

CAPÍTULO 8

CULTIVO DO ALGODOEIRO NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E O CULTIVO DO ALGODOEIRO NOS CERRADOS

Júlio Cesar Salton¹

Fernando Mendes Lamas²

8.1 INTRODUÇÃO

Além da produtividade e da lucratividade, a atividade agrícola deve também atender às exigências da sociedade e do mercado consumidor relativas à qualidade dos produtos e, de forma especial, àquelas relacionadas à preservação do ambiente. Com relação à cultura do algodoeiro, a adequação aos preceitos da agricultura sustentável é mais do que uma exigência, tornando-se uma necessidade diante das peculiaridades da cultura e da forma predominante de cultivo, quanto à ocorrência de pragas, doenças, plantas daninhas e uso do solo. Hernani e Salton (2001) apontam o uso excessivo de insumos químicos, do preparo do solo e do monocultivo da cultura do algodoeiro como responsável pelo desencadeamento de um processo de degradação do solo, pelo aumento da incidência e da severidade de doenças, de nematoides e pragas, pelo aumento do custo de produção e por maior dependência do clima. A utilização dessas práticas resulta na insustentabilidade da agricultura (figura 1). Atualmente, a produção do algodão na região central do Brasil apresenta viabilidade econômica; contudo, o sistema predominante de produção, com a intensa utilização de insumos, do preparo do solo e, principalmente, com o monocultivo, caminha certamente para a perda de sustentabilidade devido ao crescente e contínuo aumento dos custos de produção. Zancanaro e Tessaro (2006), ao analisarem o sistema de produção predominante em Mato Grosso, afirmam que a monocultura do algodoeiro constitui um grave problema. Esta situação, aliada às características da cultura, como a pequena

¹ Eng. Agr. Dr. Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

² Eng. Agr. Dr. Pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

disponibilidade de resíduos sobre o solo após a colheita, a intensa mobilização do solo com gradagens, a impossibilidade de semeadura de culturas subsequentes logo após sua colheita e o número elevado de operações com máquinas e implementos agrícolas, degradam o solo e acarretam a inviabilidade da cotonicultura.

Mais recentemente, um novo modelo de produção surge com o algodoeiro sendo cultivado após a colheita da soja. Neste modelo, a semeadura do algodoeiro é realizada sobre os restos culturais da soja, que, além da pequena quantidade, apresentam características que favorecem a sua rápida decomposição. Muitas vezes, a semeadura é realizada em solo com elevado teor de umidade, o que não é recomendado. Além disso, geralmente não se faz a rotação de culturas. A importância relativa dos insumos químicos no custo de produção do algodão, para o estado de Mato Grosso, na safra 2014/2015, é de 56,41%, considerando-se os fertilizantes e defensivos agrícolas (Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária, 2015). Também se referindo ao sistema de produção de algodão em MT, Doré e Monnerat (2006) apontam graves problemas de contaminação dos mananciais por resíduos dos agroquímicos empregados nas lavouras e alertam para a necessidade de se implementar práticas conservacionistas e o uso de sistemas alternativos.

Figura 1 – Esquema que demonstra a utilização de determinadas práticas de manejo e as prováveis consequências



Fonte: adaptada de Hernani e Salton (2001).

Diante desta situação, necessita-se da identificação de alternativas ao atual sistema produtivo do algodão. Na seleção de tais alternativas, um procedimento recomendável é a observação de exemplos de sistemas de produção de outras culturas, como a soja. Neste caso, uma alternativa que vem obtendo significativo sucesso é o cultivo, em plantio direto, da soja em rotação com pastagens perenes, em ciclos variando de um a três anos (BROCH et al., 1997; SALTON et al., 2001). Este sistema apresenta um grande número de formas e variações temporais e de espécies, conforme as particularidades da região e do agricultor, podendo perfeitamente incluir a cultura do algodoeiro no sistema.

A integração lavoura-pecuária (ILP), segundo Fabrício *et al.* (1999), consiste na diversificação da produção, possibilitando o aumento da eficiência de utilização dos recursos naturais e a preservação do ambiente, resultando em incrementos e maior estabilidade da renda do produtor rural. Devem ser adicionadas a este conceito a condição dos sistemas de ILP de se beneficiarem do sinergismo das atividades e a preservação do ambiente, os quais são obtidos com a utilização do sistema ILP no mesmo local em rotação, sucessão ou consórcio.

Como principais benefícios da ILP, podem ser apontados alguns diretamente ligados ao agricultor, como: aumento da produtividade, maior estabilidade de renda devido à produção diversificada e à redução da vulnerabilidade aos riscos climáticos. Outros benefícios são verificados, como a melhoria da fertilidade das áreas originalmente utilizadas com pastagens pelos resíduos da utilização de fertilizantes e corretivos nas atividades agrícolas. As pastagens que se sucedem às culturas anuais possibilitam ganhos de peso vivo superiores a 500 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de bovinos de corte a pasto. O uso de pastagens intercaladas a lavouras reduz a incidência de pragas e doenças em função da rotação de culturas. Além disso, as pastagens favorecem o aumento da matéria orgânica do solo (MOS) e ajudam no controle da erosão do solo e, devido ao abundante sistema radicular das gramíneas, aumentam a atividade biológica e melhoram os atributos físicos no perfil do solo (BROCH et al., 1997; FABRÍCIO et al., 1999; VILELA et al., 2003).

8.2 SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Conceitualmente, o sistema de integração lavoura-pecuária é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica da atividade agropecuária (BALBINO et al., 2011). A utilização de sistemas de produção envolvendo pecuária e lavoura é prática comum em muitos locais, como no Uruguai, na Argentina e na Região Sul do Brasil. São várias as formas de se implementar sistemas de produção envolvendo a lavoura e a pecuária.

Uma das formas de se obter vantagens das lavouras para a pecuária é por meio da suplementação e do confinamento, porque não há integração de áreas. Os produtos da agricultura – tais como grãos, resíduos e forragem conservada (feno e silagem) – são utilizados na suplementação e/ou no confinamento de animais, tendo como maior exemplo a pecuária leiteira. Contudo, nesses casos, não haverá ganhos resultantes da sinergia entre lavouras e pastagens, não se configurando, portanto, sistema de ILP. Outra forma muito empregada no Brasil de utilização das lavouras para beneficiar a pecuária, especialmente na região central, é a abertura de áreas de cerrado/mata para introdução e, posteriormente, reforma de pastagens, na qual a agricultura é conduzida por um período variável a fim de cobrir os custos das operações agrícolas e dos corretivos da fertilidade do solo, sendo restabelecida a pastagem após esse período.

