

Capítulo 5

Manejo do Solo para a Cultura do Milho

João Herbert Moreira Viana

José Carlos Cruz

Ramon Costa Alvarenga

Derli Prudente Santana

5.1 Introdução

A estabilidade e a sustentabilidade de sistemas de produção agropecuários são preocupações cada vez mais constantes para toda a sociedade. Os agricultores necessitam ter garantida sua sobrevivência econômica e a sociedade depende da produção agrícola para sua própria existência. Essa estabilidade, por sua vez, somente pode ser mantida se houver um uso adequado e racional dos recursos naturais, especialmente do solo e da água. Outro aspecto a ser considerado são os impactos diretos e indiretos das atividades agropecuárias fora das propriedades, como a geração de resíduos e sedimentos, que podem comprometer os recursos naturais para muito além das cercas das fazendas, como a contaminação de lençóis freáticos e o assoreamento de rios e lagos. Com a expansão urbana e industrial e a ampliação da agricultura irrigada, é crescente a demanda por água, e se faz necessário enfocar a água como insumo estratégico e recurso natural limitado. A agricultura, como uma grande usuária dos recursos hídricos, é apontada como uma das principais degradadoras desse recurso; contudo, embora seja fonte de alguns problemas, esta também pode ser a solução de grande parte deles. O uso ineficiente e a degradação desses recursos são, portanto, assuntos de primordial importância nas análises para o planejamento das práticas de uso e manejo do solo e da água.

O manejo adequado do solo e da água é um pré-requisito que se deve ter sempre em mente quando se propõe estabelecer sistemas sustentáveis de cultivo. Sabe-se que o solo, quando passa a ser cultivado, pode sofrer degradação em seus atributos físicos, químicos e biológicos, de tal maneira que suas características iniciais não são mais mantidas. A intensidade dessa degradação depende grandemente das condições nas quais esse manejo é

executado, além das condições específicas de cada local. Em sistemas mais intensivos de uso, como em agricultura irrigada ou em sistemas onde se produz em safra e em safrinha, o solo é intensivamente cultivado duas ou até três vezes por ano, com grande risco potencial de degradação, em comparação com o sistema tradicional, com apenas um cultivo anual. Além disso, o agricultor, trabalhando com um cronograma de atividades bem definido, muitas vezes executa operações, como o tráfego de máquinas ou preparo de solo, em condições inadequadas de umidade para essas atividades. Isso, invariavelmente, causa danos cumulativos, acelerando a degradação.

Tem sido comum, em áreas com agricultura intensiva e sob irrigação, a presença de pontos onde o solo se apresenta compactado, com o processo de erosão instalado e com produtividade aquém da esperada. Mesmo nessa situação, observa-se, muitas vezes, o desconhecimento, e o que é mais grave, o desinteresse por parte do agricultor em reverter esse quadro. Somente com a tomada de consciência da necessidade da preservação desse recurso será possível reverter esse quadro, com a prática de uma agricultura mais racional, maximizando-se o uso dos recursos naturais e de capital e os rendimentos, e preservando-se o meio ambiente.

Nesse contexto, esse capítulo busca discorrer sobre alguns aspectos importantes para o manejo adequado do solo e da água, e que são de maior relevância para evitar a degradação desses recursos.

5.2 Desafios para o estabelecimento de um manejo adequado de solo e de águas

O planejamento de um sistema de produção deve visar atender a uma série de objetivos simultâneos, quais sejam, permitir a produção com rentabilidade econômica, atender às demandas por quantidade e qualidade de produtos pela sociedade e buscar a preservação dos recursos naturais. Portanto, o estabelecimento de sistemas de manejo deve levar em conta as limitações ambientais, econômicas, técnicas e sociais, além das restrições legais e de cunho particular, em cada caso.

O principal desafio passa, então, a ser a busca de uma solução de equilíbrio entre interesses muitas vezes conflitantes ou concorrentes, como a manutenção do ambiente e a maximização da produção. Alguns pontos, porém, devem ser considerados básicos para o planejamento do manejo, uma vez que levam a perdas irreversíveis, na maioria dos casos, pois podem destruir e inviabilizar os sistemas de produção, assim como outros sistemas, além da sua própria área de ação. Dentre esses pontos básicos, estão a identificação e o tratamento dos fatores de degradação, que afetam em conjunto o solo e a água. Assim, os principais fatores de degradação a serem evitados são:

- Erosão
- Compactação
- Contaminação

5.2.1 Erosão

A erosão é o principal fator de degradação dos solos agrícolas e está presente, em maior ou menor intensidade, em toda área cultivada. Além dos prejuízos que causa às atividades agrícolas, ela também traz prejuízos a diversas outras atividades econô-

micas e, especialmente, ao meio ambiente, devido à poluição que causa. Nas condições brasileiras, a principal forma de erosão é a hídrica, causada basicamente pelas chuvas. O impacto da gota de água da chuva no solo desprende as partículas e as coloca em suspensão. Não havendo transporte, essas partículas se sedimentarão na superfície, durante o processo de infiltração da água no solo, formando uma fina camada, o selamento superficial, que é, juntamente com a compactação, o maior responsável pelo estabelecimento dos processos erosivos. Nessa situação, a taxa de infiltração reduz-se acentuadamente, na medida em que os poros de entrada no solo são obstruídos, ocorrendo com maior intensidade em solos com altos teores de silte. Por outro lado, a compactação ocorre dentro do perfil do solo, geralmente em subsuperfície, entre 10 e 20 cm de profundidade, e pode ser produto da ação humana, pela realização das operações de preparo de solo, principalmente. A compactação reduz a taxa de infiltração de água, que, depois da saturação do espaço poroso, passa a se acumular sobre o solo e causar escoamento superficial, transportando, além das partículas desprendidas, a matéria orgânica, os nutrientes, sementes, defensivos agrícolas e outros materiais em suspensão ou dissolvidos na água. Quando a enxurrada vai perdendo a sua capacidade de transporte, em terrenos mais planos, os materiais arrastados vão sendo depositados. Entretanto, o destino mais comum da água de enxurrada são os cursos d'água, onde causa sérios prejuízos, devido ao assoreamento e à poluição. O seqüestro, via erosão, dos insumos agrícolas da área de produção, causa também sérios prejuízos à atividade agrícola, aumentando os custos de produção. Estando o escoamento superficial de água relacionado com vários atributos do solo e com as condições de superfície do mesmo, o manejo deve ser implementado de maneira integrada e com o maior grau de ajus-

tamento entre as atividades, com vistas a que se consiga um melhor rendimento agronômico com menor custo ambiental, via aumento da resistência do solo à erosão e redução das forças no processo erosivo.

