

Manejo e Conservação do Solo e da Água em Sistema de Plantio Direto no Cerrado



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

Documentos 258

Manejo e Conservação do Solo e da Água em Sistema de Plantio Direto no Cerrado

*Marcos Aurélio Carolino de Sá
João de Deus Gomes dos Santos Junior
Cláudio Alberto Bento Franz*

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Fernando Antônio Macena da Silva*

Secretária-Executiva: *Marina de Fátima Vilela*

Secretária: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Jussara Flores de Oliveira Arbués*

Equipe de revisão: *Francisca Elijani do Nascimento*

Jussara Flores de Oliveira Arbués

Assistente de revisão: *Elizelva de Carvalho Menezes*

Normalização bibliográfica: *Paloma Guimarães Correa de Oliveira*

Editoração eletrônica: *Wellington Cavalcanti*

Capa: *Wellington Cavalcanti*

Foto(s) da capa: *Leo Nobre de Miranda*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Sousa*

Alexandre Moreira Veloso

1ª edição

1ª impressão (2009): tiragem 100 exemplares

Edição online (2009)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

S111m Sá, Marcos Aurélio Carolino de.

Manejo e conservação do solo e da água em sistema de plantio direto no Cerrado / Marcos Aurélio Carolino de Sá, João de Deus Gomes dos Santos Junior, Cláudio Alberto Bento Franz. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2009.

53 p. — (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081 ; 258).

1. Solo. 2. Água. 3. Plantio direto. I. Santos Junior, João de Deus Gomes do. II. Franz, Cláudio Alberto Bento. III. Título. IV. Série.

631.4 - CDD 21

© Embrapa 2009

Autores

Marcos Aurélio Carolino de Sá

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

carolino@cpac.embrapa.br

João de Deus Gomes dos Santos Junior

Engenheiro Agrônomo, D.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

jdsantos@cpac.embrapa.br

Cláudio Alberto Bento Franz

Engenheiro Agrícola, M.Sc.

Pesquisador da Embrapa Cerrados

franz@cpac.embrapa.br

Apresentação

Em paralelo ao grande crescimento populacional brasileiro verificado nas décadas mais recentes, houve notório desenvolvimento nos meios de produção, que fizeram do Brasil uma grande potência agrícola mundial. Os solos do Cerrado, que no passado eram considerados áreas marginais para produção agropecuária, hoje figuram entre os mais produtivos do planeta, graças às tecnologias agropecuárias desenvolvidas. Entre essas tecnologias, sistemas de manejo conservacionistas do solo, e entre eles o plantio direto, muito contribuíram para atingir esse patamar que hoje coloca o Brasil numa posição de destaque no cenário mundial. Mesmo assim, interpretações equivocadas acerca do manejo do solo nesse sistema, principalmente as relacionadas ao terraceamento e ao abandono do cultivo em nível, têm possibilitado a volta da erosão ao cenário agrícola – erosão essa que se julgava sob controle –, o que tem despertado a preocupação de técnicos e pesquisadores. Diante dessa realidade, surge a necessidade de uma abordagem técnica relacionada ao manejo e conservação do solo e da água em plantio direto, transmitindo os conceitos básicos em linguagem didática e acessível aos extensionistas, produtores, estudantes, técnicos e interessados em geral, com o objetivo de contribuir para a conscientização de todos aqueles envolvidos nos sistemas de produção que utilizam o sistema de plantio direto e que almejam uma agricultura sustentável.

José Robson Bezerra Sereno
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução.....	9
O Bioma Cerrado: características e importância.....	11
Manejo do Solo e suas Implicações.....	15
Os elementos do manejo como pilares de uma agricultura sustentável	15
O paradoxo tropical e o caráter conservacionista do sistema de plantio direto	21
O plantio direto e a conservação do solo e da água	31
Requisitos básicos para um sistema de manejo conservacionista ..	32
Plantio direto em linha reta: uma situação sustentável?	39
Terraceamento em sistema de plantio direto	43
Considerações Finais	47
Agradecimentos	48
Referências	48
Abstract.....	53

Manejo e Conservação do Solo e da Água em Sistema de Plantio Direto no Cerrado

Marcos Aurélio Carolino de Sá

João de Deus Gomes dos Santos Junior

Cláudio Alberto Bento Franz

Introdução

É notória a preocupação mundial com a conservação dos recursos naturais. Num cenário atual, as atenções mundiais têm se voltado para o Brasil, principalmente com relação à preservação da Amazônia. Nesse contexto, o domínio do Cerrado apresenta grande importância por ser uma das últimas fronteiras agrícolas do planeta, onde uma exploração racional pode contribuir para minimizar a pressão e impactos negativos na região Amazônica. Embora a área cultivada tenha aumentado nas décadas mais recentes com a incorporação de vastas áreas do Cerrado ao processo produtivo, os aumentos em produção e produtividade seguiram taxas muito maiores. No Brasil, em meados dos anos 1970, era produzido, em média, cerca de uma tonelada de grãos por hectare. Atualmente, esse valor foi triplicado. Esse resultado pode ser atribuído ao conhecimento gerado pela pesquisa agropecuária durante esse período e pelas políticas públicas adotadas para a região.

Culturas foram geneticamente melhoradas, visando adaptação, produtividade e resistência a pragas e doenças. Tecnologias para manejo da fertilidade do solo, manejo fitossanitário, manejo de irrigação e maquinários mais eficientes foram desenvolvidos. Em meados da década de 1970, surge o sistema de plantio direto, cuja área apresentou expressivo crescimento a partir da década de 1990,

inicialmente na Região Sul do país e posteriormente no Cerrado. Esse aumento ocorreu devido à característica do sistema em aliar princípios conservacionistas de manejo a baixo custo energético e consequente maior retorno econômico, pois dispensa o preparo de solo anual, mantendo-o coberto com restos culturais e reduzindo significativamente as perdas de solo por erosão. Com certeza, ao lado de toda a evolução da ciência agrônômica nesse período, o sistema de plantio direto também contribuiu para a competitividade do agronegócio brasileiro.

Entretanto, o plantio direto é um sistema complexo. Não basta apenas o agricultor adaptar ou adquirir uma semeadora de última geração projetada para operar sobre palhada, adaptar um picador de palha na colhedora e decorar uma lista de herbicidas para controle de plantas daninhas. É necessário obedecer a uma série de requisitos agrônômicos básicos, que vão desde o condicionamento do solo em uma fase anterior à implantação do sistema, passando pelo correto manejo do solo e da lavoura, rotação de culturas e utilização de práticas conservacionistas, antes e após a sua implantação.

Recentemente, a crença de que o plantio direto atenderia a todos os requisitos de um bom manejo conservacionista levou muitos agricultores a eliminar os terraços, prática que se iniciou no Sul do Brasil e depois se espalhou pelo Cerrado. Como resultado, a erosão, que se julgava controlada, voltou a aparecer em algumas áreas. Embora seja uma das principais causas da degradação do solo em todo o mundo, a erosão acelerada em áreas agrícolas nada mais é do que um sintoma decorrente do manejo inadequado.

Esta publicação aborda os elementos do manejo do solo como pilares de uma agricultura produtiva e estável e, dentro desses elementos, enfatiza a importância de práticas conservacionistas em sistema de plantio direto, tendo como base o conhecimento científico, fruto de resultados obtidos pelas instituições de pesquisa agrícola ao longo de todos esses anos. Para quem está envolvido com o setor agropecuário – seja na pesquisa, ensino, extensão e principalmente na linha de frente, ou seja, o agricultor –, é importante sempre ter em mente um grande ensinamento do engenheiro agrônomo João Quintiliano de

Avelar Marques, um dos pioneiros nas pesquisas sobre a conservação do solo no Brasil: *“Quem explora a terra não pode deixar que ela se esgote. Este princípio é básico para a sobrevivência do nosso planeta”*¹.

O Bioma Cerrado: características e importância

O Bioma Cerrado ocupa 24 % do território brasileiro, com uma área de aproximadamente 204,7 milhões de hectares (Fig. 1a), onde cerca de 80 milhões de hectares encontram-se atualmente sob diferentes usos e 124,7 milhões de hectares sob vegetação natural remanescente, incluindo-se áreas antropizadas sob vegetação secundária e pastagens nativas (SANO et al. 2008). De acordo com Resck et al. (2008), cerca de 125 milhões de hectares do Bioma Cerrado são apropriados para atividades agrícolas, dos quais 94 milhões de hectares são ocupados por Latossolos (46 % da área total), 31 milhões de hectares são ocupados por Neossolos Quartzarênicos (15,2 % da área total), aproximadamente a mesma área ocupada por Argissolos (Fig. 1b). Os Latossolos apresentam maior potencial agrícola, devido aos teores mais elevados de argila, matéria orgânica e maior retenção de água quando comparados aos Neossolos quartzarênicos (RESENDE et al., 2002; RESCK et al., 2008), sendo os Argissolos mais indicados para pastagens e culturas perenes, por apresentarem declividades mais elevadas. Considerando-se 20 % da área ocupada por Latossolos e Neossolos Quartzarênicos como reserva legal e áreas de proteção permanente preconizadas pelo arcabouço legal vinculado ao Código Florestal – Lei 4.771 de 1965, modificado pela Lei Federal nº 7803/1989, cerca de 100 milhões de hectares estariam disponíveis para cultivo. Embora esses solos ocupem posições na paisagem com declividades entre 0 % e 8 %, o que os torna bastantes propícios à mecanização, requerem práticas conservacionistas adequadas, devido também aos comprimentos de rampa elevados (RESCK et al., 2008).

O clima do Cerrado possui uma característica estacional, com período chuvoso que se estende de outubro a abril, e períodos de seca que

¹ Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.19, n.191, p.1-2, 1998.

duram de 4 a 7 meses (Fig. 1c), podendo apresentar períodos sem chuva durante a estação chuvosa (veranicos). Na região nuclear do Bioma – Planalto Central –, a quantidade de chuva acumulada fica, em média, 1.400 mm anuais, podendo variar de 2.000 mm ao norte, nas regiões de influência amazônica, até menos de 1.000 mm a nordeste, em partes do Piauí e Bahia, já próximo da região semiárida. Dessa forma, há boa quantidade de chuva para o estabelecimento de uma safra principal com culturas anuais, sendo uma segunda safra (safrinha) limitada em algumas regiões, seja para a produção de grãos ou mesmo palha para cobertura morta e adubação verde, no sistema de plantio direto (RESCK et al, 2008).

Nas últimas décadas, a pressão sobre os recursos naturais dessa região tem aumentado em função do crescimento populacional brasileiro, que vem ocorrendo em uma tendência exponencial (Fig. 2a) e do crescimento da demanda externa por produtos agrícolas. De acordo com dados do IBGE, em 1900 o Brasil tinha uma população de aproximadamente 17 milhões de pessoas. Em 1950, essa população já havia atingido aproximadamente 52 milhões. Ao final dos anos 1970, essa população já havia dobrado, para atingir aproximadamente 147 milhões em 1991. Estima-se que atualmente a população brasileira esteja em 186 milhões de pessoas. Com esse aumento populacional, aumentaram também as demandas por água, alimentos, fibras, madeira e energia. No Brasil, de 1977 até 2009, houve aumento na área plantada, numa taxa de 0,2221 milhões (222 mil) de hectares/ano (Fig. 2b). Entretanto, esse aumento pode ser considerado pequeno, se comparado ao aumento considerável na produção de grãos nesse período, conforme apresentado na Fig. 2c, numa taxa de 2,9 milhões de toneladas por ano, resultado principalmente do aumento de produtividade, que ocorreu a uma taxa de 0,0588 t/ha/ano ou 58,8 kg/ha/ano. A julgar pelas inclinações das retas, observadas graficamente nas Fig. 2b e 2c, esses aumentos, tanto na produção quanto na produtividade, ocorreram a taxas mais elevadas do que o aumento na área plantada e podem ser atribuídos, principalmente, aos resultados gerados pela pesquisa agropecuária nesse período, com ênfase no melhoramento genético, manejo da fertilidade do solo, mecanização, irrigação, controle de pragas e doenças.