Com a utilização do Sistema de Plantio Direto (SPD), as possibilidades e formas de integrar atividades agrícolas e pecuárias foram intensificadas, inicialmente na Região Sul, com o aproveitamento das culturas destinadas para a cobertura do solo (outono/inverno), como a aveia, para produção de forragem e pastejo direto, no período entre o cultivo de espécies anuais (soja e milho). Posteriormente, tais usos foram se alastrando para a Região Central do Brasil, onde a aveia foi substituída pelo milheto ou sorgo forrageiro.

A forma com maior potencial de ganhos financeiros e agronômicos, tanto para a pecuária quanto para a lavoura, trata-se da rotação de culturas anuais com pastagens perenes. Neste sistema mais intensivo de exploração, áreas de culturas anuais e pastagens perenes se alternam a cada dois ou três

anos, utilizando-se o SPD. Neste sistema, a pastagem permite melhorar os níveis de matéria orgânica e as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de mantê-lo coberto durante grande parte do ano. A adubação residual proveniente da lavoura permanece no solo, disponibilizando nutrientes para o ciclo de pastagem. Neste sistema ocorre uma redução substancial da presença de plantas daninhas, além de pragas e doenças.

Diante das inúmeras vantagens que tais sistemas proporcionam, formas semelhantes de sistemas de ILP estão sendo propostas para as principais regiões produtoras de algodão dos Estados Unidos, objetivando especialmente eliminar o monocultivo e ampliar os ganhos econômicos e ambientais (FRANZLUEBBERS, 2007; RUSSELLE et al., 2007).

8.3 ILP ENVOLVENDO A CULTURA DO ALGODOEIRO

Na sucessão do algodoeiro com pastagens, forrageiras anuais (como a aveia, o milheto ou o sorgo) são semeadas no outono e podem ser pastejadas no período antecedente ao da semeadura do algodoeiro. A adoção desta forma de ILP é limitada às regiões onde haja disponibilidade hídrica para o desenvolvimento da forrageira, de forma a permitir pastejo e posterior rebrota das plantas, resultando em adequada cobertura do solo para o SPD. A utilização de espécies forrageiras perenes durante o período de entressafra, por estas apresentarem maior resistência aos períodos secos, pode possibilitar a produção de forragem de qualidade e a formação de palhada antecedendo ao algodoeiro, mesmo em regiões mais secas.

Na figura 2 são apresentadas, de forma esquemática, as possibilidades de inserção de forrageiras antecedendo o algodoeiro. Nestas situações, o período de utilização da forragem pelos animais pode ser de cerca de 90 dias ou mais para as semeaduras realizadas no período de outono (safrinha), nas áreas mais úmidas e com temperaturas amenas, e reduzido a cerca de 30 a 60 dias para as semeaduras de primavera, com a ocorrência das primeiras chuvas. A duração do período de pastejo está diretamente relacionada às condições climáticas, à fertilidade do solo e à forma de manejo dos animais. Cassol (2003) destaca a necessidade de se estabelecer o manejo adequado dos animais para manter a correta altura de pastejo das forrageiras, de forma a deixar, após o pastejo, quantidade adequada de palha na superfície e para não reduzir os níveis de MOS, sendo este problema, além da compactação superficial, a principal limitação apresentada por tal sistema.

Figura 2 – Esquema que demonstra a sequência de cultivo do algodoeiro após forrageiras em duas épocas de semeadura no cerrado

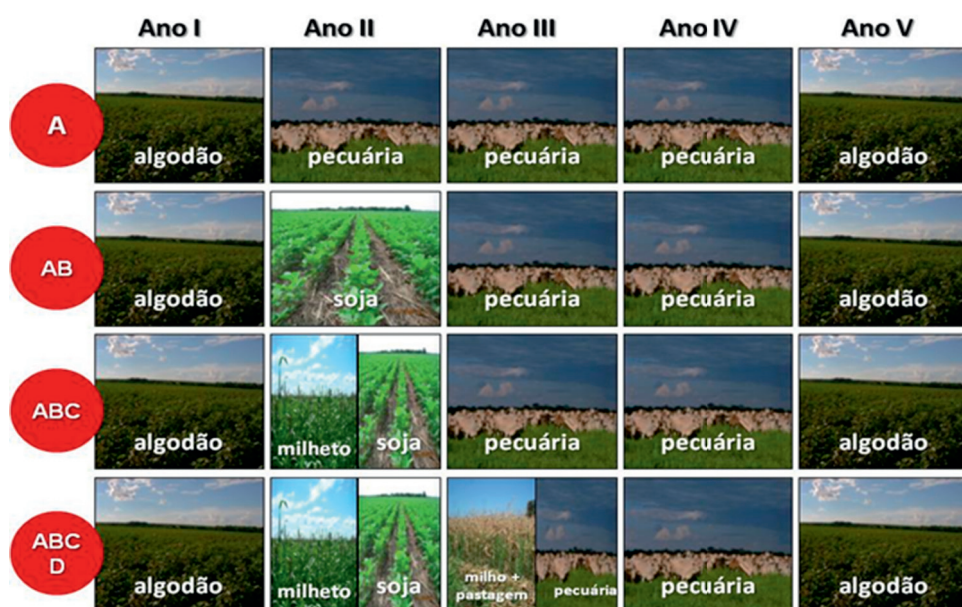
Época de semeadura	Ano I												Ano II							
	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	a
Safrinha																				
Primavera																				

Na rotação do algodoeiro com pastagens, esta opção de ILP apresenta as potencialidades de efeitos benéficos não apenas decorrentes da cobertura do solo por palhada, mas aqueles proporcionados pela presença da gramínea num maior período de tempo, configurando, de fato, um sistema de rotação de culturas. A presença dos animais em pastejo, com a deposição dos excrementos sobre a superfície do solo, proporciona a reciclagem e a redistribuição de nutrientes no solo, sendo que as práticas de manejo dos animais são fundamentais na eficiência destes processos.

O período de tempo contendo pastagem não é fixo, devendo ser estabelecido conforme as conveniências e particularidades de cada local. Contudo, não deve ultrapassar três anos, pois o ganho relacionado à MOS tende a ser reduzido a partir deste tempo (SALTON, 2005). Como intervalo de tempo ideal para a presença de pastagem, é apontado o período de dois anos. Já para o algodoeiro, levando-se em conta prioritariamente os aspectos sanitários, deve ser mantido um período de três anos sem sua presença no mesmo local da propriedade (gleba). Assim, um sistema de ILP contendo o algodoeiro e a pastagem pode ser configurado conforme apresentado na figura 3 (sistema A). Possivelmente, para compor um sistema de ILP na região dos cerrados, seria interessante a presença de outras lavouras além do algodoeiro; neste caso, a cultura da soja se configura como uma opção extremamente viável, devendo compor o sistema após a colheita do algodão, objetivando o aproveitamento da adubação e maior facilidade de destruição da soqueira do algodoeiro, assim como apresentado pelo sistema A+B (figura 3). Como os cultivos devem ser conduzidos em SPD, espécies para a cobertura do solo (como o milheto) deverão ser incluídas nos sistemas de cultivos, resultando na sequência A+B+C da figura 3. Com o desenvolvimento e a validação de sistemas de semeadura de culturas simultaneamente às espécies para cobertura do solo ou como forrageiras, tais práticas são adotadas com sucesso na região dos cerrados e viabilizam

a implantação dessas espécies em época apropriada para o seu ótimo estabelecimento e desenvolvimento, com aproveitamento das reservas hídricas do solo, antes do início da estação seca. Assim, a semeadura da cultura do milho safrinha, em consórcio com forrageiras, deve também compor o sistema de produção, como apresentado no esquema A+B+C+D da figura 3.