O risco de erosão aumenta à medida que se aumenta o número de vezes que o solo é revolvido por aração e gradagens durante o ano. Sabe-se que o início do escoamento superficial (enxurrada) varia, uma vez que o tempo necessário para que ocorra a saturação do espaço aéreo do solo depende de suas características, principalmente da quantidade e continuidade dos macroporos, da presença de camadas de impedimento superficiais e subsuperficiais e do conteúdo de umidade do solo, no momento do início da chuva. A capacidade de a vegetação e os resíduos vegetais interceptarem ou absorverem água pode retardar o início do escoamento. Nesse caso, a diferença entre a agricultura de sequeiro e a irrigada reside no fato de que, se houver um evento de irrigação e posteriormente ocorrer chuva, o maior conteúdo de umidade na condição irrigada reduzirá o tempo para que haja início do escoamento superficial, aumentando o risco de erosão.

5.2.2 Compactação

A habilidade das plantas em explorar o solo depende grandemente da distribuição de raízes no perfil do solo, que, por sua vez, depende das condições físicas e químicas, que são passíveis de alterações em função do manejo aplicado. Após uma pressão no solo, exercida, por exemplo, pelas rodas dos tratores, de máquinas agrícolas e pelo pisoteio de animais, pode ocorrer a quebra dos agregados e o aumento da densidade do solo, reduzindo a porosidade e, conseqüentemente, causando a diminuição

da troca gasosa, a limitação do movimento de nutrientes na água, a redução da taxa de infiltração de água e o aumento do escoamento superficial, com aceleração da erosão.

A compactação é reconhecida como uma das principais conseqüências do manejo inadequado do solo, aparecendo, geralmente, abaixo da camada cultivada.

A compactação altera o padrão de crescimento das raízes, pelo aumento da resistência e pelo decréscimo na porosidade do solo. Porosidade é um termo que relaciona o conteúdo de água e de ar no volume do solo explorado pelas raízes. Observam-se, em áreas com solo severamente compactado, que as raízes das culturas não penetram na camada compactada, ficando concentradas acima dessa. A água também tem sua taxa de infiltração reduzida e, em conseqüência, aumenta-se o escoamento superficial e, por conseguinte, a erosão.

Na camada compactada, as características químicas e físicas do solo são modificadas, pela redução no número de poros grandes, de modo que o crescimento das raízes sofre uma série de alterações, tanto de ordem morfológica quanto fisiológica, que vão afetar o seu desempenho, crescimento e desenvolvimento. Há uma relação positiva entre profundidade de enraizamento, vigor da planta e rendimento das colheitas, por um lado, e recuperação do solo e desenvolvimento do enraizamento, por outro.

Há muito é conhecido que mudanças na morfologia, hidratação e taxa de respiração podem ser associadas à habilidade da raiz em penetrar solos compactados. Em solos adensados ou compactados, as raízes se mostram curtas e grossas, com alto peso de material seco, e apresentam, também, parede celular

engrossada, sugerindo maior resistência estrutural e maiores taxas de respiração.

Trabalhos de pesquisa mostram que a presença de uma camada compactada, em subsuperfície, foi a responsável pela redução máxima no crescimento do sistema radicular da soja, da ordem de 50,65%, para um Nitossolo, e de 59,68%, para um Latossolo Vermelho. Ainda com relação à soja, observou-se, em um solo da região dos Cerrados, que o crescimento dessa planta era prejudicado a partir do segundo ano de uso do solo. A raiz pivotante não cresceu em profundidade e as laterais cresciam próximas à superfície do solo.

Pesquisas mostraram que as raízes mais grossas do milho eram confinadas nos espaços maiores entre os agregados, mas as raízes médias e finas cresciam ao redor e dentro dos agregados, desde que a densidade aparente desses não fosse superior a $1,8 \text{ gcm}^{-3}$.

A mudança no arranjo dos componentes do solo traz uma série de problemas, cujo somatório contribui para a perda da sua qualidade ou de seu potencial de produção. Desse modo, quando o solo se encontra compactado, há um decréscimo na percentagem de poros grandes, ou macroporos, similar em tamanho e diâmetro às raízes das plantas, o que aumenta a dificuldade de penetração das raízes. Os macroporos são extremamente afetados pela compactação do solo e, com altos níveis de compactação, quase todos os poros não-capilares são destruídos, reduzindo a permeabilidade do solo, o movimento da água e do ar e a penetração das raízes na camada do solo. Daí, avalia-se a importância da adoção de práticas de manejo do solo que mantenham ou recuperem a sua estrutura, recuperando, assim, sua

macroporosidade e a continuidade desses poros. Por outro lado, a microporosidade do solo está relacionada com a retenção de água, ou seja, são esses poros os responsáveis pela maior parte do armazenamento de água.

Pesquisas mostraram que, quando a macroporosidade do solo é reduzida a valores inferiores a 15%, a sua aeração já é afetada, dificultando o crescimento das raízes. Também foi verificado que a maior proporção de raízes ocorreu em solo que apresentou maiores quantidades e continuidade de macroporos. Esses resultados mostram a importância de se ter poros grandes o suficiente para permitir a penetração das raízes das plantas.

