

Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja



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

Documentos 366

**Diversificação de espécies
vegetais como fundamento
para a sustentabilidade da
cultura da soja**

*Henrique Debiasi
Júlio Cesar Franchini
Alvadi Antonio Balbinot Junior
Osmar Conte*
Autores

Embrapa Soja
Londrina, PR
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta
Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR
Fone: (43) 3371 6000
Fax: (43) 3371 6100
www.embrapa.br/soja
<https://www.embrapa.br/fale-conosco>

Comitê de Publicações da Embrapa Soja

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretário-Executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Alvadi Antonio Balbinot Junior, Claudine Dinali Santos Seixas, Fernando Augusto Henning, Eliseu Binneck, Liliane Márcia Mertz-Henning, Maria Cristina Neves de Oliveira, Norman Neumaier e Vera de Toledo Benassi.*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*

Editoração eletrônica e capa: *Marisa Yuri Horikawa*

Foto da capa: *Joaquim Mariano da Costa*

1^a edição

On line (2015).

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 Soja

Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja [recurso eletrônico]: / Henrique Debiasi ... [et al.] – Londrina: Embrapa Soja, 2015.
60 p. : il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.366)

1. Soja-Prática cultural. I. Balbinot Junior, Alvadi Antonio. II. Embrapa Soja. III. Série.

CDD 633.34 (21.ed.)

© Embrapa 2015

Autores

Henrique Debiasi

Engenheiro Agrônomo, Dr.
Pesquisador da Embrapa Soja
Londrina/PR

Julio Cezar Franchini

Engenheiro Agrônomo, Dr.
Pesquisador da Embrapa Soja
Londrina/PR

Alvadi Antonio Balbinot Junior

Engenheiro Agrônomo, Dr.
Pesquisador da Embrapa Soja
Londrina/PR

Osmar Conte

Engenheiro Agrônomo, Dr.
Pesquisador da Embrapa Soja
Londrina/PR

Apresentação

Nas últimas quatro décadas, a cultura da soja tem experimentado aumentos expressivos de área e produtividade no Brasil. Nesse período, ocorreram muitos avanços tecnológicos e a oleaginosa passou a ser cultivada em larga escala, com uso maciço de máquinas. Atualmente, a cultura da soja tem sido inserida em modelos de produção pouco diversificados, como, por exemplo, a sucessão de soja/milho de segunda safra e soja/milheto para cobertura do solo, por vários anos consecutivos. A simplificação dos modelos de produção facilita a rotina operacional nas propriedades rurais, mas, por outro lado, tem provocado e intensificado alguns problemas agronômicos, sobretudo relacionados à redução da qualidade do solo e ao aumento de problemas fitossanitários, como a infestação de plantas daninhas resistentes a herbicidas e o incremento de algumas doenças e insetos-praga de difícil controle.

Neste contexto, em muitas circunstâncias, é necessário aumentar a diversidade de espécies cultivadas, seguindo um modelo de produção sistematizado para maximizar a sinergia entre as culturas. Com isso, almeja-se o incremento de produtividade, com racionalização dos custos de produção e dos impactos ambientais oriundos da atividade agropecuária.

No presente documento, são discutidas as potencialidades do uso de sistemas diversificados de produção e apresentados modelos que envolvem a soja, em diferentes condições edafoclimáticas do Brasil, no sentido de maximizar a rentabilidade do agronegócio no curto, médio e longo prazo. A Embrapa Soja espera que as informações disponibilizadas nesta publicação contribuam para o aprimoramento dos modelos de produção em que a soja está inserida, visando à sustentabilidade da cultura.

Ricardo Vilela Abdelnoor

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Soja

Sumário

Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja.....	9
Alguns conceitos e principais estratégias de diversificação	9
Benefícios da diversificação de culturas.....	15
Preservação e melhoria da qualidade do solo	16
Controle de pragas, doenças e plantas daninhas.....	21
Planejamento de modelos de produção diversificados.....	24
Critérios para escolha e distribuição espacial e temporal das espécies vegetais.....	24
Opções de espécies vegetais para diversificação de sistemas de produção de soja	29
Opções para a safra de verão	30
Opções para a entressafra de verão.....	32
Indicações para o consórcio do milho com braquiária	48
Sistemas diversificados/integrados de soja com pecuária - sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP)	50

Inserção da soja em integração com pastagens anuais de inverno em clima subtropical	50
Inserção da soja em integração com pastagens anuais no período seco, em clima tropical	51
Inserção da soja em integração com pastagens perenes em clima tropical.....	53
Implantação e condução dos modelos de produção diversificados	56
Considerações finais	56
Referências	58

Diversificação de espécies vegetais como fundamento para a sustentabilidade da cultura da soja

Henrique Debiasi

Júlio Cesar Franchini

Alvadi Antonio Balbinot Junior

Osmar Conte

Alguns conceitos e principais estratégias de diversificação

No Brasil, nas últimas três décadas, a soja apresentou notório crescimento de área cultivada e de produtividade. Entretanto, vários problemas fitossanitários e de manejo do solo também se intensificaram, como, por exemplo, o aumento da compactação, da infestação de plantas daninhas de difícil controle e da incidência de vários insetos-praga e doenças. Em grande parte, esses problemas decorrem da baixa diversidade de espécies cultivadas em sistemas de produção em que a soja está presente.