Figura 3 – Esquema que demonstra a sequência de implantação de diferentes culturas componentes de um sistema de produção do algodoeiro, desde um sistema simplificado (A) até um mais complexo (ABCD), observando-se os períodos de intervalo e de duração necessários para a obtenção dos efeitos proporcionados pela rotação de culturas

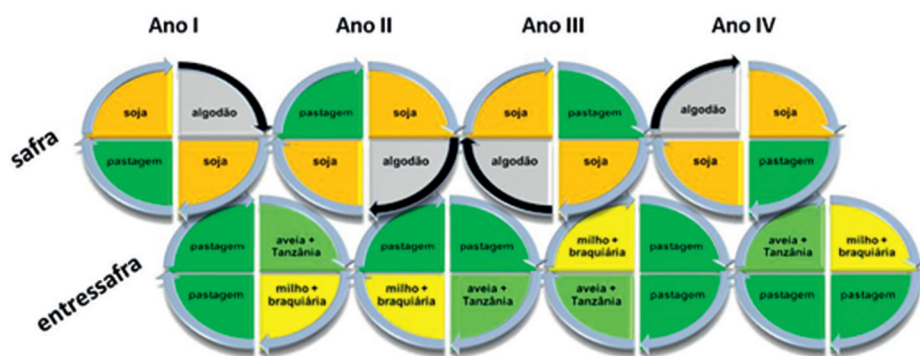


Considerando-se as diversas situações e possibilidades existentes para a composição de um sistema de produção para a cultura do algodoeiro nas condições variadas como as encontradas na região dos cerrados, obviamente várias são as composições possíveis. No entanto, como comentado anteriormente, alguns preceitos deverão ser observados no tocante aos intervalos sanitários, ao aporte de matéria seca ao sistema (palha) e ao efeito das culturas antecessoras. Segundo Vinne *et al.* (2009), o cultivo do algodoeiro em ¼ da área, em rotação com soja e pastagem, proporciona

ótimos resultados em termos de produtividade média ao longo dos anos, com 3.660 kg ha⁻¹ de soja, 4.980 kg ha⁻¹ de milho, 3.105 kg ha⁻¹ de algodão em caroço, com rendimento de 38% em pluma e 390 kg ha⁻¹ de carne, com custos médios de 2.280 kg ha⁻¹ de soja, 3.360 kg ha⁻¹ de milho e de 2.070 kg ha⁻¹ de algodão em caroço, resultando em atraentes ganhos econômicos pelos baixos custos de produção.

Para outras regiões, determinadas espécies componentes deste modelo podem ser substituídas por outras mais adaptadas às condições edafoclimáticas do local. Contudo, os fundamentos devem ser mantidos de forma a viabilizar a sequência de cultivos.

Figura 4 – Esquema que demonstra o sistema de rotação de culturas para produção de algodão utilizado pelo agricultor Ake Bernard van der Vinne, na Fazenda Cabeceira, em Maracaju (MS)



Legenda: a fazenda é subdividida em quatro partes. No período das águas (safra), há cultivo de 25% da área com algodão, 50% da área com soja e 25% da área com pastagem. No período de entressafra, a área com pastagem ocupa $\frac{3}{4}$ do total, sendo que $\frac{1}{4}$ é ocupado com milho safrinha.

Fonte: adaptada de Vinne et al. (2009).

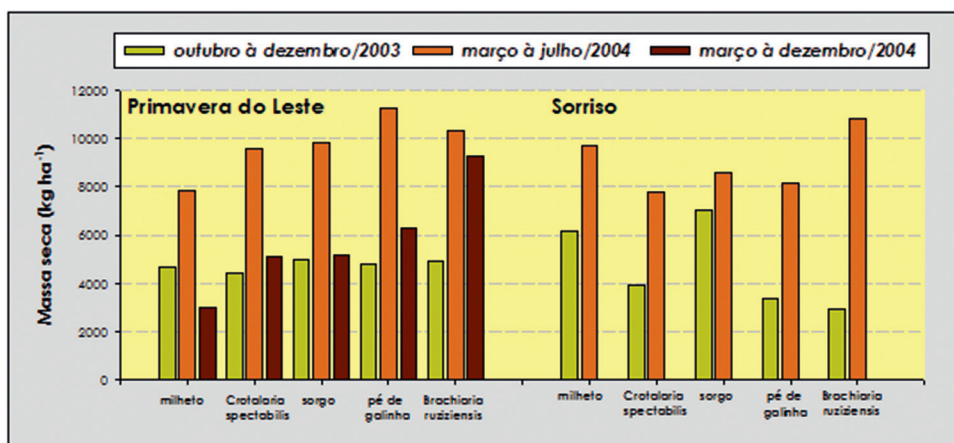
Para a região dos cerrados, a inclusão de sistemas de ILP apresenta um grande potencial, visto que a região conta, atualmente, com mais de 45 milhões de hectares com pastagens (IBGE, 2007), dos quais se estima que cerca de 2/3 encontram-se em avançado grau de degradação. Ao se incluir áreas ocupadas com lavouras para a produção de pastagens, a capacidade de suporte destas, por ser superior ao apresentado pelas áreas degradadas, pode resultar em aumento da produtividade do rebanho,

além de possibilitar redistribuição dos animais, diminuindo a pressão existente e a taxa de degradação das pastagens existentes.

8.4 VANTAGENS PROPORCIONADAS PELA ILP

No tocante à cobertura do solo, os sistemas de cultivo, ao contarem com a presença de forrageiras durante parte do tempo, recebem um aporte de matéria seca sobre a superfície do solo, viabilizando a semeadura direta das culturas subsequentes. A cobertura permanente do solo por plantas ou resíduos de plantas é considerada um dos fundamentos do SPD, proporcionando diversos efeitos positivos em atributos do solo, com reflexos no rendimento das culturas e no ambiente. A figura 5 apresenta as quantidades de palha que podem ser produzidas por algumas espécies especialmente cultivadas para tal fim, antecedendo à semeadura do algodoeiro em duas regiões de Mato Grosso. Na figura 5, observa-se também a capacidade diferenciada de produção de palha das espécies quando semeadas no período de “safrinha” (em março) e no início das “águas” (em outubro). Tal situação deve ser considerada ao se planejar a utilização dessas espécies para a produção de forragem, além da cobertura do solo, conforme comentado anteriormente (figura 3).