Outro atributo a ser considerado no processo de compactação é a textura do solo. Solos constituídos por partículas do mesmo tamanho são menos susceptíveis ao processo de compactação, comparados àqueles onde há presença de argila, silte e areia. Isto se deve ao fato de as partículas de tamanho diferente se arranjam e as menores preencherem os poros entre as maiores. Algumas areias servem para ilustrar essa situação, onde a fração areia fina se ajusta bem nos espaços, provocando alto grau de adensamento, que pode ser observado em solos intensivamente trabalhados, sendo encontradas áreas com acúmulo de água na superfície.

A identificação da camada compactada pode ser feita, no campo, por meio de observações práticas ou utilizando-se equipamentos apropriados, destacando a determinação da densidade do solo, que é o método de maior precisão e largamente utilizado. Apesar de muitas limitações, a resistência de solo é freqüentemente usada para comparação de graus de compactação, por causa da facilidade e rapidez para realização de um grande

número de medidas. Entretanto, comparações diretas entre essas determinações só podem ser feitas quando a textura e o teor de umidade forem os mesmos, pois essas medidas afetam os resultados.

A presença da compactação pode ser notada através de observações dos sintomas visuais que provoca em plantas e no solo, descritos a seguir.

5. 2.2.1 Sintomas visuais no solo

5. 2.2.1.1 Encrostamento ou selamento superficial do solo

O impacto da gota de água de chuva ou de irrigação com a superfície do solo desprende partículas que ficam em suspensão e, à medida que a água vai-se infiltrando, depositam-se na superfície de maneira orientada, de tal modo que formam uma fina camada de impedimento à infiltração de água e de ar, ao mesmo tempo que dificultam a emergência das plântulas. Esse fenômeno, potencialmente, é o ponto de partida para que um processo de erosão seja iniciado, desde que haja excesso de água para o escoamento superficial e energia para o transporte.

5.2.2.1.2 Compactação superficial do solo

O tráfego é o principal causador dessa alteração, sendo possível perceber os sulcos deixados pelos pneus das máquinas e veículos que trafegam sobre o solo. Contabiliza-se essa compactação como o volume de macroporos destruídos proporcional ao volume de espaço criado pelo rebaixamento da superfície do solo em relação à sua posição original.

5.2.2.1.3 Compactação em subsuperfície

A compactação em superfície resulta principalmente das operações de preparo de solo. A água de chuva ou irrigação pode transportar partículas do solo revolvido pelo preparo até a subsuperfície, contribuindo para aumentar o volume de sólidos dessa camada. Um método expedito para se constatar a presença de compactação, a sua espessura e sua profundidade consiste no exame do perfil do solo. Na lateral de pequenas trincheiras abertas, verificam-se as variações na resistência do solo, utilizando-se um objeto pontiagudo, como uma faca. A variação no esforço para se executar o mesmo trabalho em duas camadas de solo é um indicativo forte da presença de camada compactada. Essas observações devem ser completadas com observações na alteração e conformação do sistema radicular, considerando que o crescimento horizontal de raízes indica a presença desse impedimento. O crescimento anormal das raízes na camada mais dura indica a necessidade de rever o método de manejo adotado, para que o processo não evolua. Essa prática exige alguma experiência do examinador, pois deve-se levar em consideração alguma variação de umidade entre as camadas, e mesmo uma diferença devido à transição entre horizontes.

5.2.2.1.4 Água empoçada

Não havendo possibilidade de escoamento do excesso de água, esta permanece sobre a superfície do solo, formando poças nas depressões apresentadas pelo terreno, indicando problemas de infiltração. Esse acúmulo pode causar problemas de aeração em culturas susceptíveis, indicado pelo amarelecimento destas.

5.2.2.1.5 Erosão hídrica

O excesso de água escorrendo superficialmente vai transportando as partículas de solo e, dependendo das condições, a erosão pode se manifestar nas suas diferentes formas, desde laminar, em que se percebe a remoção mais homogênea em toda superfície de pequena camada do solo, até as suas formas mais severas, em sulcos, podendo evoluir para voçorocas.

5.2.2.1.6 Aumento de requerimento de potência para o preparo do solo

A camada compactada oferece maior resistência aos implementos de preparo de solo, de tal maneira que é necessário usar maior potência para executar uma atividade que antes era feita com menor requerimento de potência. Quando essa resistência aumenta acima de um certo limite, em vez de o equipamento romper o solo, ele passa a operar acima dessa camada, indicando a necessidade de uso de um equipamento diferente para romper essa camada.

5.2.2.2 Sintomas visuais em plantas

5.2.2.2.1 Sistema radicular superficial

A camada compactada exerce resistência à penetração das raízes, muitas vezes maior do que a pressão de crescimento destas. Quando isso ocorre, há alteração no seu padrão de crescimento, com mudanças na conformação e disposição, tornando-se mais grossas e tortuosas, portanto menos eficientes em extrair água e nutrientes do solo, podendo crescer mais no sentido horizontal, acima dessa camada.

5.2.2.2 Demora na emergência das plantas

Em consequência da maior dificuldade para a infiltração da água e para que as trocas gasosas ocorram, há, primeiramente, retardamento do processo de germinação da semente. Em seguida, o selamento superficial do solo exerce forte resistência à emergência das plântulas, que desprendem grande energia para romper essa barreira, atrasando a emergência.

5.2.2.3 Padrão irregular de crescimento das plantas

Havendo impedimento para o crescimento radicular, as raízes crescem menos, e exploram menor volume de solo, ficando a nutrição da planta comprometida, afetando o seu desenvolvimento e crescimento. Assim, observa-se um crescimento irregular de plantas, geralmente de porte mais baixo que o normal.