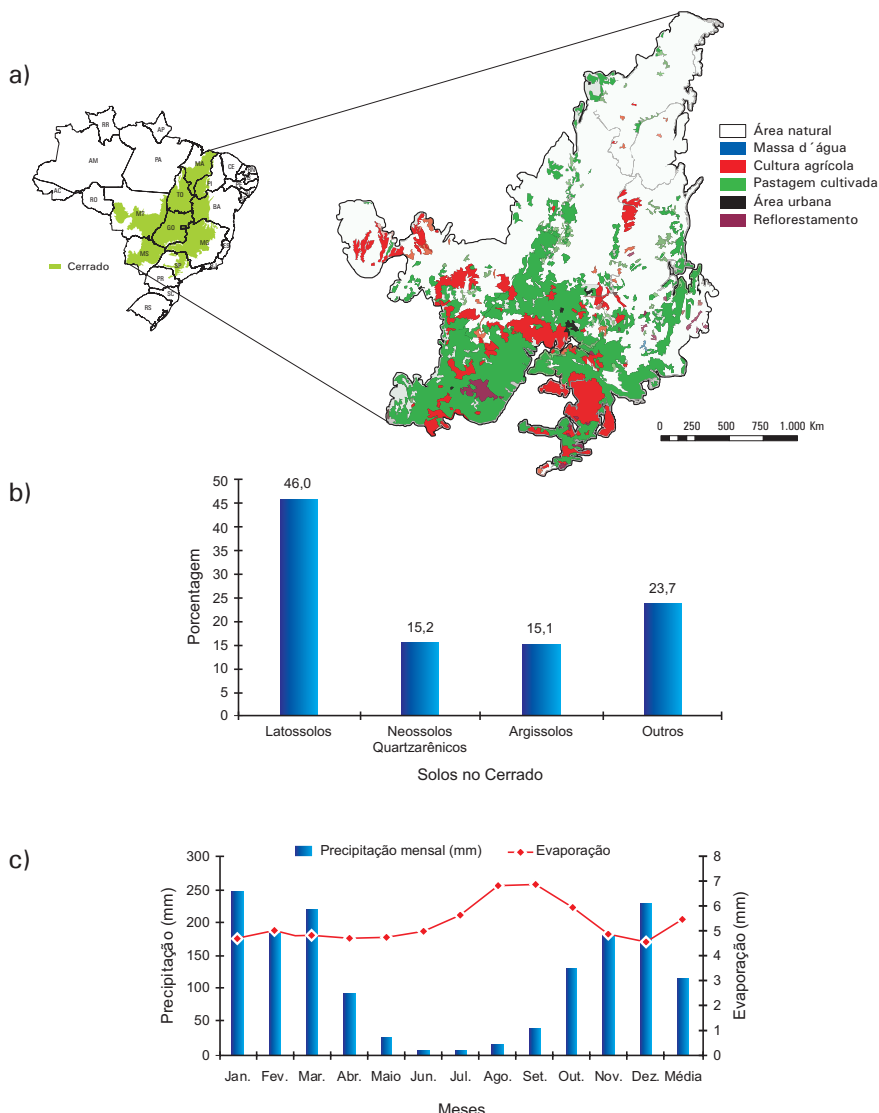


Fig. 1. (a) Distribuição espacial das classes de uso da terra no Cerrado em 2002 (adaptado de SANO et al., 2008); (b) Distribuição percentual das classes de solos no Cerrado (adaptado de ADÂMOLI et al., 1986); e (c) Distribuição da precipitação pluvial mensal e evaporação do tanque classe A para o período de 1974 a 2007, na estação meteorológica principal da Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF.

Fonte: Adaptado de Resck et al., 2008.

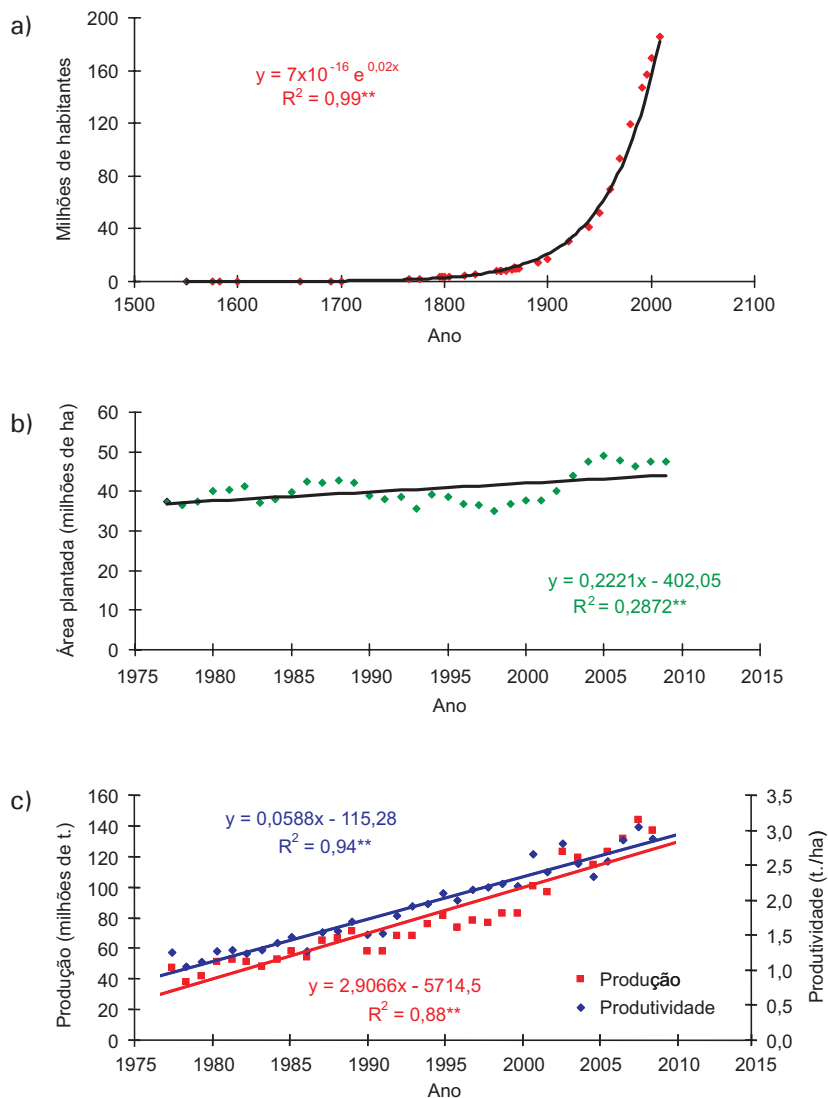


Fig. 2. (a) Evolução da população brasileira; (b) evolução da área plantada no Brasil, de 1977 a 2009; e (c) evolução da produção e produtividade de grãos no Brasil, de 1977 a 2009 – considerando-se a soma total de algodão-carão, amendoim, arroz, aveia, centeio, cevada, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, trigo, triticale.

Fonte: (a) Adaptado de IBGE (2009), acesso em 12 de maio de 2009; (b e c) adaptado de Conab (2009), acesso em 14 de maio de 2009.

A incorporação de vastas áreas do Bioma Cerrado ao processo produtivo como resultado do desenvolvimento de tecnologias para sua utilização tem sido considerada uma das grandes conquistas da ciência agrônoma no século XX, sendo o Cerrado uma das últimas fronteiras agrícolas do nosso planeta. Entretanto, o grande desafio para a humanidade, no terceiro milênio, é aumentar a produtividade nas áreas já incorporadas ao processo produtivo visando atender à demanda crescente dessa população sem, no entanto, comprometer sua capacidade produtiva para as gerações futuras e conservando solo e água, e, ao mesmo tempo, manter preservadas as áreas virgens. Isso ressalta o papel da pesquisa agropecuária na geração de tecnologias para suprir essa demanda (RESCK et al. 2007).

Manejo do Solo e suas Implicações

Os elementos do manejo como pilares de uma agricultura sustentável

Entende-se como manejo do solo o conjunto de operações realizadas sobre o solo, visando à produção de plantas. Tais operações englobam desde a abertura de uma área e sua incorporação ao processo produtivo, o que deve ser feito de acordo com a legislação vigente, passando pelo preparo inicial, a correção da acidez superficial e subsuperficial, as adubações corretivas e de manutenção, a dinâmica de sistemas de preparo de solo e rotação de culturas, incluindo-se práticas culturais e conservacionistas até o uso do solo propriamente dito, seja com culturas anuais ou perenes, pastagem ou reflorestamento.

De acordo com Resck et. al. (2008), deve haver uma interrelação harmônica entre quatro elementos de manejo do solo que são fundamentais para o sucesso de sistemas agrícolas nas condições do Cerrado: (1) correção da acidez superficial e subsuperficial; (2) adubação corretiva e de manutenção; (3) dinâmica de sistemas de preparo de solo; e (4) rotação de culturas, a qual, nesta publicação, acrescentamos também as práticas conservacionistas, algumas das quais podem estar associadas aos elementos 1 e 2 de manejo, conforme será discutido mais adiante. Tais elementos estão interligados e não há um mais importante do que o outro, devendo interagir

harmonicamente, ou seja, considerados na mesma quantidade e intensidade. Para tanto, os autores utilizam o exemplo de um tetraedro (Fig. 3a), que é uma figura tridimensional de quatro lados. Se um desses elementos deixar de existir ou estiver em desequilíbrio, a figura não será formada ou ficará deformada, configurando um manejo inadequado do solo.

Em outras palavras, podemos considerar esses quatro elementos como os quatro pilares que sustentam uma agricultura produtiva e estável, utilizando para isso a figura de um edifício imaginário. Esses quatro pilares, responsáveis pela sustentação do edifício (ou sustentabilidade do sistema agrícola), se assentam sobre uma base – representada pela escada abaixo dos pilares (Fig. 3b) –, que são as recomendações técnicas, baseadas no conhecimento científico, resultado de anos de pesquisa e experimentação. Isso significa que a correção da acidez superficial (calagem) e subsuperficial (gessagem) devem seguir critérios, tais como análise de solo para recomendação das doses exatas; e utilização do implemento adequado, no caso, o arado de discos (Fig. 4b) para incorporação do calcário, o qual assegura maior profundidade e uniformidade de incorporação. Quanto ao gesso, sua aplicação junto com o calcário ou mesmo superficialmente (Fig. 4e) garante o fornecimento de cálcio em subsuperfície e a neutralização do alumínio, permitindo a exploração pelas raízes de um perfil de solo mais profundo, minimizando os efeitos de secas e veranicos. Esses procedimentos, se bem realizados, garantem que o primeiro pilar tenha as dimensões adequadas para essa situação (Fig. 3b).

O segundo elemento do manejo diz respeito às adubações, de vital importância dada a pobreza química dos solos do Cerrado. As recomendações de adubações, sejam corretivas ou de manutenção, devem se basear na análise química do solo e nas necessidades da cultura para garantir que o segundo pilar do nosso “edifício” (Fig. 3b) tenha também suas dimensões adequadas. Esse tópico conta com tecnologias geradas na Embrapa Cerrados desde a sua criação, havendo suficiente informação disponível em Sousa e Lobato (2004).

O terceiro pilar de uma agricultura produtiva e estável é a dinâmica de sistemas de preparo de solo (Fig. 3b), estabelecido com base em

resultados de pesquisa obtidos em experimentos de longa duração, conduzidos na Embrapa Cerrados (RESCK, 1996; RESCK et al., 2008). Esse princípio se baseia no fato de que cada implemento tem um modo de ação específico no que diz respeito ao condicionamento do solo e ao seu tempo de utilização no sistema e pode ser dividido em três fases, conforme descrito também por Resck et al., (2006). Na primeira fase (após o desbravamento de uma área sob vegetação nativa ou quando da incorporação de uma área de pastagem degradada ao cultivo, por exemplo), o implemento mais indicado é o arado de discos (Fig. 4b), por ser mais adequado para se incorporar tanto calcário quanto fertilizantes fosfatados, potássicos e micronutrientes (adubação corretiva) ao solo, visando à correção das deficiências químicas. Em uma segunda fase, após a correção química, o arado de aivecas (Fig. 4a) é o implemento mais adequado para se incorporar carbono (matéria orgânica) ao solo, seja advinda de restos culturais ou adubos verdes. Esse implemento possibilita a inversão de horizontes e incorporação profunda – em torno de 30 cm a 40 cm, conforme suas características –, o que garante a formação de um perfil de solo mais profundo e com uma matéria orgânica mais ativa do ponto de vista biológico, o que vai atuar na geração de cargas relacionadas tanto à fertilidade do solo (capacidade de troca catiônica – CTC) quanto à formação de agregados ou estrutura do solo (RESCK et al., 2006; RESCK et al., 2008). É interessante ressaltar que essas duas fases que envolvem preparo devem ser feitas com solo friável (conforme será discutido mais adiante), visando não somente evitar compactação como também eliminar camadas compactadas que podem existir em solos previamente cultivados. Essas duas fases podem durar de dois a quatro anos, dependendo da condição inicial, podendo requerer menos tempo em áreas já cultivadas e mais tempo em áreas recém abertas ou sob pastagens degradadas.