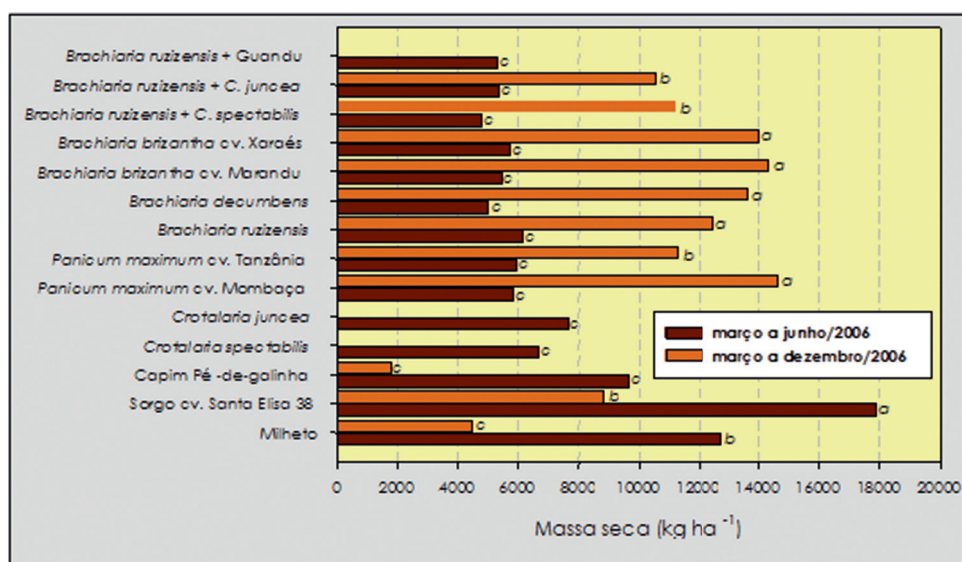
Figura 5 – Produção de massa seca, determinada em julho e dezembro de 2004, de plantas de cobertura semeadas em outubro de 2003 e em março de 2004, antecedendo à semeadura do algodoeiro, nos municípios de Primavera do Leste e Sorriso (MT)



Fonte: adaptada de Lamas e Staut (2005 e 2006).

Considerando-se as semeaduras de safrinha (março), as espécies vegetais de ciclo anual são indicadas para anteceder espécies de verão com semeadura no início do período chuvoso, pois atingirão o ponto de maior produção de massa ao final do ciclo e com menor intervalo entre este momento e a semeadura. Por outro lado, as espécies perenes, semeadas na safrinha, são especialmente adequadas para sistemas de cultivos onde a semeadura da cultura de verão ocorre em dezembro, como o algodoeiro. Desta forma, as forrageiras serão beneficiadas com a ocorrência de chuvas a partir do início da primavera, permitindo elevada produção de massa seca. Esta situação está demonstrada na figura 6, na qual estão apresentadas as produções de massa seca de várias espécies avaliadas em Primavera do Leste (MT) no ano de 2006. Verifica-se o grande potencial de produção de massa seca de forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, que, no período de março a dezembro, atingiram quantidades superiores a 12.000 kg ha⁻¹.

Figura 6 – Produção de massa seca por espécies vegetais semeadas em março de 2006 e avaliadas em junho e dezembro de 2006 em Primavera do Leste (MT)



Obs.: valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si, para a mesma data de avaliação, pelo teste Scott-Knott a 5%.

Fonte: Lamas e Staut (2006).

Com a produção de massa vegetal por tais espécies forrageiras antecedendo o algodoeiro, haverá a absorção e a reciclagem de nutrientes disponíveis no solo. Com a decomposição da palhada, esses nutrientes serão disponibilizados ao longo do tempo, podendo ser aproveitados pelas plantas em sucessão. As quantidades de nutrientes ofertadas ao algodoeiro dependerão de alguns fatores, como a quantidade de massa produzida, a taxa de decomposição da palhada e, principalmente, das condições climáticas e da atividade biológica existente no solo. Para ilustrar a importância deste processo, a tabela 1 apresenta as quantidades totais de nutrientes disponibilizadas por algumas espécies forrageiras durante o ciclo do algodoeiro na safra 2008/2009 em Santa Helena de Goiás (GO). Verificam-se valores expressivos para o potássio e o nitrogênio, que equivalem a quantidades aproximadas de até 90 kg de ureia e de 300 kg de cloreto de potássio. A eficiência deste processo ainda está sendo avaliada pela pesquisa, mas a mobilização de tais quantidades de nutrientes é algo benéfico para os cultivos e pode contribuir para o aumento da produtividade e a redução dos custos de produção.

Tabela 1 – Quantidades de macronutrientes liberados com a decomposição da palha de diferentes culturas de entressafra, durante o ciclo da cultura do algodoeiro, em Santa Helena de Goiás (GO), safra 2008/2009

Espécies	Total liberado (kg ha ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
Decumbens	53	11	141	5	10
Marandu	83	15	167	18	27
Massai	53	8	137	38	12
Massai + C. spectabilis	60	10	199	38	20
Milheto ADR 500	65	8	64	24	9
Piatã	48	10	100	17	9
Ruziziensis + C. spectabilis	83	13	78	41	19
Ruziziensis	54	14	130	44	20
Xaraés	29	8	189	25	10

Na região oeste da Bahia, o algodoeiro é cultivado predominantemente em áreas onde anteriormente foi cultivado milho com braquiária-ruziziensis no período de verão. Este sistema proporciona boa cobertura do solo pela palhada dessecada, protegendo a superfície do solo antes da semeadura do algodão (figura 7).

Figura 7 – Vista de área anteriormente cultivada com o consórcio milho + braquiária-ruziziensis em São Desidério (BA)

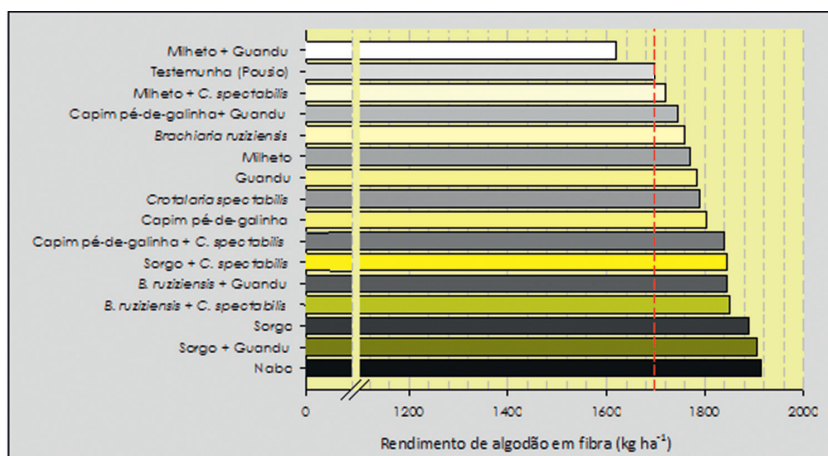


Foto: Fernando Mendes Lamas.