5.2.2.4 Folhas com coloração não característica

Em razão da deficiência nutricional, resultante de menor volume de solo explorado, as folhas apresentam coloração atípica. Esse sintoma também aparece em solos severamente compactados, onde se cria um ambiente de redução, logo acima dessa camada, devido ao acúmulo da água. Esse fenômeno afeta a planta em qualquer fase de seu ciclo, desde a germinação da semente, causando problemas.

5. 2.2.3 Eliminação de camada compactada

Uma vez identificada a presença de camada compactada, e constatado que ela está causando problemas ao desenvolvimento das plantas e degradação do solo, o próximo passo é a sua eliminação. A técnica a ser adotada vai depender da profundidade em

que a mesma se encontra e do grau de problema que ela esteja causando. Em situações onde ela ainda não é muito intensa, é possível contornar o problema modificando o sistema de manejo de solo, com rotação de culturas, incluindo plantas de sistema radicular mais vigoroso, capazes de penetrar em camadas que ofereçam maior resistência. O sistema radicular dessas plantas irá deixar canálculos, por onde penetrarão água e raízes de outras espécies mais sensíveis à compactação. Quando houver a necessidade de sua eliminação, isto poderá ser feito das formas descritas a seguir. Ocorrendo até cerca de 35 cm, ela pode ser rompida com o arado de aiveca ou o arado escarificador. Em profundidades maiores, pelo uso de um subsolador. É importante salientar que os equipamentos de discos são ineficientes nessa operação.

Uma vez rompida essa camada, deve ser traçado um plano de manejo desse solo, que previna o aparecimento futuro de nova camada compactada. Para isso, deve-se lançar mão de técnicas de manejo e conservação do solo que sejam factíveis na realidade onde se trabalha. O uso de implementos que trabalhem a maiores profundidades e, portanto, sejam capazes de romper essa camada compactada, é recomendado em determinadas situações. Há de se considerar, entretanto, que essa técnica requer tanto equipamentos quanto tratores mais pesados, o que, invariavelmente, proporciona maior pressão ao solo, podendo compactá-lo ainda mais.

5.2.3 Contaminação

O solo é o destino normal de vários tipos de resíduos, incluindo os resultantes da própria agricultura, mas também de outras atividades associadas, como as agroindústrias. Muitos desses resíduos podem ser prejudiciais às atividades agrícolas, mas,

em muitos casos, o principal prejuízo é ao meio ambiente e aos recursos hídricos. Dessa forma, as boas práticas agrícolas, que impeçam a contaminação ou permitam que eventuais contaminantes sejam imobilizados ou degradados, podem auxiliar a evitar problemas de difícil solução. Essas práticas incluem o uso adequado de produtos químicos, como os herbicidas e inseticidas, o descarte de seus vasilhames, conforme as normas, e as práticas culturais que evitem a produção e o transporte de sedimentos ou resíduos de culturas, carreando esses produtos. Adubações pesadas, embora não usuais na maioria dos casos, podem ocasionar o risco de contaminação do lençol freático e de águas superficiais, com graves prejuízos ambientais e danos à saúde humana. Outro ponto importante é o uso crescente da adubação orgânica líquida, como o chorume de suínos ou bovinos. Esses materiais podem oferecer quantidades apreciáveis de nutrientes e material orgânico ao solo, melhorando consideravelmente a sua fertilidade, mas também podem ocasionar a contaminação do solo e da água, se usados inadequadamente.

5.3 Planejamento do uso do solo

Para toda situação de uso da terra, o manejo adequado do solo tem de ser buscado visando uma agricultura rentável, tecnicamente correta e sustentável. Para que isso seja alcançado, o primeiro fator a ser considerado é o reconhecimento das classes de solos presentes e de suas características, com vistas a se conhecer as suas limitações e potenciais quanto ao uso. Esse levantamento deve levar em conta a capacidade de suporte da bacia hidrográfica, para que se possa planejar a localização adequada de cada exploração: matas, pastagens, lavouras, áreas de preservação e de lazer, procurando otimizar a produção agrícola e a “produção de água”. Além da localização adequada, é preciso obser-

var a maneira correta de fazê-las. O sistema de produção de milho deve, na medida do possível, e respeitando-se as limitações e peculiaridades de cada caso, estar integrado aos demais sistemas de produção, como os sistemas agrossilvipastoris ou sistemas de integração lavoura-pecuária. A adoção de tecnologias de integração lavoura-pecuária numa visão sistêmica da propriedade agrícola visa, além da recuperação da qualidade do solo e da produtividade das áreas, melhorar as condições socioeconômicas do produtor rural e as condições do meio ambiente. O uso de tecnologias que otimizem o uso de recursos e reduzam o risco de poluição, ao mesmo tempo em que propiciem um melhor controle do sistema, como as técnicas de agricultura de precisão, é recomendado.

De posse desse conhecimento básico, é feito o planejamento de condicionamento da área à proposta de agricultura, decidindo-se pelo melhor uso e manejo, objetivando maximizar o uso da terra, ao mesmo tempo em que se permita a sua permanência como bem não degradado.

5.3.1 Planejamento das vias de acesso

O planejamento conservacionista passa, inicialmente, pela locação dos meios de acesso, que, na medida do possível, deverão ser construídos num nível acima daquele do terreno agricultável. Esse cuidado, embora possa onerar o projeto num dado momento, vai evitar que as estradas se transformem num fator concentrador de enxurrada, o que fará aumentar a erosão e os gastos com a manutenção, além de dificultar o trânsito. As estradas devem ser locadas preferencialmente em nível, pois funcionarão também como um obstáculo ao escoamento superficial da água e, não sendo possível, deverão ser dotadas de camalhões para desvio da água até os terraços, que a distribuirão na área. Essa prática, entretanto, não é recomendada para solos com baixas taxas de infiltração. Nesse caso, deverão ser alocadas bacias

de armazenamento e de infiltração do excesso de água, distribuídas nas laterais das estradas, ou construídos canais escoadouros.