Com o solo corrigido química, física e biologicamente, pode-se entrar na terceira fase, que diz respeito ao cultivo conservacionista do solo. Nessa fase, o agricultor pode optar pelo mínimo revolvimento do solo com o uso do escarificador (Fig. 4d), seguido de grade leve (Fig. 4e) ou pelo sistema de plantio direto, onde não há revolvimento (Fig. 4f). Esses procedimentos realizados corretamente garantirão “as dimensões

adequadas” do terceiro pilar do nosso “edifício” (Fig. 3b). Mais detalhes sobre essa dinâmica podem ser observados em Resck et al. (2008).

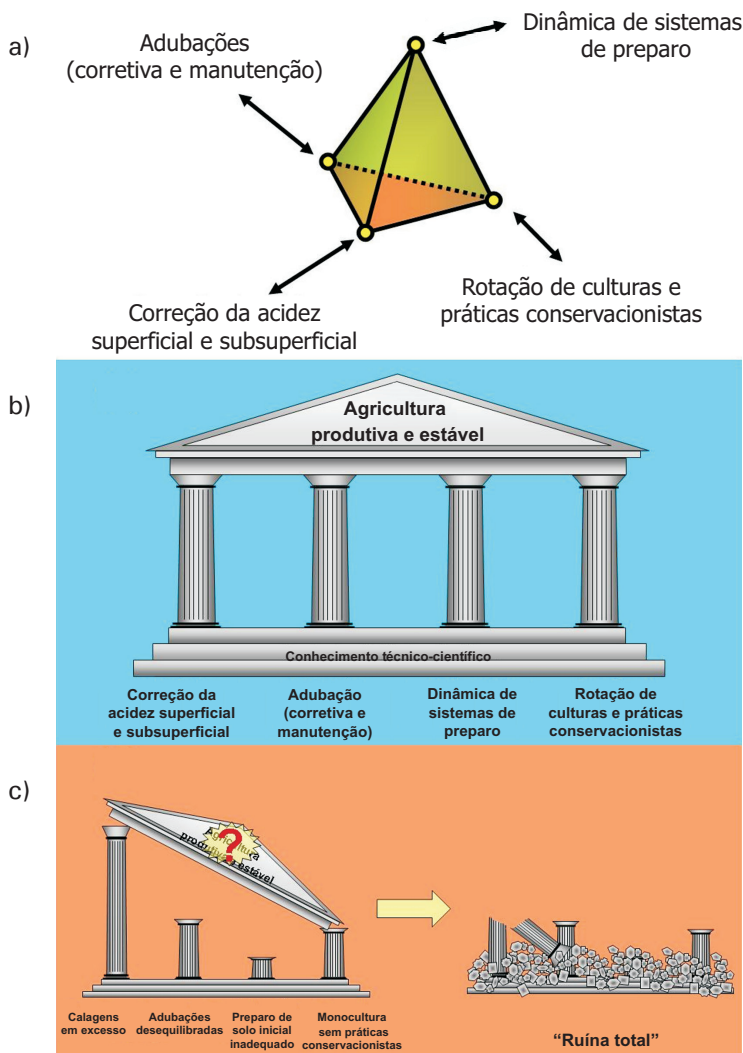


Fig. 3. (a) Tetraedro de Resck, representando a interrelação harmônica entre os elementos de manejo; (b) os mesmos elementos de manejo como pilares de uma agricultura produtiva e estável, tendo por base o conhecimento técnico-científico e (c) a desarmonia entre os elementos de manejo.

Fonte: Adaptado de Resck et al., 2008.

Finalmente, o quarto elemento do manejo (Fig. 3b) diz respeito à rotação de culturas e práticas conservacionistas. A rotação de culturas é uma prática conhecida desde a antiguidade e tem por objetivo não apenas a adição de matéria orgânica e aumento na intensidade de ciclagem de nutrientes com a utilização de culturas ou adubos verdes com raízes profundas e alta produção de biomassa, mas também favorecer o controle de nematoides, pragas, doenças e plantas daninhas. Nesse contexto, podem ser adotadas as rotações entre culturas de interesse econômico e (ou) destas com adubos verdes; rotação com pastagens (sistemas de integração lavoura-pecuária) ou mesmo a inclusão de sistemas florestais. Com relação às práticas conservacionistas, no caso específico do quarto elemento de manejo, chama-se atenção para o cultivo em contorno e o uso de terraços, que em hipótese alguma devem ser abandonados no sistema de plantio direto, pois visam não apenas ao controle da erosão do solo e perda de nutrientes, mas também à conservação da água. Algumas práticas conservacionistas de caráter edáfico, como correção do solo e adubação, estão associadas ao primeiro e segundo elemento do manejo, conforme será discutido no item “O plantio direto e a conservação do solo e da água”.

Dessa forma, com a aplicação harmônica dos quatro elementos de manejo, tendo por base critérios técnicos, teremos uma agricultura produtiva e estável tal qual um edifício devidamente projetado e construído, com estrutura sólida que não desmoronará.

Entretanto, se esses elementos de manejo forem adotados de maneira inadequada ou sem a observação de critérios técnicos básicos, teremos a desarmonia entre os elementos de manejo, ilustrado na Fig. 3c. Imaginemos uma situação em que o preço do calcário estava baixo e o agricultor resolveu aplicar uma dose excessiva, dentro da filosofia do “é melhor sobrar do que faltar” (que nem sempre se aplica na agricultura). A área possui acidez subsuperficial, contudo nunca foi aplicado gesso. Por sua vez, o preço do fertilizante fosfatado estava alto, e o agricultor resolve diminuir a dose de fósforo e aumentar a dose de potássio, cujo

preço estava “mais em conta”. De imediato teremos um desbalanço nutricional, ilustrado pelas colunas com diferentes tamanhos da Fig. 3c. Imaginemos esse agricultor adepto do sistema de plantio direto, com maquinários modernos, porém cultivando uma área que anteriormente havia sido cultivada com grade pesada (Fig. 4c), apresentando camada subsuperficial compactada ou “pé de grade”, não tendo sido dada atenção necessária à dinâmica de sistemas de preparo quando da implantação do sistema de plantio direto. Soma-se a isso a monocultura da soja sem a utilização de cultivo em contorno e terraços. Nessa situação hipotética e bastante drástica, os rendimentos tendem a ser aquém do ideal, mesmo com boa distribuição de chuvas, pois o solo não será utilizado de acordo com sua capacidade produtiva, resultando em prejuízos econômicos e danos ambientais num curto espaço de tempo. Isso seria a “ruína total” do sistema, representada na Fig. 3c.

Podemos também imaginar uma situação menos drástica e mais realista, em que calagens, gessagens e adubações foram feitas seguindo critérios técnicos, foi utilizada uma dinâmica de sistemas de preparo razoável antes do plantio direto e existe um esquema de rotação de culturas adequado. Porém, o plantio é feito em linha reta, sem a utilização de cultivo em contorno ou terraços. Nesse caso, nosso “edifício imaginário” não estará tão desequilibrado a ponto de vir abaixo em curto prazo (poucos anos), mas, ainda assim, estará sujeito a danos e “trincas” que não deixarão de ocorrer, mesmo que em um prazo mais longo. É só uma questão de prorrogar o “desabamento”, podendo chegar a uma condição insustentável, dependendo das características de cada área.

É importante ter em mente que o sistema de plantio direto não deve ser visto como prática de recuperação de solos erodidos, compactados ou degradados, ou ainda, infestados por plantas daninhas, conforme alertado por Siqueira (2002). Ele requer toda uma preparação para sua correta implantação e otimização de resultados econômicos e ambientais.



Fig. 4. Diferentes implementos utilizados: (a) arado de aivecas; (b) arado de discos; (c) grade pesada; (d) escarificador; (e) grade leve, niveladora ou destorreadora; e (f) semeadora para plantio direto.

Fotos: (a) João de Deus Gomes dos Santos Junior; (b, f) Léo Nobre de Miranda; (c, d, e) Marcos Aurélio Carolino de Sá.

O paradoxo tropical e o caráter conservacionista do sistema de plantio direto

A palavra “paradoxo” tem origem grega (*parádoxon*), cujo conceito é “que é ou parece contrário ao comum”, podendo significar também “aparente falta de nexo ou de lógica”. O termo “paradoxo tropical”

foi utilizado por Resck (1996) para caracterizar a necessidade de se revolver o solo numa dinâmica de sistemas de preparo, em fase anterior à implantação de um sistema conservacionista, como o sistema de plantio direto. Essa dinâmica diz respeito ao “terceiro pilar” da Fig. 3b.

O paradoxo ou contradição estaria no fato de se revolver o solo em um período que pode variar de dois a quatro anos antes da implantação do sistema de plantio direto, para incorporação de corretivos e fertilizantes, tendo também por objetivo incorporar e ativar as cargas na matéria orgânica, conforme relatado por Resck et al. (2008). Esse revolvimento, em uma condição de clima tropical em que são comuns chuvas de alto poder erosivo, implica em riscos de perdas de solo e nutrientes por erosão e perdas de água por enxurrada. Realmente esse risco existe, mas pode ser minimizado com a aplicação harmônica dos quatro elementos de manejo, conforme discutido anteriormente. Se esse revolvimento inicial for realizado dentro de critérios técnicos, tomando-se todos os cuidados para minimizar a erosão com preparo feito em nível e em área devidamente terraceada, e, ao mesmo tempo, evitar a compactação do solo não realizando tráfego de máquinas com solo muito úmido, os ganhos proporcionados posteriormente por essa prática ao sistema de plantio direto serão substanciais, compensando o risco inicial.

A utilização do arado de discos (Fig. 4b) na incorporação do calcário se justifica pelo fato de que esse implemento atua numa camada de até 30 cm de profundidade e tem a capacidade não apenas de inverter ou tombar o solo, mas também proporcionar uma boa mistura do calcário com o solo (homogeneidade), o que garante maior velocidade de reação e um aumento da CTC pela elevação do pH e, conseqüente, aumento das cargas dependentes de pH na fração argila e principalmente da matéria orgânica da camada arável. Com relação à aplicação do gesso (sulfato de cálcio), que pode ser feita após a do calcário, incorporado com grade leve, este tem a característica de transportar o cálcio em profundidade, diminuindo a saturação por alumínio, melhorando o ambiente radicular. Porém, não tem a mesma capacidade de elevar o pH e gerar cargas negativas, como o faz o calcário, o que justifica uma

incorporação profunda desse último. O mesmo vale para a incorporação corretiva do fertilizante fosfatado aplicado de uma só vez, também com arado de discos, na camada arável do solo proporcionando maior volume de solo corrigido. Também, pode ser realizada de forma gradativa de acordo com as recomendações de Sousa e Lobato (2004).

Em seguida, entra em ação o arado de aivecas (Fig. 4a), que tem por característica o tombamento da leiva (a inversão de horizontes) a uma profundidade próxima de 40 cm. Esse implemento tem como característica incorporar os restos culturais do ano agrícola até essa profundidade num ângulo de até 120° , conforme suas dimensões e profundidade de trabalho, o que favorece a rápida decomposição e humificação da matéria orgânica, conforme relatado por Resck (1998). Devido às características de boa aeração dos solos do Cerrado (sobretudo os Latossolos), essa incorporação profunda não proporciona fermentação desse material (Resck et al., 2008), além de, num solo com acidez corrigida, proporcionar a geração de mais cargas negativas na superfície dos colóides orgânicos, aumentando ainda mais a CTC do solo.

Para se ter uma ideia da importância da matéria orgânica, Sá et al. (2006) avaliaram a relação da CTC a pH 7,0 com matéria orgânica e argila em 201 amostras de solo sob plantio direto do oeste da Bahia e Goiás. Na Fig. 5, observa-se que a inclinação da superfície de resposta é maior em relação ao eixo do carbono orgânico do que em relação ao eixo da argila, o que levou à conclusão que, com base no modelo ajustado, em solos do Cerrado sob sistema de plantio direto, a contribuição do carbono orgânico para a CTC do solo por unidade de massa (g de carbono por dm^3 de solo) é cerca de 50 vezes maior do que a contribuição da fração argila (g de argila por kg de solo). Ou seja, a maior parte da CTC de um solo do Cerrado, mesmo quando muito argiloso, pode ser proveniente de apenas 2 % a 3 % de matéria orgânica. Dessa forma, é fundamental a sua manutenção no sistema, o que, além de aumentar a CTC, irá favorecer também a agregação do solo, uma vez implantado o sistema de plantio direto.