O efeito direto das espécies de cobertura do solo sobre o rendimento do algodoeiro pode ser verificado nas figuras 8 e 9, nas quais as produtividades de fibra de algodão são comparadas a uma situação-testemunha, sem o cultivo dessas plantas. Com exceção dos tratamentos milheto + guandu e nabo, todas as espécies testadas proporcionaram maior produtividade do que a condição de pousio.

Com os resultados obtidos até o momento, tanto pelas instituições de pesquisa quanto por agricultores, é possível afirmar com segurança a viabilidade do SPD do algodoeiro nas condições do cerrado, uma vez que se dispõe de espécies de cobertura validadas para esta região, como ilustra a figura 10.

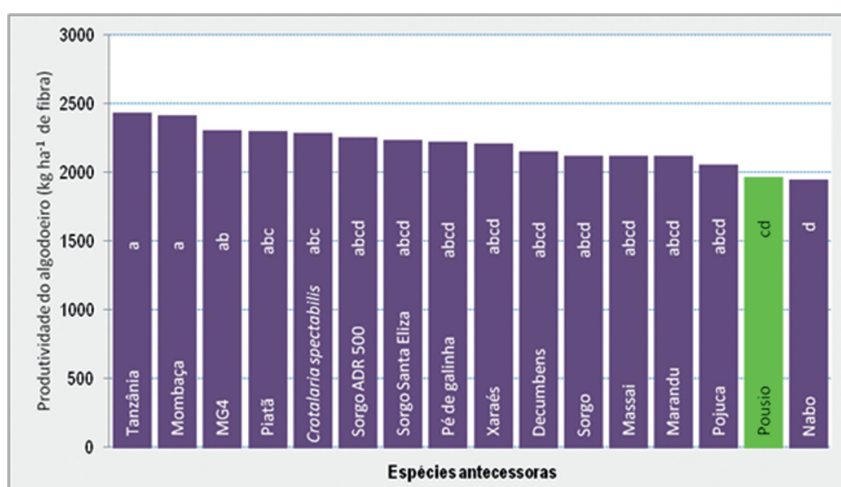
Figura 8 – Produtividade de fibra do algodoeiro, cultivar BRS Cedro, cultivado em plantio direto sobre restos culturais de diferentes espécies, em Primavera do Leste (MT), no ano agrícola 2004/2005



Obs.: a linha tracejada indica o valor do tratamento-testemunha.

Fonte: adaptada de Lamas e Staut (2006).

Figura 9 – Produtividade de fibra do algodoeiro, cultivar BRS 269-Buriti, cultivado em plantio direto sobre restos culturais de diferentes espécies em Santa Helena de Goiás (GO), no ano agrícola 2007/2008



Obs.: colunas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: adaptada de Ferreira et al. (2010).

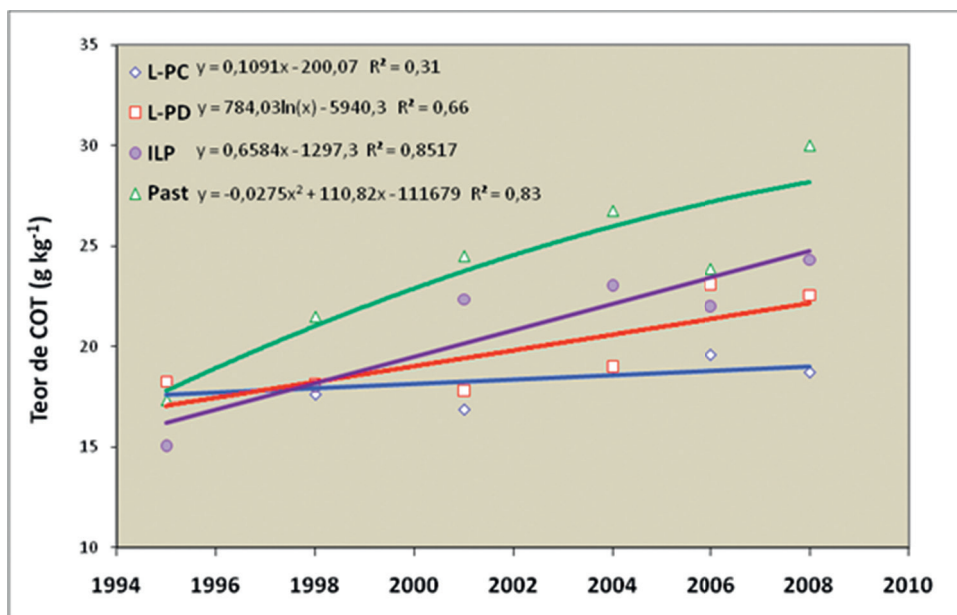
Figura 10 – Aspecto do algodoeiro, conduzido em Sistema de Plantio Direto e implantado sobre resteva de *B. ruzizensis*, no município de Diamantino, MT (A), e sobre resteva de tanzânia em Maracaju (MS) (B), safra 2006/2007



Em relação à matéria orgânica do solo, com a presença de plantas forrageiras e para cobertura do solo no sistema, há um maior aporte de material orgânico sobre o solo e em seu interior pelo sistema radicular das plantas. Este aporte de material orgânico (carbono), mediante o processo de decomposição, pela ação dos organismos do solo, resulta na formação de diversas formas de matéria orgânica, desde aquelas pouco decompostas (MOS particulada ou lábil) até as mais estáveis (MOS humificada). Estes processos de decomposição e estabilização são responsáveis pelas diversas funções da matéria orgânica no solo e no ambiente, regulando, entre outros, a reciclagem e o suprimento de nutrientes para as plantas, a agregação e a formação da estrutura do solo, a dinâmica da água e a atividade biológica do solo. Desta forma, ao incrementarem a oferta de material orgânico ao solo, estímulos proporcionais serão dados às taxas dos diversos processos que ocorrem no solo com envolvimento da MOS.

Na figura 11, verifica-se a evolução do teor de carbono no solo pela adoção de alguns sistemas de manejo durante o período de 14 anos em um solo argiloso de Dourados (MS). Observa-se o efeito marcante da presença da pastagem quando em rotação com lavouras e de forma permanente, resultando em aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo. Este efeito é decorrente do manejo adequado da pastagem, com decomposição do material senescente na superfície e de raízes no interior do solo. A estas entradas de C no solo, devem ser consideradas também as proporcionadas pela deposição dos dejetos dos animais em pastejo.