O planejamento das vias de acesso deve considerar, ainda, o tráfego racional das máquinas e equipamentos na área agricultável, de tal modo que seja evitado o trânsito desnecessário sobre o solo, que é um fator importante na sua compactação. Essa compactação na superfície do solo é o principal problema que aparece em áreas onde existe trânsito de veículos, máquinas e outros equipamentos. Não havendo esse planejamento inicial, a cada safra esse fenômeno é agravado, especialmente em agricultura irrigada, onde há um uso intenso e a umidade do solo pode ser inadequada durante o momento de tráfego. A impedância mecânica resultante vai modificar diversos atributos do solo, os quais regulam uma série de reações que afetam decisivamente o crescimento das raízes, reduzindo a produtividade e a taxa de infiltração da água e, conseqüentemente, acelerando os processos erosivos.

Em agricultura irrigada, o manejo dos solos reveste-se de maior importância e cuidado pois, muitas vezes, o agricultor tende a executar algumas operações com o solo em condição imprópria para tal. A condição de umidade do solo é muito importante, pois o manejo em condições de solo seco ou com alto conteúdo de água ocorre com freqüência e contribui muito para a sua degradação.

5.3.2 Planejamento e estabelecimento de práticas de conservação do solo e da água

5.3.2.1 Práticas vegetativas

Pode-se lançar mão de várias tecnologias com vistas a incrementar a proteção do solo aos agentes causadores de erosão. O manejo das plantas pode ser direcionado para que confira maior resistência aos agentes de degradação do solo, sendo conhecido como práticas vegetativas de conservação do solo. A maior

densidade com que as plantas e os seus resíduos recobrem o solo irá conferir-lhe maior grau de proteção. Desse modo, a escolha de uma determinada cultivar de milho, considerando-se igual potencial de produção, pode recair sobre aquela cuja recomendação prevê maior densidade de plantas. Outra possibilidade é a redução do espaçamento, respeitando-se a densidade de plantas por hectare, o que permite melhor distribuição das plantas sobre o solo.

Nessa situação, além do melhor aproveitamento dos fatores de crescimento, a cobertura do solo será mais homogênea, sendo mais efetiva na interceptação da chuva, evitando o seu impacto direto no solo. Na superfície do solo, o efeito do número de plantas ou da redução de espaçamento será notado pelo maior número ou melhor distribuição de colmos, funcionando como barreira ao escoamento superficial de água.

5.3.2.2 Manejo dos restos das culturas

O manejo dos restos das culturas é fundamental na conservação do solo, sendo que sua permanência sobre a superfície contribuirá para maior controle de erosão e para a manutenção da qualidade do solo. É desejável que eles sejam mantidos sobre a superfície, para minimizar o impacto da chuva. Eles desempenham também um efeito atenuador da pressão sofrida pelo solo devido ao tráfego, reduzindo a compactação, e da amplitude térmica no solo, o que favorece a atividade biológica e a dinâmica da água. Também têm um papel importante na conservação da umidade do solo, reduzindo a evaporação, o que contribui para uma economia no uso de água. Segundo resultados de pesquisa, o plantio direto pode causar uma economia de água em torno de 17%. No caso do milho, num cálculo para se estimar a oferta de palha, para cada tonelada de grãos colhidos se consegue pelo menos uma tonelada de palha (relação 1:1). Vale lembrar que o excesso de palha poderá causar algum problema operacional durante o plan-

tio e na emergência das plântulas, e irá requerer maior atenção para com a adubação nitrogenada, devido a uma eventual imobilização desse nutriente pelos microrganismos, podendo causar deficiência às plantas.

Além dessas práticas, a adubação orgânica líquida com chorume de suínos ou bovinos tem crescido. Esses materiais podem oferecer quantidades apreciáveis de nutrientes e material orgânico ao solo, melhorando consideravelmente a sua fertilidade. Soma-se a isto o fato de que essa prática transforma um produto que quase sempre é perdido e polui o meio ambiente em um insumo de baixo custo e alta qualidade. A vantagem em se aplicar chorume por aspersão, em relação ao sistema tratorizado de distribuição em tanque-vácuo ou na forma sólida, é que os custos de aplicação são reduzidos, o tempo gasto é menor e o tráfego é reduzido, com isso, reduzindo-se problemas de compactação do solo.

5.3.2.3 Terraceamento

O escoamento superficial de água é fortemente influenciado pelo declive, ou seja, a probabilidade de haver erosão aumenta com o aumento da declividade do terreno, existindo um comprimento crítico do declive a partir do qual a erosão hídrica aumenta, sendo necessário interceptar o escoamento para que o fenômeno da erosão seja minimizado; a maneira mais eficaz é o seccionamento do comprimento do declive, mediante a construção de um sistema de terraceamento. Embora a sua eficiência seja inegável, deve-se ter em mente que terraço não é sinônimo de conservação do solo; por isso, deve ser sempre empregado em associação com outras técnicas de manejo e conservação do solo e da água, com vistas a que o sistema seja o mais sustentável possível. Nunca é demais lembrar que o sistema de terraceamento não resolve o problema da erosão na faixa de plantio entre os terraços. Nesse caso, é necessário que outras tecnologias de manejo de solo, de água e de plantas sejam associadas, para que esse problema seja minimizado.

É possível fazer coincidir o período de precipitação mais intensa, no início do verão, com culturas já estabelecidas, o que aumentará a densidade de vegetação nessa época de maior risco de erosão. Excepcionalmente, em condições de plantio direto, há uma corrente de pensamento que defende a retirada dos terraços. Entretanto, em alguns casos, essa prática tem causado o retorno da erosão, principalmente em áreas com solos de textura média. Recentemente, pesquisas demonstraram a necessidade de manutenção dessas estruturas, mesmo em áreas sob o sistema de plantio direto, como forma de minimizar os prejuízos advindos da erosão, pois, a partir de determinado comprimento de declive, o volume da enxurrada aumenta e passa a escorrer por debaixo da camada de resíduos, erodindo o solo. Existe também a possibilidade de perda de nutrientes pela lavagem da palhada das culturas, e sua remoção pelas águas, em escoamento superficial.