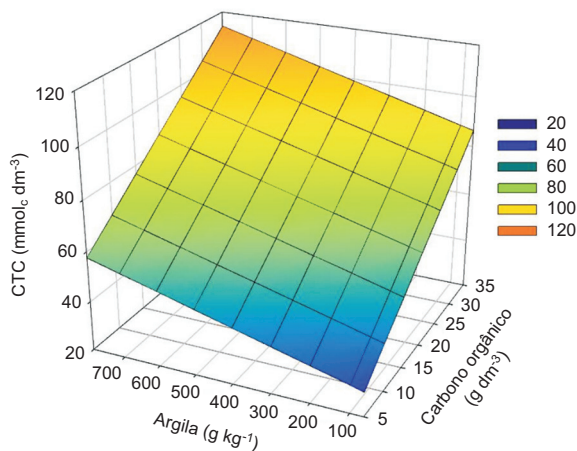


Fig 5. Superfície de resposta para CTC a pH 7,0, estimada a partir dos teores de argila e carbono orgânico pela equação: $CTC = 18,001 + 1,883 \text{ Corg} + 0,038 \text{ Argila}$; $R^2 = 0,95^{**}$, em amostras de solo superficiais (0 cm a 20 cm).

Fonte: Adaptado de Sá et al. (2006).

O caráter conservacionista do sistema de plantio direto não reside apenas no fato de que este contribui para redução nas perdas de solo por erosão, sendo um dos motivos que justificaram sua adoção no passado, associado à substancial redução de custos com a eliminação do preparo de solo anual. Esse caráter conservacionista se aplica também nos atributos do solo, que tendem a se conservar sob sistema de plantio direto. No caso do sequestro de carbono, de acordo com Resck et al. (2008), o sistema de plantio direto, juntamente com sistema de integração lavoura-pecuária, podem apresentar alta capacidade de armazenamento de carbono no solo, o que os caracteriza como sistemas mitigadores das emissões de gás carbônico (CO_2).

A parte viva dessa matéria orgânica, definida como biomassa microbiana, e que, segundo Carter & Rennie (1982), é um dos atributos mais sensíveis a qualquer alteração no solo imposta pelo manejo, também pode ser conservada pelo plantio direto com o aporte de resíduos vegetais. Em trabalhos recentes (FIGUEIREDO, 2003 e FIGUEIREDO et al., 2007), em que foi quantificado o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana em diversos sistemas de manejo

em um Latossolo Vermelho do Cerrado, foi verificado que, mesmo após 22 anos sob plantio direto, ainda foi possível detectar diferença no teor de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana proporcionada pelo preparo inicial, seja ele com arado de discos ou com aivecas. Os autores concluíram que, na área originalmente preparada com arado de aivecas, o teor de carbono na forma de biomassa microbiana foi mais elevado do que na área originalmente preparada com arado de discos, sendo o inverso para nitrogênio da biomassa microbiana, conforme pode ser observado na Fig. 6.

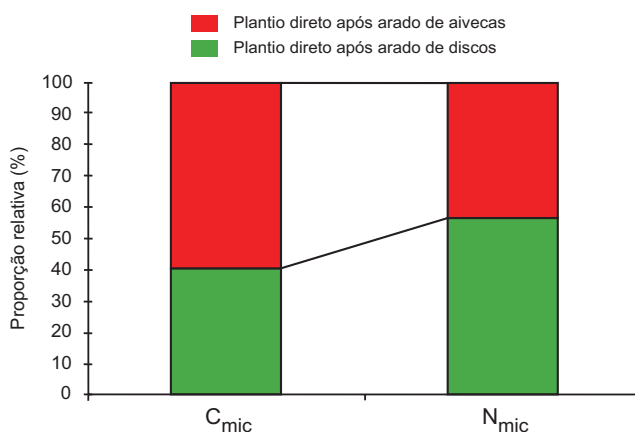


Fig. 6. Proporção relativa dos teores de carbono (C_{mic}) e nitrogênio (N_{mic}) da biomassa microbiana, em Latossolo Vermelho do Cerrado, sob 22 anos de plantio direto em experimento de longa duração, onde o preparo inicial foi feito com arado de discos ou aivecas.

Fonte: Adaptado de Figueiredo (2003).

Com relação aos atributos físicos do solo, observou-se, em condições experimentais, após 12 anos da abertura de uma área de Latossolo Vermelho textura argilosa, aumento na densidade do solo em relação à condição original, independente do sistema de manejo utilizado, conforme a Fig. 7. Entretanto, esse aumento de $0,95 \text{ g/cm}^3$, no Cerrado, para $1,04$ a $1,10 \text{ g/cm}^3$, nos sistemas cultivados, não denota compactação limitante ao crescimento de raízes. Na mesma figura, observa-se que a porosidade total do solo continuou elevada em todos os sistemas, não se diferenciando do Cerrado. Essa alta porosidade é

uma característica dos Latossolos do Bioma Cerrado, condicionada pela sua composição mineralógica (caulinita e óxidos de ferro e alumínio) que favorece a agregação das partículas, conferindo estrutura granular. Entretanto, a relação macro/microporos do solo cultivado decresceu em relação ao solo virgem, devido ao aumento da microporosidade associado ao aumento da densidade do solo, porém não foi detectada diferença entre os sistemas de manejo. Esse ligeiro aumento na densidade e microporosidade proporcionou melhoria na disponibilidade de água, que foi mais elevada no solo cultivado independente do sistema de manejo, quando comparado ao solo sob Cerrado. Mesmo entre sistemas de plantio direto, pode haver diferenças entre a disponibilidade de água em função do tipo de rotação adotado, se bianual, anual ou com safrinha (nesse experimento, milheto ou guandu). Essa água disponível foi expressa pela diferença entre a água retida na tensão 6 kPa, considerada como capacidade de campo, e a tensão de 1.500 kPa, considerado como ponto de murcha permanente (Resck; Silva, 1990). As mesmas tendências ocorrem para água retida entre 10 e 1.500 kPa (dados não mostrados).

Entretanto, embora não sejam detectadas diferenças nos valores de densidade do solo entre sistemas cultivados em condições experimentais, tem-se observado resistência à penetração mais elevada em plantio direto (Fig. 8). Essa resistência pode ser atribuída ao grau de estruturação do solo nesse sistema, com maior porcentagem de agregados estáveis e maior coesão entre eles, quando comparado ao sistema convencional, conforme será discutido no item “Requisitos básicos para um sistema de manejo conservacionista”. Contudo, mesmo com valores de resistência à penetração mais elevados em sistema de plantio direto e com alteração na morfologia do sistema radicular, não foi observada diferença na produtividade da soja entre os sistemas, o que pode ser atribuído ao fato de que o sistema radicular pode adaptar seu crescimento ao encontrar uma camada de impedimento, buscando zonas de menor resistência no perfil, o que lhe confere um aspecto mais tortuoso. No experimento em questão, por se tratar de condição irrigada, a manutenção de teores de água no solo favoráveis ao crescimento vegetal também pode ter minimizado os efeitos da compactação, conforme também relatado por Sá et al.

(2007). Esse fato indica que limites críticos de resistência à penetração no solo podem variar em função do sistema de manejo adotado.

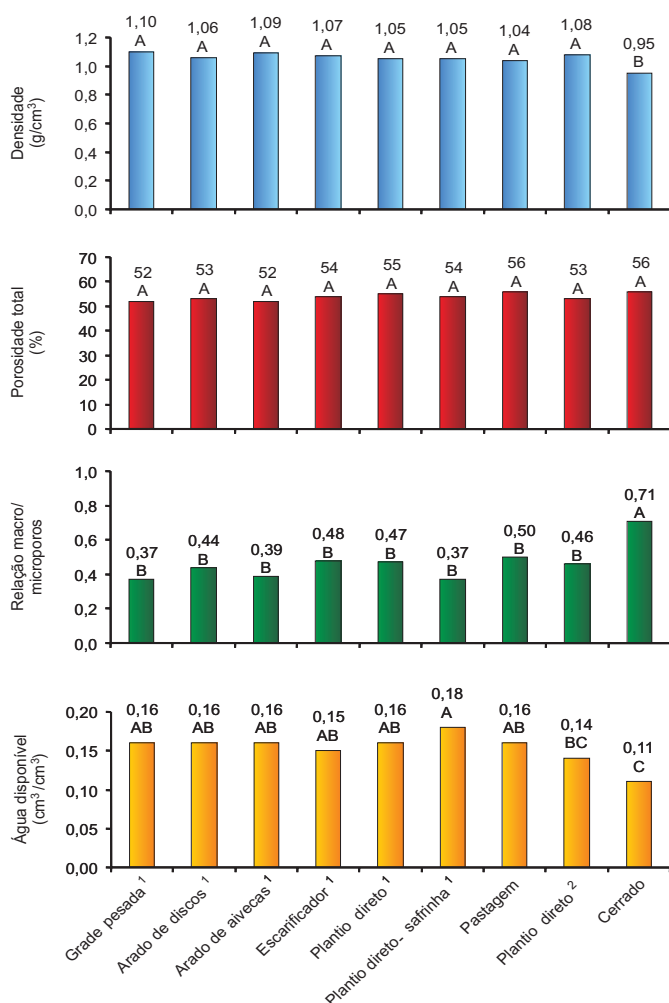


Fig. 7. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho, na camada 0 cm a 5 cm, sob oito sistemas de manejo após 12 anos do desmatamento, tendo uma área de Cerrado nativo como referência, em experimento de longa duração, em que: (1) rotação bianual soja-milho (dois anos soja, dois anos milho); (2) rotação anual soja-milho (um ano soja, um ano milho).

Fonte: Adaptado de Cornélio et al. (2008).

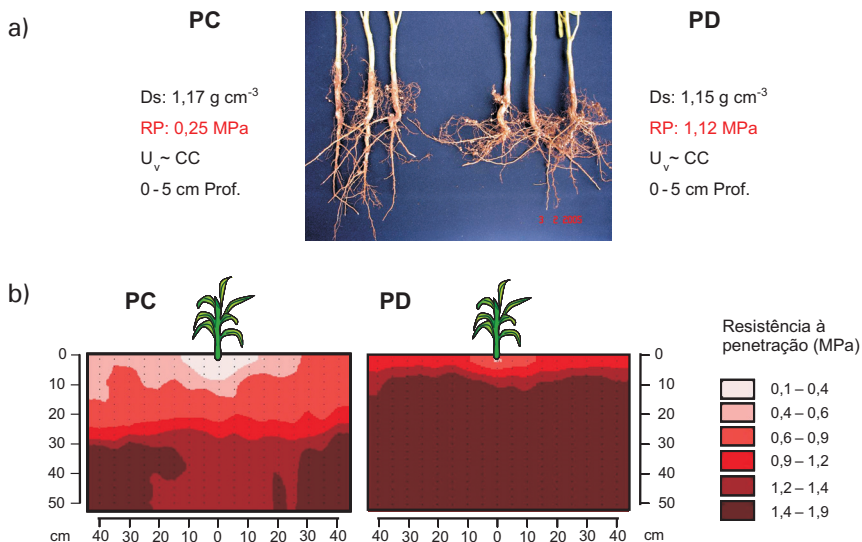


Fig. 8. Sistema radicular de plantas de soja (safra 2004/2005) sob preparo convencional (PC) com arado de discos e sob plantio direto (PD) durante cinco anos; respectivos valores de densidade e resistência à penetração, na camada de 0 cm a 5 cm (a), e resistência à penetração em perfil de solo em cultivo de milho sob preparo convencional com arado de discos e sob plantio direto, no mesmo experimento, na safra 2005/2006 (b), sob Latossolo Vermelho textura argilosa sob irrigação na Embrapa Cerrados.

Fonte: (a) adaptado de Santos Junior et al., (2006); (b) adaptado de Santos Junior et al., (2008).

A compactação do solo ocorre quando as partículas e agregados são rearranjados, tendo esses últimos, formas e tamanhos alterados. Esse rearranjo resulta na diminuição do espaço poroso e no aumento da densidade do solo (HAMZA; ANDERSON, 2005). Essa compactação ocorre em função do tipo, intensidade e frequência da pressão aplicada durante o manejo do solo (maquinário, pisoteio) e de características inerentes ao solo, tais como textura, estrutura, bem como densidade e teor de água no momento de aplicação da pressão (Dias Junior, 1994). Assim, um solo pode se apresentar altamente resistente ou altamente susceptível à compactação dependendo do teor de água no momento em que ocorre o tráfego – por exemplo, o preparo do solo. Isso também afeta a demanda energética e, conseqüentemente, o consumo de combustível.