Figura 11 – Evolução do teor de carbono orgânico (COT) na camada de 0 a 5 cm de um latossolo vermelho distroférico típico de Dourados (MS), submetido a diferentes sistemas de produção agropecuários



Legenda: L-PC: soja/aveia em preparo convencional; L-PD: sequência soja/nabo/milho/aveia/soja/trigo/soja... em plantio direto; ILP: rotação soja/pastagem de *B. decumbens* com ciclos de 2 anos; Past: pastagem permanente com *Brachiaria decumbens*.

Quanto ao sequestro de carbono, com a maior ênfase dada ao debate sobre as mudanças climáticas globais, a sociedade vem se mostrando extremamente preocupada com os impactos ambientais das atividades agrícolas. Neste sentido, sistemas de produção que gerem produtos de qualidade, com reduzido dano ambiental, terão preferência pelos consumidores e apresentarão maior valor econômico. A utilização do SPD e da ILP pode não apenas proporcionar produção com menor dano ambiental, mas contribuir significativamente para a redução do aquecimento global pelo sequestro de carbono atmosférico. Salton *et al.* (2005) verificaram taxas anuais de retenção de C no solo de 0,28, 0,44 e 0,60 t ha^{-1} , respectivamente, para Campo Grande, Maracaju e Dourados, ao compararem a rotação soja/pastagem/soja com o cultivo apenas de lavouras em experimentos de longa duração.

As taxas de retenção de C no solo são variáveis em função da quantidade e da qualidade da matéria vegetal e, principalmente, das taxas de decomposição do material verificadas em cada local. Casuarano *et al.* (2006) apontam, em um trabalho de revisão bibliográfica, para aumentos consideráveis nas taxas de retenção de C no solo ao compararem o SPD com o sistema convencional para produção de algodão nos Estados Unidos. Estes autores relatam valores médios de 0,67 t ha⁻¹ para o SPD com culturas de cobertura em comparação com 0,34 t ha⁻¹ para o SPD sem a presença destas espécies.

No tocante à agregação do solo, o sistema radicular das pastagens, quando em desenvolvimento pleno, sem qualquer tipo de limitação, desempenha um fantástico trabalho na estruturação do solo, mediante a formação de agregados estáveis e o aumento da porosidade. A agregação do solo está relacionada à sua composição mineralógica e ao teor de argila, além das práticas de manejo e cultivo adotadas. Assim, os solos mais argilosos terão maior quantidade de agregados estáveis que os de textura arenosa para as mesmas condições de uso e manejo. A presença de maior volume de solo formando macroagregados está diretamente relacionada à melhor estrutura, que resulta em maior permeabilidade e retenção de água, aeração, crescimento de raízes, atividade biológica e maior proteção da MOS pela redução da taxa de decomposição. O volume de macroagregados estáveis é utilizado como um indicador da qualidade do solo e relaciona-se com a sustentabilidade dos sistemas de produção (LAL, 1994).

Na figura 12 está apresentada a composição do solo quanto ao volume de agregados estáveis de vários tamanhos em três sistemas de manejo para condições de Mato Grosso do Sul. Verifica-se, de forma muito evidente, o efeito da pastagem em aumentar o volume relativo do solo com agregados estáveis maiores que 4,76 mm. De modo geral, o efeito foi verificado nas três profundidades, quando a pastagem estava presente de forma permanente e, também, quando em rotação com lavoura.

Solos com boa estrutura apresentam elevada permeabilidade e oxigenação, favorecendo todas as atividades biológicas. Também estarão presentes boas condições para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, como demonstrado por Soares (2011), ao avaliar a presença de raízes de soja em semeadura direta sobre culturas de inverno, sobre pastagem de braquiária em sistema ILP e em sistema convencional (figura 12).

As raízes da soja aproveitam os canais e macroporos deixados pelas raízes da pastagem, desenvolvendo-se vigorosamente nestes locais e alcançando camadas mais profundas do solo.

Figura 12 – Distribuição relativa da massa do solo, conforme o tamanho dos agregados, para três profundidades e sistemas de manejo de experimento de longa duração em Dourados (MS)

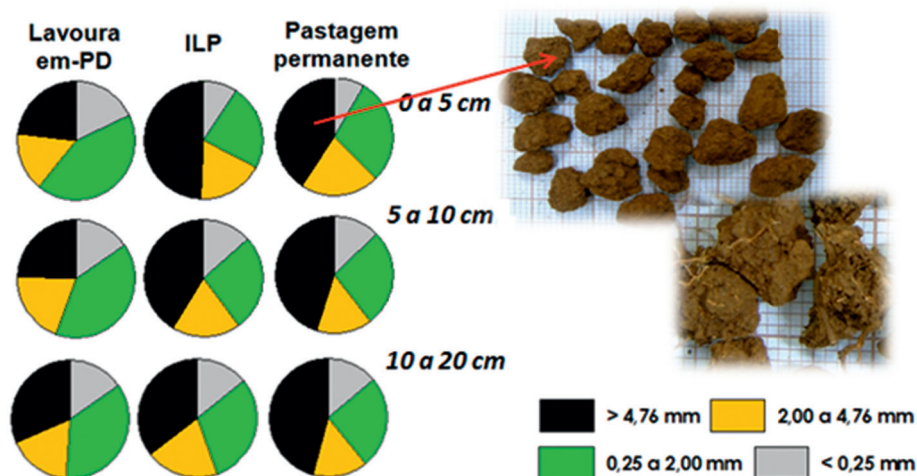
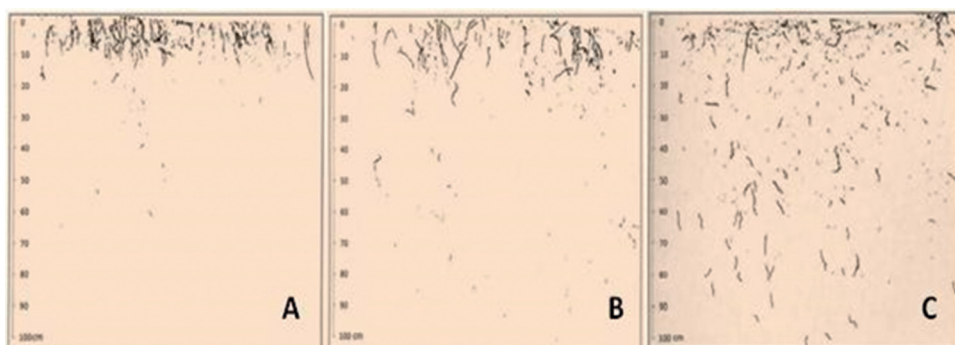


Figura 13 – Distribuição do sistema radicular de plantas de soja cultivadas na safra 2009/2010, no perfil de 1 m de profundidade, após 15 anos sucessivos de uso do Sistema Convencional (A), do Sistema de Plantio Direto (B) e do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (C), em um latossolo vermelho muito argiloso de Dourados (MS)



Fonte: adaptada de Soares (2011).

