apresentam fissuras internamente.
	 Cor azul-acizentada		Fragmentos de agregados são fáceis de serem obtidos quando o solo está úmido, no entanto, considerável força é necessária. Geralmente não apresentam poros ou fissuras.



CERTIFICADO DO CURSO



O certificado de conclusão é emitido, no mínimo, 30 dias após encerramento do curso, tempo necessário para o instrutor realizar a análise de desempenho de cada aluno, para que, posteriormente, a área de certificação do Sistema FAEP/SENAR-PR realize a emissão.

Você pode acompanhar a emissão de seu certificado em nosso site ***sistematicaep.org.br***, na seção Cursos SENAR-PR > Certificados ou no QRCode ao lado.



Consulte o catálogo de curso e a agenda de datas no sindicato rural mais próximo de você, em nosso site ***sistematicaep.org.br***, na seção Cursos ou no QRCode abaixo.



***Esperamos encontrar você novamente
nos cursos do SENAR-PR.***







SISTEMA FAEP



Rua Marechal Deodoro, 450 - 16º andar
Fone: (41) 2106-0401
80010-010 - Curitiba - Paraná
e-mail: senarpr@senarpr.org.br
www.sistemafaep.org.br



Facebook
Sistema Faep



Twitter
SistemaFAEP



Youtube
Sistema Faep



Instagram
[sistema.faep](https://www.instagram.com/sistema.faep)



Linkedin
[sistema-faep](https://www.linkedin.com/company/sistema-faep)



Flickr
SistemaFAEP