Conforme trabalhos realizados na Embrapa Cerrados (FRANZ et al., 2000; OGAWA et al., 2000), a condição de umidade ideal para se proceder a operações motomecanizadas com menor risco de compactação e menores demanda energética e consumo de combustível coincide com o estado de consistência friável do solo (Fig. 9). Esses limites de consistência variam de solo para solo, e, de acordo com a literatura, cada solo tem um teor de água ótimo para ser compactado, variável em função de suas características como textura, estrutura e mineralogia (DIAS JUNIOR; MIRANDA, 2000; SANTOS et al., 2005). O conhecimento desses limites, associado ao número de dias prováveis de sua ocorrência, é fundamental não só para o dimensionamento de parque de máquinas em uma propriedade, mas também para a tomada de decisão sobre o momento ideal para se efetuar uma operação motomecanizada em determinada área, evitando a compactação do solo e gasto desnecessário de combustível.

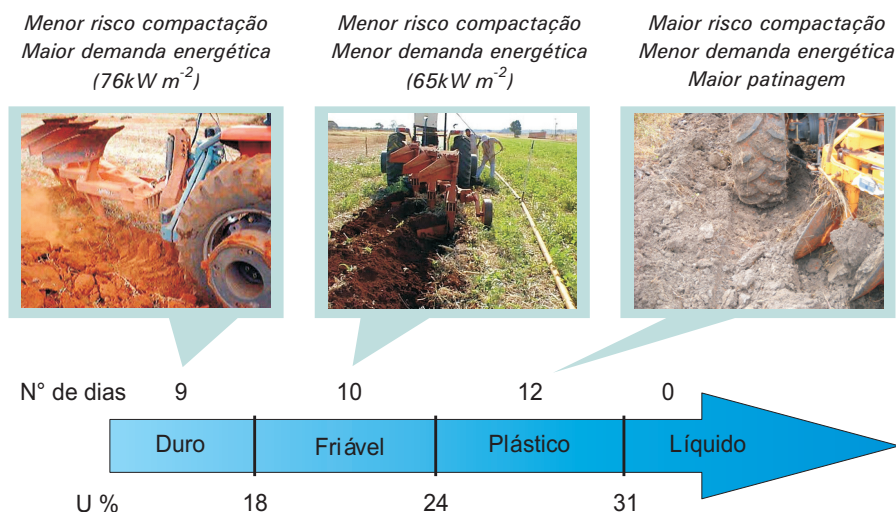


Fig. 9. Número de dias no mês de outubro e respectivos riscos de compactação, demanda energética e estados de consistência de um Latossolo em função da variação no teor de água gravimétrico.

Fonte: Adaptado de Ogawa et al., (2000) e Franz et al., (2000).

Fotos: Cláudio Alberto Bento Franz.

Dessa forma, é de extrema importância que essa condição de consistência do solo seja observada por ocasião do preparo, antes da implantação do sistema de plantio direto. No passado, e atualmente em menor escala, o sistema de preparo de solo com grade pesada foi largamente utilizado no Cerrado, pelo fato de proporcionar altos rendimentos, quando comparado ao arado (discos ou aivecas). Dada uma questão de escala – grandes áreas para serem preparadas em curto espaço de tempo –, era relativamente comum a formação de camadas compactadas, os chamados “pés de grade”, em decorrência do preparo realizado em condições de solo no estado plástico, com teores de água elevados. Muitas dessas áreas foram incorporadas ao sistema de plantio direto sem uma devida dinâmica de sistemas de preparo para correção desse problema, caracterizando um plantio direto após grade pesada. Em alguns casos, tais camadas compactadas foram conservadas sob plantio direto e ainda podem ser detectadas, conforme Fig. 10.



Fig 10. Camada compactada “pé de grade” (no local onde está situada a vareta), em área com quatorze anos de plantio direto, antecedido por sete anos de cultivo com grade pesada em Latossolo do Cerrado.

Foto: Marcos Aurélio Carolino de Sá.

Tendo-se em vista o caráter conservacionista do sistema de plantio direto, uma correção adequada do solo, feita nos anos que antecedem à implantação do sistema com objetivo de melhorar suas condições químicas, físicas, físico-hídricas e biológicas e manter essas condições ao longo do tempo, pode melhorar a eficiência do sistema e garantir sua sustentabilidade, mesmo que, nos primeiros anos, o solo fique exposto

(desde que com os devidos cuidados) aos agentes erosivos. Dessa forma, o paradoxo tropical pode ser considerado como a essência do terceiro elemento de manejo ou “dinâmica de sistemas de preparo”, ilustrado nas Fig. 3a e 3b.

O plantio direto e a conservação do solo e da água

Para melhor compreensão do papel do plantio direto na conservação do solo e da água, será necessário um breve comentário sobre práticas conservacionistas, que são técnicas utilizadas para minimizar o impacto dos agentes erosivos ou qualquer outro que cause o esgotamento do solo, seja químico, físico ou biológico. De forma didática, a classificação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1990) as divide em práticas de caráter vegetativo, edáfico e mecânico. É importante ressaltar que todas elas são complementares e devem ser utilizadas de forma integrada para que a conservação do solo e da água ocorra de forma eficiente, contribuindo para uma agricultura sustentável. A combinação das práticas conservacionistas mais adequadas a cada sistema de produção deve sempre obedecer a critérios técnico-científicos.

Práticas conservacionistas de caráter vegetativo são aquelas em que se usa a vegetação ou restos culturais para proteger o solo, inclusive da desagregação causada pelo impacto das gotas de chuva, as quais podem ser associadas ao quarto elemento de manejo, ilustrado na Fig. 3b. O manejo adequado da vegetação e (ou) restos culturais é fundamental para a manutenção ou até o aumento dos teores de matéria orgânica do solo, com reflexos na melhoria de suas características físicas, químicas e biológicas. Isso tem sido relatado pela literatura desde o início do século passado (Bennett, 1939; Wischmeier; Smith, 1978; Bertoni; Lombardi Neto, 1990; Hudson, 1995; Castro Filho; Muzilli; Podanoschi, 1998, Roloff; Bertol, 1998; Nascimento; Lombardi Neto, 1999). Entre as principais práticas de caráter vegetativo, pode-se citar: alternância de capinas; cobertura morta; culturas em faixas alternadas; faixas permanentes de retenção ou renques de proteção permanente; incorporação de restos de cultura; manejo adequado da pastagem; rotação de culturas; quebra ventos; manutenção da cobertura vegetal; pousio; reflorestamento.

Práticas conservacionistas de caráter edáfico são utilizadas com o objetivo de melhorar atributos do solo, sejam eles químicos, como a fertilidade; físicos, como a aeração e a retenção de água; ou biológicos, como a atividade microbiana. Para tanto, utiliza-se o manejo da fertilidade do solo, que compreende calagens, gessagens, adubações corretivas e de manutenção, podendo-se incluir, além da adubação mineral, adubações orgânicas – práticas associadas ao primeiro e segundo elemento de manejo, ilustrados na Fig. 3b – e adubação verde, associada também ao quarto elemento de manejo. Como práticas conservacionistas de caráter edáfico, considera-se também o manejo preventivo da compactação do solo, bem como técnicas necessárias para sua remediação, como arações, escarificações ou subsolagens.

Práticas conservacionistas de caráter mecânico são procedimentos em que se recorre às estruturas artificiais, geralmente formadas por porções de terra dispostas adequadamente em relação à declividade do terreno, tendo como principal objetivo conter os efeitos da enxurrada, disciplinando seu escoamento e favorecendo a infiltração da água no solo. Dessa forma, são práticas conservacionistas de caráter mecânico os sistemas de terraceamento, barraginhas, semeadura e cultivo em contorno, planejamento e locação adequada de caminhos e cercas. Essas práticas devem ser utilizadas de forma integrada com outras práticas, sejam elas edáficas ou vegetativas, obedecendo a critérios técnicos, de acordo com as especificidades locais. Neste trabalho, foram associadas ao quarto elemento do manejo (Fig. 3b).

Requisitos básicos para um sistema de manejo conservacionista

De acordo com Derpsch et al. (1991), um sistema conservacionista deve obedecer a quatro requisitos básicos: (1) redução do impacto das gotas de chuva na superfície do solo; (2) redução na desagregação do solo; (3) aumento da infiltração de água no solo; e (4) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada. Para atingir esses requisitos, é necessária que a aplicação dos quatro elementos do manejo seja harmônica, cujas práticas conservacionistas descritas no item anterior são parte integrante.

Com um solo devidamente condicionado por uma dinâmica de sistemas de preparo bem conduzida, o sistema de plantio direto pode ser implantado com sucesso e de forma eficiente (RESCK et al., 2008). Nesse sistema, a operação de semeadura ocorre sem a necessidade do preparo de solo, com a utilização de semeadoras (tração mecânica ou animal) ou mesmo humana (matraca ou saraquá) adaptadas para operar sobre restos vegetais (palhada) da cultura anterior. A quantidade de palha na superfície do solo em condições de sequeiro varia em função das condições climáticas, sendo, em geral, maior no Sul do Brasil, onde a boa distribuição de chuvas permite cultivos de verão e inverno, ou seja, praticamente o ano todo (Fig. 11a). Isso normalmente não ocorre na maioria das regiões agrícolas do Cerrado, pois nem sempre é possível o plantio de safrinha, sendo a cultura implantada no início da estação chuvosa sobre a palhada da cultura colhida no final da estação chuvosa anterior (Fig. 11b). Durante o período seco, mas principalmente no início da estação chuvosa no Cerrado, ocorre decomposição de boa parte dessa palha, o que não permite uma boa cobertura do solo na semeadura e estádios iniciais da cultura, como acontece no Sul do Brasil (Fig. 11a) ou mesmo em sistemas irrigados no Cerrado (Fig. 11c).



Fig. 11. (a) Feijão em sistema de plantio direto semeado no verão sobre palhada de aveia cultivada no inverno, no estado do Paraná (foto: Derpsch et al., 1991); (b) em primeiro plano, área recém-semeada com soja em sistema de plantio direto sob palhada de milho colhido na safra anterior, em experimento de longa duração conduzido em condições de sequeiro na Embrapa Cerrados. Ao fundo, área sem palha, semeada sob preparo convencional (foto: Marcos Aurélio Carolino de Sá); e (c) semeadura direta em experimento irrigado, conduzido na Embrapa Cerrados (foto: Leo Nobre de Miranda).

Dessa forma, o sistema de plantio direto atende ao primeiro e ao segundo requisitos básicos de um sistema conservacionista, que é a redução do impacto das gotas de chuva na superfície do solo e redução da desagregação. Mesmo em condições de sequeiro, com uma pequena quantidade de palha remanescente (Fig. 11b) em comparação com sistemas irrigados (Fig. 11c), e associado ao não revolvimento em área total, pois o revolvimento ocorre apenas na linha de semeadura, o sistema de plantio direto mantém o solo bem estruturado quando comparado a uma condição de preparo convencional, em que o solo revolvido permanece totalmente descoberto até a emergência e quase totalmente descoberto durante as fases iniciais de desenvolvimento da cultura.

Com relação ao terceiro requisito – o aumento da infiltração de água no solo –, são necessárias algumas ponderações. Sob plantio direto, ocorre um aumento do grau de estruturação do solo em relação ao sistema convencional, com base no aumento da estabilidade de agregados, que será ainda mais favorecida se os procedimentos de preparo de solo e correções anteriores à implantação do sistema forem devidamente observados, conforme discutido anteriormente. A presença da palha também favorece a redução do encrostamento e selamento superficial.

A melhoria da estrutura do solo não implica apenas no aumento da estabilidade de agregados, mas também em melhoria das condições de aeração e permeabilidade. Na Fig. 12, é apresentada a distribuição de agregados estáveis sob diferentes sistemas de manejo do solo (GUEDES et al., 1996), em que se observa que os sistemas Cerrado, eucalipto (10 anos) e pastagem (9 anos) apresentaram as porcentagens mais elevadas de agregados, maiores do que 2 mm, indicando uma boa estruturação do solo. O sistema de plantio direto com 12 anos após aração com discos apresentou porcentagem de agregados estáveis, maiores do que 2 mm, substancialmente mais elevada do que no sistema convencional (arado de discos por 13 anos), em que boa parte dos agregados maiores que 2 mm foram destruídos, cujos fragmentos passaram a ocupar as classes entre 2 mm a 1 mm e 1 mm

a 0,5 mm. Entretanto, no sistema onde foi avaliada a estabilidade de agregados após dois anos de implantação da pastagem (*Brachiaria decumbens*), em um solo anteriormente cultivado com grade pesada por 10 anos, observou-se uma recuperação da estrutura, pelo notável aumento na proporção de agregados maiores do que 2 mm, o que indica a importância da pastagem ou mesmo do potencial de sistemas de integração lavoura pecuária na melhoria e manutenção da estrutura do solo.