Em relação à infiltração de água no solo, quanto maiores são as taxas de infiltração de água no solo, menores serão as perdas de água e solo por erosão. Também serão maiores os estoques de água no solo, permitindo adequado suprimento às plantas e funcionamento do ciclo hidrológico. A manutenção de maior volume de água no solo em sistemas com cobertura de palha (SPD) está relacionada, além da maior infiltração, a menores perdas por evaporação. Desta forma, sistemas de produção que resultem em maior cobertura do solo manterão maior quantidade de água disponível do que sistemas que apresentem solo descoberto. Tais condições são muito importantes nas condições do cerrado, especialmente nas regiões de ocorrência de veranicos, pois podem prolongar os períodos de semeadura (janelas de plantio).

Allen *et al.* (2005) relatam a elevada dependência da irrigação para o cultivo de algodão em determinada região do Texas (EUA) e, ao avaliarem um sistema integrado de culturas com pastagem como alternativa ao sistema de monocultivo do algodão, não encontraram diferença na produtividade de fibra de algodão para a monocultura (1.036 kg ha^{-1}) e o sistema integrado (1062 kg ha^{-1}). No entanto, verificaram que o sistema integrado utilizou 23% menos água de irrigação, 40% menos adubação nitrogenada, além de reduzir a utilização de outros produtos químicos. Desta forma, a rentabilidade foi 90% superior.

No tocante à biologia do solo, nas condições de SPD, com a ausência de revolvimento e cobertura permanente do solo, as condições de umidade e temperatura são favoráveis à atividade biológica no solo. Com a introdução de pastagens, o aumento de MOS e a maior diversificação de espécies vegetais, há considerável melhoria no ambiente, com maior disponibilidade de nutrientes e presença de maior número de espécies e indivíduos de organismos no solo. Silva *et al.* (2006a), ao avaliarem sistemas de manejo do solo em Dourados (MS), concluem que a rotação de culturas aumenta a diversificação vegetal, a entrada de diferentes tipos de exsudados e resíduos culturais, favorecendo o aumento da diversidade de grupos de macrofauna edáfica. Neste estudo, o SPD apresentou maior diversidade, sendo que esta foi semelhante entre o sistema integrado lavoura-pastagem e pastagem contínua e superior à do sistema convencional. Silva *et al.* (2006b), ao estudarem estes sistemas de manejo, especificamente quanto à população de oligoquetos edáficos, verificaram que o sistema integrado lavoura-pastagem e o de pastagem contínua apresentaram valores de densidade populacional semelhantes entre si, mas superiores ao do sistema convencional. Os autores justificam as condições para o desenvolvimento e o estabelecimento de oligoquetos em áreas com pastagens cultivadas continuamente, por estas apresentarem grande densidade de raízes em constante renovação e com liberação de exsudados radiculares.

Em condições dos EUA, Acosta-Martinez *et al.* (2004), ao compararem, após cinco anos, o cultivo de algodoeiro contínuo com sistema integrado de produção, verificaram que o C da biomassa microbiana, na camada de 0 a 5 cm, foi superior no sistema com pastagem (193 mg kg⁻¹) e na rotação de algodão com centeio (237 mg kg⁻¹), quando comparado ao sistema de algodão contínuo (124 mg kg⁻¹). A atividade das enzimas do solo também foi superior no sistema com pastagem e com rotação, comparado ao monocultivo de algodão. Esta ordem também se repetiu na avaliação da abundância de protozoários e fungos.

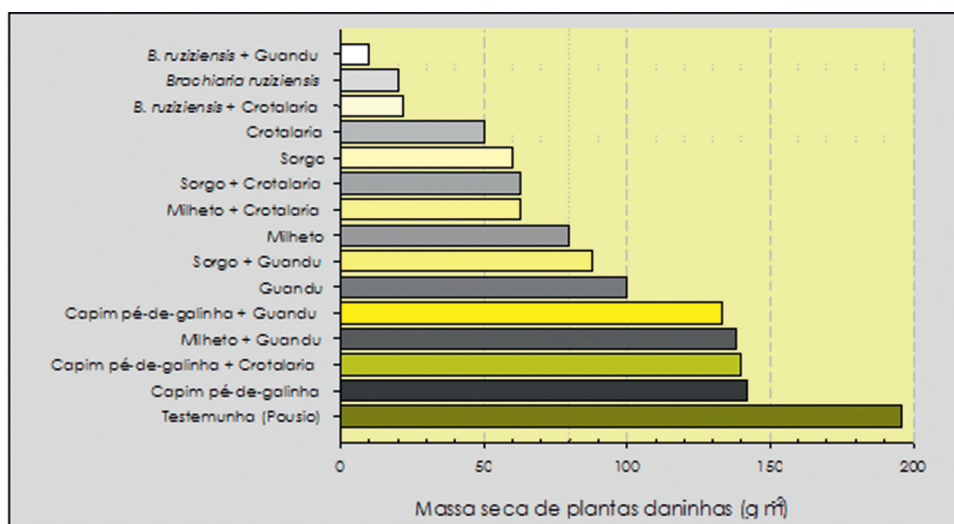
Quanto aos aspectos fitossanitários, a rotação de culturas é a principal prática de manejo recomendada para a redução dos danos causados por pragas, doenças, nematoides e plantas daninhas aos cultivos agrícolas. No entanto, esta prática não é utilizada na extensão necessária por vários motivos, um dos quais seria a falta de opções para determinadas regiões, como o cerrado. O desenvolvimento de sistemas integrados de lavouras com pastagens e o SPD ampliaram grandemente as opções, de forma a atender

praticamente todas as necessidades e possibilidades de compor sistemas de produção para as principais culturas, como o algodoeiro. A presença da pastagem durante certo período de tempo tem efeito direto sobre a atividade de patógenos e pragas que afetam a cultura do algodoeiro.

Muitas vezes, a utilização da rotação de culturas pode não apresentar efeito direto no rendimento de determinada cultura, mas seu efeito é notado na redução de custos com a menor utilização de insumos. No caso da utilização de herbicidas na cultura do algodoeiro, Richetti (2006) estimou os custos de produção para a safra 2006/2007 em vários locais de MS e MT, nos quais se evidenciou que o controle de plantas daninhas corresponde a valores de 5 a 14% do custo total, variando conforme a região e o sistema de produção utilizado. Lamas e Staut (2006) avaliaram em Primavera do Leste (MT) o efeito supressor de plantas de cobertura sobre plantas daninhas na cultura do algodoeiro em plantio direto. Estes autores verificaram que o efeito de algumas espécies é muito pronunciado, especialmente da *Brachiaria ruziziensis*, tanto cultivada isoladamente quanto em consórcio com leguminosas, reduzindo em cerca de 90% a massa seca das plantas daninhas (figura 14). Desta forma, a utilização de culturas de cobertura pode resultar na redução do custo de produção, pela menor necessidade de aplicação de herbicidas.