Os dois principais tipos de terraços que se têm usado em terras agricultáveis são o de base larga e o de base estreita. Eles podem, ainda, ser construídos em nível, também chamados de terraço de armazenamento de água. Em solos com baixa taxa de infiltração de água, o tipo de terraço indicado é com gradiente, para drenar o excesso de água, que será conduzido para canais escoadouros naturais, artificiais ou para bacias de contenção, armazenamento e infiltração.

O terraço de base larga apresenta algumas vantagens sobre o de base estreita, as quais são decisivas na sua escolha. A primeira delas é que não constituem obstáculo ao tráfego, pois pode-se transitar e plantar sobre eles, o que elimina muitas manobras de veículos e máquinas sobre a área. Essa racionalização no tráfego reduz a compactação superficial e, por conseguinte, a erosão, diminui o consumo de combustíveis, melhora o rendi-

mento das operações realizadas nas diversas fases das culturas e o ganho de tempo em todas as etapas. A outra vantagem é que há o aproveitamento total da área agrícola. Programas computacionais têm possibilitado dimensionar e otimizar a implantação e o manejo de sistemas de conservação de solos e de drenagem de superfície, constituindo-se, desta forma, em poderoso aliado para o planejamento conservacionista e, conseqüentemente, para o próprio desenvolvimento sustentável da agricultura.

5.3.3 Preparo do solo

A seleção do sistema de preparo e manejo do solo é fator imprescindível para a obtenção de altas produtividades. Entretanto, deve-se ter em mente que esse objetivo não se resume ao próximo período agrícola apenas, mas, também, deve visar o longo prazo. Para que isso aconteça, as alterações físicas indesejáveis ao solo devem ocorrer no menor grau possível, ao mesmo tempo em que se busca a manutenção do solo como um recurso não degradado e a menor interferência possível no meio ambiente.

O que se pretende com o preparo do solo, ao menos temporariamente, é obter as condições iniciais favoráveis ao crescimento e estabelecimento das plantas, de tal maneira que se assegurem altos rendimentos e o retorno dos investimentos realizados. Especialmente sob condições de manejo intensivo do solo, deve-se ter em mente o alto risco à degradação do solo como resultado do manejo irracional. Em razão disto, deve-se buscar um sistema que não mobilize o solo mais do que o necessário, como forma de minimizar as alterações físicas, o que, por sua vez, causará menor impacto sobre as taxas de escoamento superficial e de infiltração da água no solo. Essas taxas têm efeito direto sobre a umidade do solo, que, por sua vez, desempenha um importante papel na compactação.

Por isso, o preparo do solo deve ser efetuado preferencialmente em condições de friabilidade, nas quais apresenta baixa resistência ao preparo e alta a moderada capacidade de suporte de carga, e resistência à compressão. Verifica-se que a umidade crítica de compactação está contida na faixa de umidade onde o tráfego de máquinas é normalmente realizado. Sugere-se que o tráfego de máquinas não seja realizado quando a umidade do solo for aproximadamente igual ao limite de plasticidade, o que evita maiores riscos de compactação do solo. Pesquisas sugerem a utilização de alguns atributos do solo, tais como 90% do limite de plasticidade, 90% da água retida a $-0,01$ MPa ou a água retida a $-0,033$ MPa, como tentativa de obtenção da umidade crítica de compactação. A condição ideal para mobilização do solo é aquela em que o teor de umidade do solo esteja abaixo desses valores.

As técnicas de manejo e preparo do solo podem ser agrupadas em duas classes, conforme o grau de impacto que elas causam ao solo. A primeira delas é a de preparo convencional, e a outra, de manejo ou preparo conservacionista do solo.

5.3.3.1 Preparo convencional do solo

O preparo convencional do solo se dá em duas etapas. Na primeira, o preparo primário, faz-se aquela operação inicial de mobilização do solo, mais profunda e grosseira, que visa essencialmente eliminar ou enterrar as plantas daninhas e os restos culturais e, também, melhorar as condições ao solo visando facilitar o crescimento inicial de raízes e a infiltração de água. A segunda etapa é constituída por operações superficiais subseqüentes ao preparo primário, e são feitas normalmente com grades. Constituem o nivelamento e o destorroamento do terreno, com eliminação de plantas invasoras, de forma a permitir um ambiente favorável ao plantio e ao desenvolvimento inicial das plantas.

Os métodos mais tradicionais de preparo convencional do solo são aqueles em que se utilizam arados e grades para o preparo primário.

5.3.3.1.1 Arado de disco

Trabalha a uma profundidade média de 20 cm, incorporando parcialmente os resíduos vegetais e plantas daninhas. Como vantagens, ele se adapta bem aos vários tipos e condições de solo, como os pedregosos ou os recém-desbravados, onde ainda existam raízes e tocos e promove uma boa mistura de calcário ao solo. Suas desvantagens são o baixo rendimento do trabalho e alto consumo de combustível na operação. Em terrenos com grande quantidade de massa vegetal na superfície, ele poderá embuchar.

5.3.3.1.2 Grade aradora

As grades pesadas, assim como os outros equipamentos de discos, são agentes causadores de maior compactação, pois o peso total do equipamento é distribuído numa área muito pequena do disco. Provavelmente, a opção pela grade aradora se faz em função da possibilidade de ser obtido maior rendimento do serviço com menor consumo de combustível, além de se conseguir realizar tanto a aração primária quanto a secundária, destorroamento e nivelamento, com esse implemento. Pode ser utilizada em condições desfavoráveis, como solos recém-desbravados, com tocos e raízes, ou com alta infestação de plantas daninhas, além de ser um equipamento de fácil regulagem. Suas desvantagens são a compactação excessiva a menor profundidade, o que reduz o espaço radicular e a capacidade do solo de armazenar água, a pulverização do solo, sendo essa tanto maior quanto maior for o número de vezes que ela é utilizada, o que vai facilitar

a erosão, e também o fato de deixar pouca cobertura morta sobre a superfície.