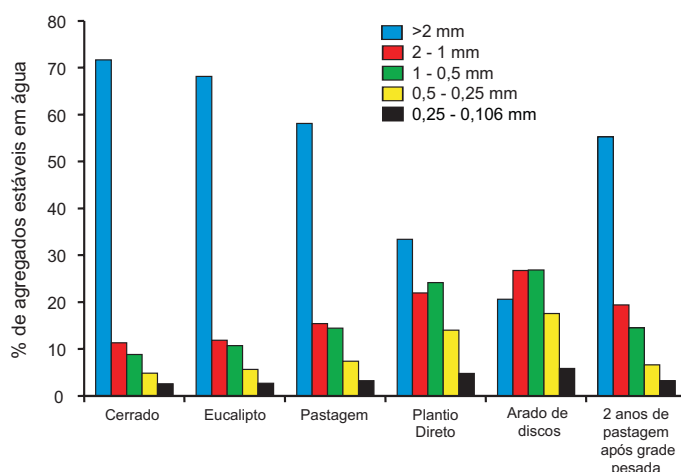


Fig. 12. Distribuição de agregados estáveis ao peneiramento úmido (média de um perfil de solo de 0 cm a 40 cm de profundidade) em diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho textura argilosa (amostras passadas na peneira de 8 mm e retidas na peneira de 2 mm).

Fonte: Adaptado de Guedes et al., 1996.

Com relação à permeabilidade, para um mesmo solo, nem sempre ela é mais elevada em condições de plantio direto, quando comparado ao sistema convencional. Marchão et al. (2005) observaram condutividade hidráulica saturada mais elevada em sistema de plantio direto, quando comparado ao convencional em área experimental (Fig. 13a). Entretanto, em condições de lavoura comercial, Resck (2005) não observou diferença significativa entre a condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto ou convencional, tanto na estação seca quanto na estação chuvosa (Fig. 13b).

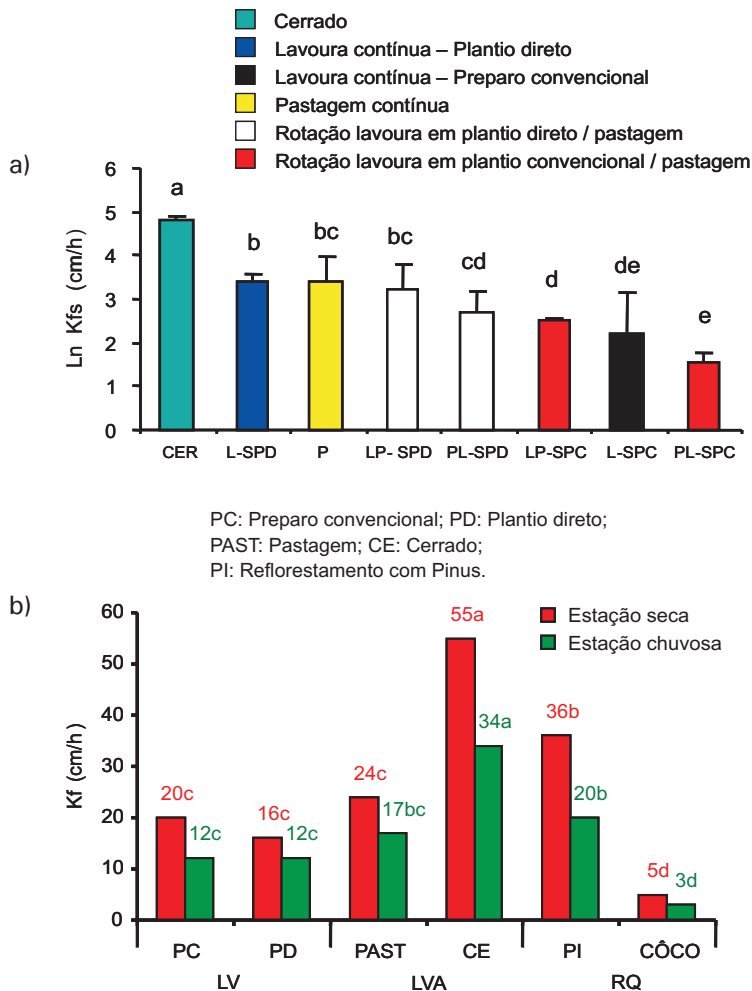


Fig. 13. Condutividade hidráulica saturada (Kfs) in situ em diferentes sistemas de uso em Latossolo Vermelho, envolvendo integração lavoura-pecuária, medida com permeâmetro de Guelph a 10 cm de profundidade (barras seguidas de mesma letra não diferem pelo teste t de Student a 5 % de probabilidade).

Fonte: (a) Adaptado de Marchão et al. (2005); e (b) condutividade hidráulica saturada medida com o mesmo permeâmetro em diferentes sistemas de manejo em Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho amarelo (LVA) e Neossolo Quartzarênico (RQ) na estação chuvosa e seca, em que barras de mesma cor seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de t a 5 % de probabilidade (adaptado de RESCK, 2005).

Dessa forma, para os Latossolos nas condições do Bioma Cerrado, a melhoria da estrutura do solo sob plantio direto, representada pela maior proporção de agregados maiores do que 2 mm, nem sempre representa aumento de permeabilidade em relação ao convencional, uma vez que esses solos possuem alta permeabilidade natural devido à sua estrutura granular, reflexo de sua composição mineralógica (fração argila composta por caulinita associada a óxidos de ferro e alumínio). Assim, a adoção do plantio direto *per se* nas condições do Cerrado não necessariamente significa que o terceiro requisito proposto por Derpsch et al. (1991) – aumento da infiltração de água no solo – seja cumprido de maneira mais eficiente do que no sistema convencional. Essa afirmação é embasada também por resultados referentes à perda de água na cultura da soja em Latossolo Vermelho no Cerrado (DEDECEK et al, 1986), que, sob plantio convencional, foi de 180 mm/ano, enquanto sob plantio direto foi de 168 mm/ano, ou seja, uma redução de quase 7 %. Essa redução não apresentou a mesma tendência observada para as perdas de solo, que, no sistema convencional, foi de 9 t/ha/ano contra 5 t/ha/ano no plantio direto, ou seja, aproximadamente 44 % (Fig. 14). Assim, essa redução de quase metade nas perdas de solo por erosão pode ser atribuída à melhor estruturação e coesão do solo associada à proteção oferecida pela palha, uma vez que as taxas de infiltração de água foram muito próximas nos dois sistemas, sendo 87 %, no plantio direto; e 86 %, no convencional. Perdas de solo e água mais elevadas foram observadas em solo descoberto (sem cultura ou alqueive) e preparado morro abaixo, enquanto menores perdas sob pastagem (Fig. 14).

Com relação ao quarto requisito – diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada –, atribui-se esse papel à palhada no sistema de plantio direto. Entretanto, de acordo com Denardin et al. (2004), embora a cobertura do solo com plantas vivas ou mesmo resíduos de plantas (palhada) possua potencial para reduzir até 100 % a energia erosiva das gotas de chuva, esta não apresenta a mesma eficácia para dissipar a energia erosiva da enxurrada que flui na superfície do solo, pois, a partir de determinado comprimento de rampa ou pendente tanto plantas quanto restos culturais, perdem seu efeito protetor.

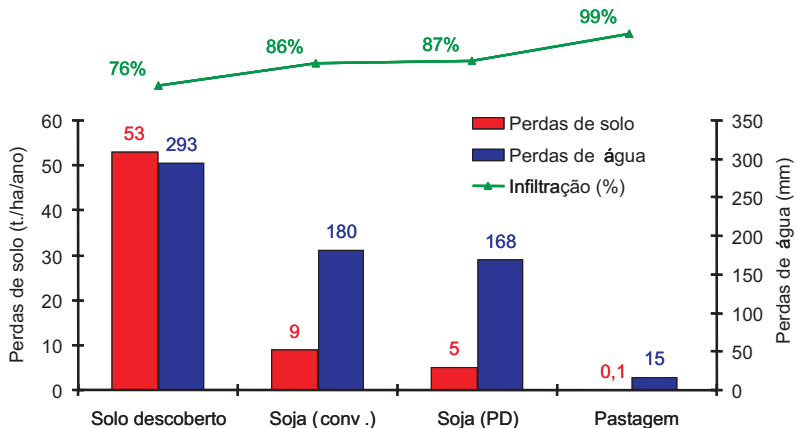


Fig. 14. Perdas de solo, perdas de água e taxas de infiltração de água para diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado. Médias de seis anos, em que a precipitação média anual foi de 1243 mm e a erosividade da chuva anual foi de 805 t.m./ha.mm/h.

Fonte: Adaptado de Dedecek et al. (1986).

Em pesquisas conduzidas no Sul do Brasil, Bertol e Cogo (1996) demonstraram que, pelo critério de falha de resíduos, a palhada pode ser eficiente para conter as perdas de solo em um comprimento de rampa que pode variar de 87 m a 174 m, dependendo do seu tipo e quantidade, bem como da declividade do terreno. Entretanto, nas condições do Cerrado onde o comprimento de rampa pode chegar a mais de 1.000 m em Latossolos (sem terraceamento) e a quantidade de palha, principalmente, em condições de sequeiro, é normalmente bem menor quando comparado ao Sul do Brasil (Fig. 11), torna-se no mínimo arriscado afirmar que o sistema de plantio direto atenda satisfatoriamente aos requisitos 3 e 4 – aumento da infiltração de água no solo e diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada – propostos por Derpsch et al. (1991). Assim, tanto resultados de pesquisa quanto o bom senso nos levam a afirmar que, mesmo em declives suaves, torna-se necessária a utilização de sistemas de terraceamento e do cultivo em contorno como práticas complementares

ao sistema de plantio direto, uma vez que a enxurrada pode atingir velocidade erosiva e, conseqüentemente, causar danos por erosão.

Plantio direto em linha reta: uma situação sustentável?

De acordo com Denardin et al. (2004), observações empíricas, inicialmente divulgadas por Martin (1985), disseminaram o conceito de que o sistema plantio direto seria prática conservacionista suficiente para o controle integral da erosão, dispensando práticas complementares como a semeadura em contorno e terraços. Esse conceito errôneo e sem embasamento científico gerou, num primeiro momento, a retirada indiscriminada de terraços no Rio Grande do Sul e a adoção da semeadura paralela ao maior comprimento do talhão, independente do sentido do declive. Os argumentos utilizados pelos agricultores têm sido a substancial redução de concentração de sedimentos em suspensão na enxurrada ao implantar o sistema de plantio direto (que a princípio ocorreu em áreas previamente terraceadas), fortalecida pela percepção de ganho operacional de máquinas e implementos e pela economia (embora pequena) de insumos agrícolas, decorrentes da redução de operações de remate de talhões requeridas em lavouras segmentadas por terraços. Como consequência dessa prática, os autores relataram aumento da erosão em lavouras sob plantio direto nas condições do Sul do Brasil (DENARDIN et al., 2004).

Existe uma tendência dos agricultores da Região Centro-Oeste de seguirem os seus colegas do Sul do País, o que tem resultado na retirada indiscriminada de terraços também em áreas agrícolas sob plantio direto na região do Cerrado. É possível observar áreas onde os terraços foram eliminados e o plantio passou a obedecer ao sentido do maior comprimento da área, independente da declividade (Fig. 15a e 15b). Considerando-se as grandes distâncias de comprimento de rampa, comuns no Cerrado, a enxurrada tende a atingir velocidades erosivas – aumento de energia cinética – à medida que se aproxima das partes mais baixas do terreno (Fig. 15c).

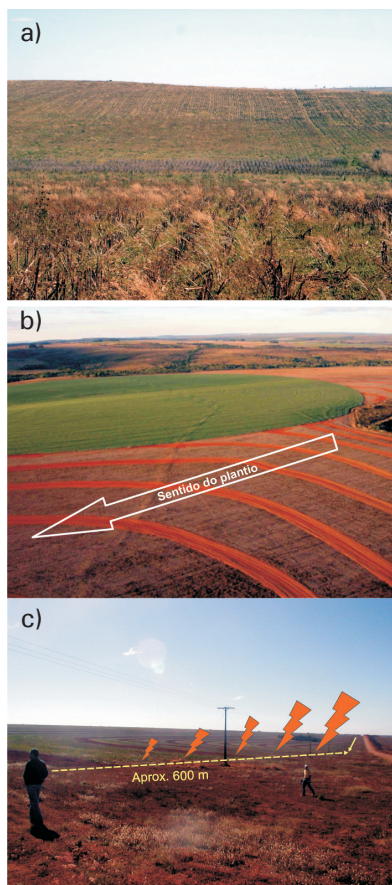


Fig. 15. (a) Áreas agrícolas no distrito Federal sob plantio direto, onde foi realizada a retirada de terraços acompanhada de semeadura em linha reta: palhada de milho não cultivado em contorno em sistema de plantio direto; (b) área onde podem ser observados os terraços rebaixados (faixas gradeadas), cuja seta indica o novo sentido de plantio, morro-abaxio; (c) e detalhe do comprimento de rampa, indicando o terço inferior de encosta onde a velocidade da enxurrada e, consequentemente, seu poder erosivo tendem a ser mais acentuados.