Outro aspecto relacionado à sanidade do algodoeiro que merece atenção é o efeito da rotação de culturas e de culturas antecessoras na população de nematoides fitopatogênicos, como demonstrado por Asmus (2005), que comparou o efeito de várias espécies de plantas de cobertura, em Mato Grosso do Sul, na taxa de multiplicação do nematoide reniforme, verificando ótimos efeitos para algumas variedades de milheto e braquiária com fator de reprodução próximo a zero.

Figura 14 – Massa seca de plantas daninhas (g m⁻²) presentes na cultura do algodoeiro, cultivado sobre diferentes espécies de cobertura em Primavera do Leste (MT)



Obs.: avaliação realizada durante os estádios B1 e B3.

Fonte: adaptado de Lamas e Staut (2006).

8.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, procurou-se evidenciar a viabilidade da utilização de sistemas de produção de algodão que incluam tecnologias como o SPD, espécies para cobertura do solo e a rotação de culturas na região do cerrado. Atualmente, está disponível grande volume de informações sobre a adaptação e a composição de sistemas de rotação de culturas. Dentre estes sistemas, merece destaque aquele que integra a produção de algodão com a pecuária de corte. Dada a importância destas atividades, o sistema ILP, devido às melhorias ambientais que ele proporciona, deve ser o sistema de produção preferencial nesta região, por conferir sustentabilidade à cotonicultura e à agropecuária em geral.

8.6 LITERATURA CONSULTADA

ACOSTA-MARTINEZ, V.; ZOBECK, T. M.; ALLEN, V. Soil microbial, chemical and physical properties in continuous cotton and integrated

crop-livestock systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 68, n. 6, p. 1875-84, Nov. 2004.

ALLEN, V. G.; BROWN, C. P.; KELLISON, R. Integrating cotton and beef production to reduce water withdrawal from the Ogallala Aquifer in the Southern High Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 2, p. 556-67, Mar./Apr. 2005.

ASMUS, G. L. Reação de algumas culturas de cobertura utilizadas no sistema plantio direto ao nematoide reniforme. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 3 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 99).

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed. tec.). Marco Referencial: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF). Reference document: crop-livestock-forestry integration. Brasília: Embrapa, 2011. 130p.

BROCH, D. L.; PITOL, C.; BORGES, E. P. Integração agricultura-pecuária: plantio direto da soja sobre pastagem na integração agropecuária. Maracaju: Fundação MS, 1997. 24 p. (Fundação MS. Informativo técnico, 1).

CASSOL, L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CASUARANO, H. J.; FRANZLUEBBERS, A. J.; REEVES, D. W. Soil organic carbon sequestration in cotton production systems of the Southeastern United States: a review. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, n. 4, p. 1374-83, 2006.

DORES, E. F. G. de C.; MONNERAT, R. G. Algodão e proteção ambiental. In: MORESCO, E. (Ed.). **Algodão**: pesquisas e resultados para o campo. Cuiabá: FACUAL, 2006. p. 361-390.

FABRÍCIO, A. C.; MACHADO, L. A. Z.; SALTON, J. C. **Integração agricultura-pecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 1 folder.

FERREIRA, A. C. B.; LAMAS, F. M.; CARVALHO, M. da C. S.; SALTON, J. C.; SUASSUNA, N. D. Produção de biomassa por cultivos de

cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 6, p. 546-553, jun. 2010.

FRANZLUEBBERS, A. J. Integrated crop-livestock systems in the Southeastern USA. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, n. 2, p. 361-372, Mar. 2007.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. Manejo e conservação do solo. In: ALGODÃO: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p. 76-102.

IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA**: banco de dados agregados. [Rio de Janeiro, 2007?]. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 2 fev. 2007.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA. **Custo de produção de algodão convencional – safra 14/15**. Cuiabá, 2015. Disponível em: <http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R410_CPAldodao_11_2014.pdf>. Acesso em 31 mar. 2015.

LAL, R. **Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics**. Columbus: Ohio State University: SMSS: USDA, 1994. 78 p. (SMSS. Technical monograph, 21).

LAMAS, F. M.; STAUT, L. A. **Algodoeiro em sistema plantio direto**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 7 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 118).

LAMAS, F. M.; STAUT, L. A. **Espécies vegetais para cobertura do solo no cerrado de Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 4 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 97).

RICHETTI, A. **Estimativa de custo de produção de algodão, safra 2006/07, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 16 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 125).

RUSSELLE, M. P.; ENTZ, M. H.; FRANZLUEBBERS, A. J. Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, n. 2, p. 325-334, Mar. 2007.

SALTON, J. C. Potencial de sequestro de carbono em sistemas de produção envolvendo pastagens e agricultura sob plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE PLANTIO DIRETO E MEIO AMBIENTE, 2005, Foz do Iguaçu. **Sequestro de carbono e qualidade da água: anais**. Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2005. p. 81-89.

SALTON, J. C.; FABRICIO, A. C.; HERNANI, L. C. Rotação lavoura pastagem no sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 92-99, jan./fev. 2001.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; BROCH, D. L.; FABRICIO, A. C. **Alterações em atributos físicos do solo decorrentes da rotação soja-pastagem, no sistema plantio direto**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 5 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 10).

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 11-21, jan./fev. 2008.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C. **Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 29).

SILVA, R. F.; ADRIANA, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em latossolo da região do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 697-704, abr. 2006a.

SILVA, R. F.; ADRIANA, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Populações de oligoquetos (*Annelida: Oligochaeta*) em um latossolo vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 36, n. 2, p. 673-677, mar. 2006b.

SOARES, M. V. Carbono, agregação e sistema radicular da soja em latossolo vermelho cultivado a 15 anos sob diferentes sistemas de manejo. 2011. 41 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Benefícios da integração agricultura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 143-169.

VINNE, A. B. V. D.; RIBEIRO, J. S. F.; RIBEIRO, J. F.; FORTES, D. G. Integração agricultura pecuária: experiência do sistema na região de Maracaju, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7, 2009, Foz do Iguaçu. **Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados**: anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1135-1138. 1 CD-ROM.

ZANCANARO, L.; TESSARO, L. C. Manejo e conservação do solo. In: MORESCO, E. (Ed.). **Algodão**: pesquisas e resultados para o campo. Cuiabá: FACUAL, 2006. p. 36-55.