5.3.3.1.3 Arado de aiveca

A procura por esse equipamento tem aumentado em alguns segmentos da agricultura, em virtude de algumas vantagens que ele apresenta, uma vez que penetra à profundidade de até 40 cm e é eficiente na descompactação. Faz melhor enterrio de restos vegetais e sementes de invasoras, fazendo melhor controle dessas. Suas desvantagens são a dificuldade para trabalhar em áreas onde existam muitos tocos e raízes, embora a indústria venha trabalhando para dotá-lo de mecanismo de segurança, reduzindo essa limitação e menor adaptabilidade a diferentes solos. Para solos pegajosos, o mais recomendado é a aiveca com telha tombadora recortada. Para os de textura média, o arado com telha inteiriça ou lisa é mais apropriado, embora deixe muito pouco resíduo vegetal na superfície. Demanda maior potência na tração para realizar aração profunda, o que, de certa forma, aumenta os riscos de compactação, devido ao maior peso dos tratores que são empregados.

5.3.3.2 Preparo conservacionista do solo

A partir do início dos anos 90, aumentou muito o interesse por métodos conservacionistas de manejo de solos. Neles, se busca ajustar tecnologias que possibilitem aliar menor mobilização do solo e preservação da matéria orgânica, que é, reconhecidamente, de fundamental importância não só para a sustentabilidade do ecossistema, mas também pela influência direta e indireta nos processos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos. Esses métodos revolvem menos o solo e deixam maior quantidade de resíduos culturais sobre a sua superfície, conferindo-lhes maior

resistência contra os agentes causadores de degradação, especialmente a erosão hídrica.

Dois métodos merecem destaque, devido ao seu papel conservacionista, baixo nível de dano e alto nível de proteção ao solo, de tal modo que é possível aliar produtividade e conservação do solo e água, binômio este da maior importância quando se busca a sustentabilidade em sistemas agrícolas.

5.3.3.2.1 Arado escarificador

A principal característica desse arado é que, no preparo, ele somente “afrouxa” o solo, sem revolvê-lo muito e sem causar compactação, trabalhando até uma profundidade de 0,4 m e, quando dotado de rolo destorroador/nivelador, dispensa a gradagem. É de grande eficiência na descompactação de solo e, para tanto, deve ser empregado quando o solo apresentar-se mais seco, mas ainda dentro da faixa de friabilidade, para que não haja formação de grande quantidade de torrões grandes. Apresenta bom rendimento e proporciona bom desenvolvimento radicular e facilidade para a infiltração de água. O diferencial entre esse equipamento e aqueles de preparo convencional reside no fato de que o escarificador possibilita que grande parte dos resíduos vegetais continue sobre a superfície do solo.

Como desvantagens ele pode apresentar, em áreas onde existam muitos tocos e raízes, um trabalho de pior qualidade, mesmo aqueles equipamentos dotados de mecanismos de desarme automático. Onde existe uma massa vegetal muito densa, pode ocorrer embuchamento do equipamento, inclusive naqueles dotados de disco de corte de palha. Nessa situação, deve-se dedicar maior atenção às operações que antecedem a aração, como cuidar para que os resíduos vegetais estejam uniformemente distri-

buídos e que estes estejam secos. Caso estejam apenas murchos, a operação de corte é prejudicada, aumentando os riscos de embuchamento e diminuindo a qualidade do plantio. Como ele não inverte a camada superficial do solo, haverá a pronta emergência de plantas daninhas, devendo haver um perfeito conhecimento sobre o uso de herbicidas no momento adequado.

5.3.3.2.2 Sistema plantio direto

Apresenta-se como a técnica com melhores condições de manter a sustentabilidade do solo, principalmente em sistemas de uso intensivo, onde são realizados dois ou mais cultivos ao ano. Nessas condições, o solo será intensivamente mobilizado quando se adotar o preparo convencional. Por outro lado, o sistema plantio direto limita essa mobilização ao sulco de plantio, onde são depositadas as sementes e fertilizantes, permanecendo o restante da superfície sem qualquer revolvimento e protegida pelos resíduos das culturas anteriores. O sistema plantio direto foi desenvolvido com o objetivo principal de proteger o solo contra a erosão e, assim, evitar a degradação acelerada do mesmo. Desse modo, o potencial produtivo do solo é assegurado ao longo do tempo. Houve uma grande evolução tecnológica do sistema de plantio direto no Brasil, desde a sua introdução, na década de 70 e, hoje, já é possível assegurar o controle de erosão associado a produções equivalentes ou até mesmo superiores às dos métodos convencionais de preparo do solo e, o que é mais importante, assegurar essas altas produtividades no decorrer de vários anos.

Entretanto, vale ressaltar alguns pontos importantes que devem ser considerados quando se pretende implantar o sistema de plantio direto. Os cuidados com o solo começam antes da implantação do plantio direto, havendo necessidade de conhecer a

fertilidade atual e as condições físicas do solo com o qual se vai trabalhar. De posse desses conhecimentos, planejam-se, então, as etapas iniciais, ditas de “condicionamento do solo”, que dizem respeito à eliminação de camadas compactadas e à incorporação de corretivos e fertilizantes. Além desses cuidados iniciais, existem outros que devem ser tomados, como a eliminação de plantas daninhas perenes e outras muito agressivas, que, quando identificadas, devem receber um controle específico. Em solos que apresentem erosão em sulcos, estes devem ser eliminados, de maneira que a superfície do terreno seja mais nivelada, favorecendo um plantio à mesma profundidade, o que garantirá maior uniformidade da lavoura.