Fotos: (a e c) Marcos Aurélio Carolino de Sá; e (b) Luciano Shozo Shiratsuchi.

De maneira semelhante ao que foi relatado por Denardin et al. (2004) no Sul do Brasil, essa prática vem trazendo problemas também no Cerrado. Com a retirada dos terraços e o abandono do cultivo em nível, mesmo sob plantio direto, a enxurrada atinge velocidade erosiva e passa a remover resíduos, causando erosão laminar (Fig. 16a). Em área cultivada com milho, observou-se remoção

de solo severa nos sulcos de plantio (Fig. 16b), podendo chegar ao extremo de ocorrer remoção de grande quantidade de solo, juntamente com os fertilizantes aplicados, havendo exposição de raízes (Fig. 16c). Os sintomas tendem a ser mais drásticos, com sulcos de erosão já mais evoluídos, em terço inferior de encosta (Fig. 16d e Fig. 16e).

Felizmente, exemplos drásticos, como o apresentado na Fig. 16, não ocorrem em todas as áreas em que foi realizado o rebaixamento de terraços no Cerrado. Entretanto, o fato de não serem observados grandes sulcos de erosão não significa necessariamente ausência de perdas de solo, nutrientes e principalmente de água. A erosão do solo apresenta um caráter seletivo, ou seja, as partículas mais finas tendem

a ser mais facilmente removidas do que as mais grosseiras, pelo fato de serem mais leves, o que facilita sua permanência em suspensão na água da enxurrada. Nessas partículas mais finas – principalmente a fração argila do solo –, estão ligados os nutrientes e a matéria orgânica. Sendo assim, o sedimento removido por erosão tende a ser mais rico em nutrientes e matéria orgânica do que o solo de onde foi retirado, fato que tem sido relatado na literatura científica desde meados do século passado (GROHMANN; CATANI 1949; NÓBREGA et al. 1998; HERNANI et al. 1999). Na Tabela 1, são apresentados dados do Sul do Brasil de nutrientes no solo original sob plantio direto e no sedimento removido, em que podem ser constatadas perdas substanciais de fósforo, potássio e matéria orgânica.



Fig. 16. (a) Efeito do plantio direto em linha reta no sentido “morro-abaixo” em área agrícola do Distrito Federal: falha de resíduos e erosão laminar; (b) os sulcos de erosão se iniciam no sulco de plantio do milho, (c) podendo ocorrer a exposição de raízes; (d, e) sulcos de erosão já mais evoluídos em terço final de encosta.

Fotos: Marcos Aurélio Carolino de Sá e João de Deus Gomes dos Santos Junior.

Tabela 1. Atributos químicos do solo original e de sedimentos de lavoura manejada sob o sistema plantio direto, produzidos por chuva intensa, evidenciando enriquecimento do material erodido no Sul do Brasil.

Parâmetro	Determinação	
	Solo ¹	Sedimento
pH em água	6,4	6,6
Ca (mmol _c /dm ³)	34,0	44,0
Mg (mmol _c /dm ³)	56,0	60,0
P (mg/dm ³)	34,0	72,0
K (mg/dm ³)	270,0	609,0
Matéria Orgânica (%)	2,9	7,3

¹Camada de solo de 0 cm a 10 cm de profundidade.
Fonte: Embrapa Trigo (2003), citado por Denardin et al. (2004).

Considerando as particularidades de um perfil de solo sob plantio direto, em que a maior parte da matéria orgânica e nutrientes se acumula próxima da superfície, qualquer remoção de sedimentos, por menor que seja, pode significar a perda de quantidade razoável de nutrientes e matéria orgânica, conforme relatado por Dedeczek et al. (1986), em condições experimentais para um Latossolo Vermelho do Cerrado (Tabela 2). Nesse caso, mesmo perdendo seis vezes menos solo por erosão, no plantio direto, as perdas relativas de cálcio + magnésio, potássio, fósforo e matéria orgânica foram, respectivamente, 1,6; 2,6; 1,8 e 1,5 vezes maiores do que no convencional. É interessante ressaltar que esses resultados foram obtidos na Embrapa Cerrados em parcelas experimentais padrão, em rampa de 22 m, muito inferior ao comprimento dos lançantes normalmente encontrados nas áreas de produção comercial, cujos terraços foram eliminados, onde é de se esperar perdas de solo e principalmente nutrientes ainda mais elevadas. Além de representarem perdas econômicas, esses nutrientes junto com os agroquímicos aplicados tornam-se potenciais fatores de poluição e de contaminação do ambiente, pelo risco de contaminação dos mananciais de superfície, concordando com Denardin et al. (2004).

De acordo com Denardin et al. (2004), a raiz do problema está centrada na convicção errônea apregoada por numeroso contingente de técnicos e produtores rurais usuários do sistema de plantio direto, de que a cobertura superficial do solo por resíduos culturais seria uma prática conservacionista suficiente para controlar os processos erosivos, argumento que tem inibido a reposição de uma nova e adequada estrutura de terraços dimensionada para o sistema de plantio direto, ou mesmo, a implementação de soluções alternativas, como cordões de vegetação permanente.

Tabela 2. Perdas de solo por erosão (t ha^{-1}) em parcelas experimentais de 3,5 m de largura por 22 m de comprimento (sentido do declive) e atributos químicos de sedimentos de um Latossolo Vermelho de Planaltina, DF, com declividade de 5,5 % cultivado com soja, sob preparo convencional¹ e plantio direto, ocorridas durante uma chuva de 30,5 mm com duração de 2 horas 20 minutos.

Parâmetro	Sistema de manejo	
	Convencional ¹	Direto
Perdas de solo (t ha^{-1})	0,6	0,1
pH em água	5,7	6,0
Al ($\text{mmol}_c/\text{dm}^3$)	4,0	0,0
Ca + Mg ($\text{mmol}_c/\text{dm}^3$)	24,0	40,0
P (mg/dm^3)	24	71
K (mg/dm^3)	6	11
Matéria Orgânica (%)	2,1	3,1

¹Aração com arado de discos e uma gradagem leve.

Fonte: Dedeczek et al. (1986).

Terraceamento em sistema de plantio direto

Não é objetivo deste tópico apresentar detalhes sobre os cálculos de espaçamento e construção de terraços, uma vez que tais metodologias já existem e estão disponíveis na literatura. O objetivo é discorrer sobre a importância do terraceamento em sistema de plantio direto.

Terraceamento é um conjunto de terraços projetados segundo as condições locais. Os terraços têm como princípio o parcelamento ou subdivisão dos comprimentos de rampa, de forma a interceptar a enxurrada antes que ela se avolume e atinja alta velocidade, ganhando poder erosivo. Tem como finalidade, não apenas conservar o solo protegendo-o da erosão hídrica, mas também conservar a água, fazendo com que ela se infiltre no solo, abastecendo não apenas a cultura, mas também o lençol freático (LOMBARDI NETO et. al., 1994; RESCK, 2002). Essa característica de conservar água associada à conservação do solo justifica sua utilização mesmo em sistemas conservacionistas de manejo, como o plantio direto.

O princípio do terraceamento na conservação da água é ilustrado na Fig. 17. Numa condição sem terraços e com rampas de grande comprimento, durante as chuvas, a enxurrada escorre livremente pela pendente, sendo os danos de erosão mais intensos no terço inferior da encosta. Parte dessa água se infiltra no solo, sendo a maior parte perdida na forma de enxurrada, contribuindo para o aumento do volume dos cursos d'água durante as chuvas e risco de enchentes, o que pode ocorrer em escala regional, se várias propriedades não adotarem práticas adequadas de manejo ou mesmo numa escala maior, se isso se repetir em várias regiões ao longo da bacia hidrográfica de um grande rio, por exemplo. Entretanto, numa área terraceada, a infiltração de água no solo é favorecida, contribuindo para a recarga do lençol freático e minimizando o risco de enchentes. Esse princípio vale para qualquer atividade agrosilvipastoril, sejam áreas cultivadas com culturas anuais sob sistema de plantio direto ou convencional ou áreas sob pastagens, culturas perenes ou reflorestamentos. Entretanto, o terraceamento deve ser dimensionado de acordo com o tipo de solo, declividade e uso/manejo a ser adotado.

Grande parte dos sistemas de terraços que estão sendo retirados hoje nas áreas de plantio direto no Cerrado foi dimensionada há muito tempo, quando essas áreas ainda eram cultivadas em sistema de preparo convencional. Semelhante ao que foi relatado por

Denardin et al. (2004) para o Sul do País, também no Cerrado, este terraceamento apresentava um pequeno espaçamento horizontal e alta densidade de terraços por área, o que é inconsistente com os requerimentos associados ao sistema de plantio direto, que possibilita a utilização de espaçamentos maiores entre terraços. Dessa forma, concordando com os autores, a retirada dos antigos terraços pode ser considerada uma medida coerente, desde que seja acompanhada da implantação de novos terraceamentos, dimensionados especificamente para as condições locais em sistema de plantio direto.

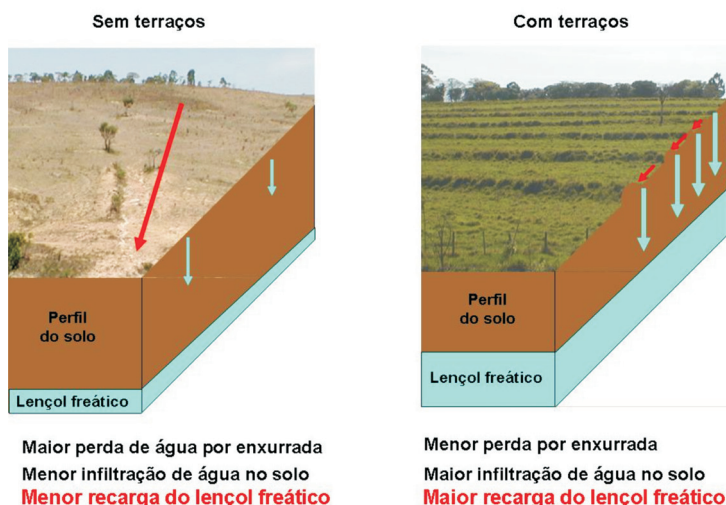


Fig. 17. Princípio do terraceamento na conservação da água.

Fotos: Marcos Aurélio Carolino de Sá.

Uma tecnologia foi desenvolvida na Embrapa Cerrados por Resck (2002) para cálculo do espaçamento horizontal entre terraços e sua construção com arado de três discos. O ponto forte dessa tecnologia é a simplicidade e praticidade, podendo ser facilmente utilizada pelo próprio agricultor. Nesse caso, o espaçamento entre terraços calculados é sensivelmente maior quando comparado aos métodos tradicionalmente utilizados para esse fim, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Existem também outros métodos para o cálculo do espaçamento entre terraços, que precisam ainda ser validados e adaptados para as condições do Cerrado. É o caso do método desenvolvido para o estado de São Paulo por Lombardi Neto et al. (1994), que leva em conta características do tipo de solo – no caso, os principais grupamentos de solos do Estado de São Paulo –, o uso (tipo de cultura) e manejo do solo (tipo de preparo do solo, ou mesmo, plantio direto e manejo dos restos culturais). Os espaçamentos horizontais calculados por esse método, considerando-se uma condição de Latossolo Vermelho sob plantio direto, são sensivelmente maiores do que os calculados pelo método proposto por Resck (2002) (Tabela 3).

Tabela 3. Espaçamento horizontal entre terraços, determinado por diferentes métodos.

Declividade	Bentley	Paraná	Resck	Lombardi Neto et al.	Pruski et al.
---- % ----	----- Metros -----				
5	24,4	27,9	33,0	43,1	117,1
7	20,9	24,2	29,0	37,4	90,3
9	19,0	21,8	27,0	33,7	75,4
11	17,7	20,0	26,0	30,9	66,0
15	16,3	17,5	24,0	27,2	54,6
20	15,3	15,6	23,0	24,1	46,8

Os três primeiros métodos (Bentley, Paraná e Resck) independem do sistema de manejo do solo (se plantio direto ou convencional). Para o método de Lombardi Neto et al., (1994), espaçamentos específicos para sistema de plantio direto. Para o método de Pruski et al. (1996), espaçamentos calculados em função das características do solo e chuvas críticas (130 mm/24 horas e Velocidade de Infiltração Básica (VIB) = 68 mm/h).

Fonte: Adaptado de Pruski et al. (1996); Resck (2002) e Denardin et al. (2004).

Outro método para dimensionamento de terraços foi desenvolvido por Pruski et al. (1996), que consiste em um modelo matemático, o qual é um programa computacional, o “Terraço for Windows”, que pode ser obtido gratuitamente na página www.ufv.br/dea/gprh da Universidade Federal de Viçosa. A utilização desse programa requer acompanhamento técnico especializado, mas permite calcular os

espaçamentos vertical e (ou) horizontal máximos permissíveis entre terraços, empregando para tanto dados específicos da região e da lavoura em questão, como o tipo de solo, taxa de infiltração básica de água no solo, declividade, manejo do solo, das culturas e de resíduos culturais, características da chuva e características do próprio terraço como a altura de crista (camalhão), que pode ser construído em função das condições topográficas e equipamentos disponíveis. Dependendo das condições locais, esse método pode calcular espaçamentos entre terraços superiores aos outros métodos (Tabela 3) e foi validado por Denardin et al. (1999) em área sob plantio direto nas condições do Rio Grande do Sul, onde, segundo os autores, além de permitir substancial redução na quantidade de terraços na área, suportou eventos de chuva em quantidade superior para as quais foi projetado.

Considerações Finais

É inquestionável a importância da agricultura no Bioma Cerrado no cenário atual, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Entretanto, para que possamos superar o grande desafio agrônômico do século XXI, que é produzir alimentos, fibras e energia para uma população em crescimento e, ao mesmo tempo, preservar os recursos naturais, é imprescindível que as áreas já incorporadas ao processo produtivo sejam utilizadas de maneira racional, de acordo com sua capacidade produtiva. Nesse contexto, o manejo conservacionista do solo assume fundamental importância, tanto para otimizar a produção nas áreas já desmatadas quanto para preservar as áreas remanescentes sob vegetação nativa, evitando que estas sejam incorporadas ao processo produtivo.

O plantio direto é um sistema conservacionista que possibilitou a redução de custos em relação ao convencional, pela ausência do preparo de solo. Entretanto, para sua utilização de forma racional e eficiente, é necessária a observação de alguns requisitos básicos, tais como: o conhecimento dos aspectos técnicos relacionados ao sistema; mão de obra e gerenciamento adequados; adequada dinâmica de sistemas de preparo para condicionamento prévio do

solo, como calagens, gessagens e adubações, conforme análise de solo, bem como eliminação de camadas compactadas; adequada sistematização e dimensionamento de talhões, visando à implantação de uma infraestrutura básica de conservação dos solos, como locação adequada de carregadores, bacias de retenção, terraços e semeadura em contorno; manejo eficiente de restos culturais e plantas daninhas; rotação de culturas; utilização de plantas de cobertura; monitoramento e manejo da fertilidade e compactação do solo; e conscientização de agricultores e assistência técnica de que o plantio direto é um sistema conservacionista complexo, que não dispensa práticas conservacionistas complementares.

Agradecimentos

Aos extensionistas da Emater (DF) Hécio Henrique Santos e José Voltaire Brito Peixoto, pelo apoio na localização e obtenção de fotos das áreas sob plantio direto com problemas de erosão no Distrito Federal.

Referências

ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, J. L. de; MADEIRA NETTO, J. M. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; São Paulo: Nobel, 1986. p. 33-74.

BENNETT, H. H. **Soil conservation**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1939.

BERTOL, I.; COGO, N. P. **Terraceamento em sistemas de preparo conservacionista do solo: um novo conceito**. Lages: NRS-SBCS, 1996. 41 p. (NRS-SBCS, Boletim Técnico, 2).

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

CASTRO FILHO, L.; MUZZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de cultura e métodos de preparo de amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 527-538, jul/set., 1998.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 13 maio 2009.

CORNELIO, G. B.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S. Qualidade física do solo sob vegetação de Cerrado e após 12 anos de manejo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2.; SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9. 2008, Brasília. **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**, 2008.

DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V.; FREITAS JUNIOR., E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 265-272, 1986.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; COGO, N. P.; BERTOL, I. **Terraceamento em sistemas conservacionistas de preparo do solo: II - análise prática e um relato de caso**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15. Santa Maria, 25 a 30 de julho de 2004. 1 CD ROM.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; BERTON, A.; TROMBETTA, A.; FALCÃO, H. **Terraceamento em plantio direto**. (Comunicado Técnico, 8), 1999. Disponível em: <http://www.cnpq.br/p_co08.htm>. Acesso em: 19 jul. 2006.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, V. **Controle de erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: Dt. Ges. Fur Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Fundação IAPAR, 1991. 292 p.

DIAS JUNIOR, M. **Compression of three soil under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114 f. (Ph.D Dissertation). East Lansing, Michigan State University.

DIAS JUNIOR, M. S.; MIRANDA, E. E. V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). **Ciência Agrotécnica**, v. 24, n. 2, p. 337-346, abr./jun., 2000.

FIGUEIREDO, C. C. **Efeito de diferentes sistemas de manejo no carbono e nitrogênio da biomassa microbiana e na absorção de nitrogênio pelo milho em um latossolo vermelho no Cerrado**. 2003. 104 f. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília - UnB, FAV. Brasília, DF.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. B.; RAMOS, M. L. G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em Latossolo Vermelho no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 551-562, 2007.

FRANZ, C. A. B.; FOLLE, S. M. ; ROCHA, F. E. C. . **Parâmetros para mecanização agrícola na região do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, v. 22, n. 22, p. 1-19, 2000. (Documentos).

GROHMANN, F.; CATANI, R. A. O empobrecimento do solo causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do arenito Baurú. **Bragantia**, v. 9, n. 5-8, mai/ago, 1949.

GUEDES, H. M.; RESCK, D. V. S.; PEREIRA, I. da S.; SILVA, J. E. da; RODRIGUEZ CASTRO, L. H. Caracterização da distribuição do tamanho de agregados de diferentes sistemas de manejo e seu conteúdo de carbono em latossolo vermelho-escuro na região dos Cerrados, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: anais...** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 329-333.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, v. 82, p. 121-145, 2005.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 145-154, jan./mar., 1999.

HUDSON, N. W. **Soil conservation**. 3.ed. Iowa State University Press, 1995. 391p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS – IBGE. **Censos demográficos**. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/defaulttab_historicas.shtm. > Acesso em: 12 maio 2009.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R. B.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B.; BERTOLINI, D.; GALETI, P. A.; DRUGOWICH, M. I. **Terraceamento agrícola**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. 38 p. (Boletim Técnico, 206).

MARCHAO, R. L.; SILVA, E. M. ; VILELA, L. ; SÁ, M. A. C. ; BISPO, J. P. ; BALBINO, L. C. ; BECQUER, T. . Condutividade hidráulica saturada em um latossolo vermelho sob sistema de integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005. Recife. **Solos: sustentabilidade e qualidade ambiental**, 2005.

MARTIN, E. O plantio direto no estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3., 1985, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Batavo/Fundação ABC. p.15-16.

NASCIMENTO, P. C.; LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo sob cultivo de três leguminosas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 3, n. 1, p. 121-125, jan./mar., 1999.

NÓBREGA, J. C. A.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; SÁ, M. A. C.; CHIARADIA, J. J.; MARTINS, S. G. Avaliação das perdas de nutrientes e matéria orgânica em dois solos do município de Lavras (MG) sob condições de chuva natural: resultados preliminares. In: FERTBIO98 – **Resumos...** UFLA/SBCS/SBM, Caxambú, Minas Gerais, 1998, p. 705.

OGAWA, K. ; FRANZ, C. A. B. ; FOLLE, S. M. ; ISHIDA, S. ; INOUE, K. ; ROCHA, F. E. C. Soil physical and chemical observations on the effects of compacted soil layer destruction by machineries. In: JICA; EMBRAPA CERRADOS (Org.). **Project of sustainable agricultural**

development and natural resources conservation in the Brazilian Cerrado. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2000, v. 1, p. 23-63.

PRUSKI, F. F.; SILVA, J. M. A.; CALIJURI, M. L.; BHERING, E. M. **Terraço for windows:** versão 1.0. Viçosa: UFV – Departamento de Engenharia agrícola, 1996.

RESCK, B. S. **Efeito de sistemas de manejo na dinâmica da água e no grau de compactação do solo na bacia hidrográfica do córrego Taquara, Distrito Federal.** 2005, 121 f. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF.

RESCK, D. V. S. Manejo de solos e sustentabilidade dos sistemas agrossilvipastoris na região dos Cerrados. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Proceedings.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 81-89.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B. ; SANTOS JUNIOR, J. D. G. ; MELO, J. T.; SÁ, M. A. C. ; RESCK, I. S.; dos SANTOS, M. L.; ZINN, Y. L. . Dinâmica da matéria orgânica do solo no Cerrado. In: ANDRADE, S. R. M. (Ed.). **Resultados de pesquisa para o Cerrado:** 2004-2005. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007, p. 153-160.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B. ; SANTOS JUNIOR, J. D. G. ; SÁ, M. A. C. ; FIGUEIREDO, C. C. Manejo do Solo sob um Enfoque Sistêmico. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A. L. (Org.). **Savanas:** desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008, p. 417-473.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E.; LOPES, A. S.; COSTA, L. M. Managment systems in northern South América. 2nd ed. In: PETERSON, G. A.; UNGER, P. W.; PAYNE, W. A. **Dryland agriculture.** Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 2006. p. 427-525. (Agronomy Monograph, 23).

RESCK, D. V. S. **A conservação da água via terraceamento em sistemas de plantio direto e convencional no Cerrado.** Embrapa Cerrados, 2002, 8 p. (Embrapa Cerrados, Circular Técnica 22).

RESCK, D. V. S. Agricultural intensification systems and their impact on soil and water quality in the Cerrados of Brazil. In: LAL, R. (Ed.). **Soil quality and agricultural sustainability.** Michigan: Ann Arbor, 1998. p. 288-300.

RESCK, D. V. S. Manejo de solos e sustentabilidade dos sistemas agrossilvipastoris na região dos Cerrados. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996. Biodiversity and Sustainable Production of Food and Fibers in Tropical Savannas. Brasília. **Proceedings...** Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1996a. p. 81-89.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. da. Soil organic matter dynamics under different tillage systems in the Cerrados region in Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14., **Transaction...** Kyoto, ISSS. 1990. v. 6, p.325-326.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 2002. 339 p.

ROLOFF, G.; BERTOL, O. J. **Método para estimativa da cobertura do solo e da altura de dossel de algumas culturas de verão**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, n. 2, p. 319-327, abr./jun., 1998.

SÁ, M. A. C.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. ; RESENDE, A. V. ; SHIRATSUCHI, L. S. **Interrelação do teor de argila, carbono orgânico e CTC em solos sob plantio direto no Cerrado**. In: FERTBIO 2006, 2006, Bonito, MS: FERTBIO 2006, 2006.

SÁ, M. A. C.; SHIRATSUCHI, L. S.; FRANZ, C. A. B.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. dos. **Compactação do solo e produtividade da cultura da soja em área irrigada no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43 n. 1. p. 153-156, 2008.

SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C. ; REIN, T. A. **Qualidade física do solo em sistema de preparo convencional e plantio direto em latossolo de cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006 (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; HURTADO, S. M. C.; REIN, T. A.; SHIRATSUCHI, L. S. **Variabilidade espacial da resistência à penetração no perfil do solo sob semeadura direta e preparo convencional**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

SANTOS, G. A.; DIAS JUNIOR, M. S.; GUIMARÃES, P. T. G.; FURTINI NETO, A. E. Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciando no crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em solos distintos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 740-752, 2005.

SIQUEIRA, R. Sistemas de preparo do solo e plantio direto. In: MORAES, M. H.; MULLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo**: métodos de estudo: sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: Funep, 2002. p. 88-149.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed). **Cerrado, correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

Soil and Water Management and Conservation in the Cerrado Biome under No-till System

Abstract

The Cerrado region is one of the last and largest agricultural frontiers in the planet. Soil management is crucial for a sustainable use of the natural resources in this Biome. In this review, soil management in no-till system was discussed based on results of long-term experiments carried out at Embrapa Cerrados and other studies. The importance of terraces as a method of soil and water conservation was emphasized in no-till system. Soil tillage dynamics, soil compaction, erosion and runoff of water in no-till system under Cerrado conditions are also discussed.

Index terms: Tillage, erosion, terraces, compaction.