Um último passo antes de se implantar o sistema de plantio direto, e que deve ser mantido constantemente, é o de formação de uma cobertura morta sobre o solo, conseguida através do manejo dos resíduos da cultura anterior, ou com plantas cultivadas com essa finalidade. Como o sistema de plantio direto mantém os resíduos na superfície, podem aumentar os riscos de que ocorram algumas pragas e doenças. Portanto, a rotação de culturas deve ser adotada como regra, especialmente como medida para tentar reduzir a incidência dessas pragas e doenças. A rotação também tem papel importante na nutrição das plantas, pois é sabido que o sistema de plantio direto modifica a dinâmica dos nutrientes. Assim, atenção especial deve ser dada, principalmente nos primeiros anos de implantação da técnica, quando poderá ocorrer maior imobilização de nutrientes na biomassa de resíduos de plantas e microbiana do solo, para o caso particular do nitrogênio. Deixar os resíduos da cultura anterior sobre a superfície do solo, como cobertura morta, é uma das práticas mais eficientes de controle da erosão. Além de impedir o impacto direto das gotas de chuva ou de irrigação sobre o solo, evita o despren-

dimento das partículas, favorece a atividade biológica, a infiltração de água e constitui uma barreira ao escoamento da enxurrada, além de manter a umidade do solo por mais tempo, pois dificulta a evaporação da água. A presença da cobertura morta auxilia também no controle das plantas daninhas, dependendo da sua quantidade e distribuição, podendo haver uma economia significativa de herbicidas após o estabelecimento de cobertura do solo com resíduos em plantio direto, o que é um fator extremamente importante tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Outra consideração diz respeito à economia de água com a adoção do sistema. Avaliação do conteúdo de água no solo, realizado na Embrapa Milho e Sorgo, em Latossolo Vermelho, sob diferentes condições de uso, durante um período de veranico, mostrou que, sob plantio direto de milho, a perda de água do solo foi acen-tuadamente menor do que sob preparo com arado de disco ou sob vegetação de cerrado (Tabela 5.1), o que indica uma economia de água em favor do sistema de plantio direto.

O sistema de plantio direto promoveu uma redução substancial nas perdas de solo e de água em relação aos métodos convencionais de preparo do solo, o que demonstra a eficiência do método conservacionista para a sustentabilidade do solo, contribuindo, dessa maneira, para a preservação do meio ambiente e para a economia de água.

Verificou-se, também, que a dinâmica da água parece não se alterar muito, quando se mantêm pelo menos 6 t ha^{-1} de resíduos sobre a superfície do solo, o que causa um diferencial na evaporação da água do solo, o que significa economia no consumo de água. Vários trabalhos de pesquisas mostraram economia de água em favor do sistema de plantio direto, em comparação ao método convencional.

Tabela 5.1. Teor de umidade de um Latossolo Vermelho cultivado com milho, em sistema de plantio direto, em função do prolongamento do período de veranico. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 1996.

Tratamento	Palha	Dias de Veranico		
		2	5	10
	t ha ⁻¹	g kg ⁻¹		
<i>Plantio Direto</i>	0	368,5	326,0	247,8
<i>Plantio Direto</i>	3	311,5	315,0	252,8
<i>Plantio Direto</i>	6	396,3	373,3	289,8
<i>Plantio Direto</i>	9	357,3	330,3	262,3
<i>Plantio Direto</i>	12	373,1	348,0	292,3
<i>Cerrado</i>	-	400,1	309,9	265,4
<i>Arado de Disco</i>	-	277,0	253,0	248,0

Nesse sistema, deve haver, ainda, um controle rigoroso do tráfego sobre o solo, observando-se as condições de umidade, com vistas a que a compactação superficial não venha a se tornar um problema. Para isto, deve-se evitar movimentação quando o solo estiver com umidade na faixa superior do limite de friabilidade ou acima dela, conforme já se discutiu anteriormente.

5.4 Considerações finais

O uso criterioso dos recursos naturais não é apenas uma obrigação ética e social do agricultor, mas também a garantia de seu sucesso imediato e futuro. A agricultura deve produzir vários tipos de produtos para a sociedade, além do próprio produto agrícola. Entre estes se incluem a água e um espaço rural limpo e saudável. Resultados comprovam que, em muitas situações em que se praticam os conceitos de sustentabilidade, onde o manejo

adequado do solo propicia maior infiltração de água, a agricultura vem contribuindo para aumentar a “produção de água” e para a melhoria de sua qualidade. Dessa forma, o milho, uma das principais culturas agrícolas no Brasil e no mundo, tem um papel fundamental a cumprir, que transcende em muito as porteiras da fazenda, e que necessariamente passa pelo planejamento e manejo racionais do solo e da água, baseados em conceitos e tecnologias já existentes. Muitos desses conceitos e tecnologias já vêm sendo praticados há muitos anos, embora, muitas vezes, sejam desconhecidos ou pouco difundidos para a sociedade. Há aqui uma grande oportunidade para que instituições públicas e privadas somem esforços no sentido de uma maior divulgação e utilização desses conceitos e tecnologias.

5.5 Referências

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; PACHECO, E. B. Preparo do solo. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte, v. 13, n.1 47, p. 40-45, 1987.

CASTRO, O. M. de. **Preparo do solo para cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41 p. (Boletim Técnico n. 3).

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. p. 183-223.

LANDERS, J. N. (Coord). **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Brasília, DF: APDC, 1994. 261 p.

MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, p. 52-55, 1987.

MARQUES, J. J. G. de S. e M.; ALVARENGA, R. C.; CURTI, N.; SANTANA, D. P.; SILVA, M. L. N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados - primeira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 427-434, 1997.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. F. C.; COUTO, L.; BRITO, R. A. L. **Água**: recurso natural finito e insumo estratégico. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 16).

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 103-106, 1983.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, p. 15-20, nov./dez. 2000.