A diversificação de culturas em sistemas de produção de soja é operacionalizada por meio do planejamento e da adoção de um determinado modelo de produção, que compreende o arranjo temporal e espacial das espécies vegetais e/ou animais que compõem os sistemas agrícolas (DENARDIN; KOCHHANN, 2006). Em um modelo de produção, as estratégias para diversificação de espécies vegetais envolvem o uso de rotação, sucessão e/ou consorciação de culturas. O cultivo de espécies vegetais de ciclo curto entre a colheita e a semeadura das culturas principais é outra opção para aumentar a diversificação de um determinado modelo de produção.

A rotação de culturas é definida como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas, em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área e na mesma estação do ano. Já a sucessão de culturas consiste no ordenamento de duas culturas na mesma área agrícola por tempo indeterminado, cada uma cultivada em uma estação do ano. Exemplos de sistemas de rotação e de sucessão de culturas são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Exemplo de arranjo espacial e temporal de espécies vegetais em um sistema de **rotação de culturas** com ciclo de quatro anos.

Talhão	Ano/estação							
	1		2		3		4 ²	
	Inv ¹	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver
A	Aveia branca	Milho	Trigo	Soja	Milho 2 ^a safra	Soja	Trigo	Soja
B	Trigo	Soja	Aveia branca	Milho	Trigo	Soja	Milho 2 ^a safra	Soja
C	Milho 2 ^a safra	Soja	Trigo	Soja	Aveia branca	Milho	Trigo	Soja
D	Trigo	Soja	Milho 2 ^a safra	Soja	Trigo	Soja	Aveia branca	Milho

¹ Inv: período de outono-inverno; Ver: período de primavera-verão; ² Como se trata de um sistema de rotação com quatro anos, a partir do 5º ano um novo ciclo se inicia, com a repetição da primeira cultura prevista para o talhão (ano 1).

Na Tabela 1, é apresentado um modelo de produção em rotação de culturas, com ciclos de quatro anos. Neste sistema, em todos os anos, 75% da área é cultivada com soja e 25% com milho no verão e, no inverno, 50% da área é cultivada com trigo, 25% com milho 2^a safra e 25% com aveia branca para grãos ou pastejo.

Um exemplo de modelo de produção em sucessão de culturas é descrito na Tabela 2, onde 100% da área da propriedade é cultivada com milho 2^a safra no outono-inverno e soja no verão, em todos os anos. Assim, modelos de produção envolvendo a rotação de culturas são mais complexos e envolvem um maior grau de diversificação de espécies vegetais em comparação à sucessão de culturas. Além disso, a rotação de culturas implica na alternância de espécies vegetais diferentes em uma mesma estação, o que se constitui em um fundamento básico para a quebra do ciclo biológico de alguns insetos-praga e fitopatóge-

nos, com a consequente redução da sua população, bem como para a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo.

Tabela 2. Exemplo de arranjo espacial e temporal de espécies vegetais em um sistema de sucessão de culturas.

Talhão	Ano/estação							
	1		2		3		4 ²	
	Inv ¹	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver	Inv	Ver
A	Milho 2 ^a safra	Soja						
B	Milho 2 ^a safra	Soja						
C	Milho 2 ^a safra	Soja						
D	Milho 2 ^a safra	Soja						

¹ Inv: período de outono-inverno; Ver: período de primavera-verão; ² Como se trata de um sistema de sucessão, o milho no outono-inverno e a soja no verão são repetidos ao longo do tempo em todas os talhões da propriedade.

O grau de diversificação biológica do modelo de produção pode ser aumentado por meio da consorciação entre espécies vegetais, tanto na rotação (Tabela 1) quanto na sucessão de culturas (Tabela 2), com benefícios para a sustentabilidade do sistema de produção de soja. A consorciação de culturas envolve o cultivo de duas ou mais espécies vegetais em uma mesma área agrícola e em um mesmo período de tempo. Neste contexto, nos exemplos de modelos de produção em rotação ou sucessão de culturas mostrados nas Tabelas 1 e 2, o milho de 2^a safra pode ser consorciado com forrageiras tropicais, como a braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*) (Figura 1), com o objetivo de aumentar a cobertura do solo e a adição de fitomassa, ou ainda, no caso de sistemas de integração lavoura-pecuária para produção de forragem de qualidade no período de entressafra.

Outra opção para diversificar os modelos de produção envolvendo a soja é a utilização de espécies vegetais de rápido desenvolvimento vegetativo no período entre a colheita e a semeadura das culturas principais. Por exemplo, no sistema de rotação (Tabela 1), o produtor pode utilizar alguma espécie vegetal de ciclo curto, como o nabo forrageiro (Figura 2), milheto (Figura 3) ou *Crotalaria ochroleuca* (Figura 4) entre a colheita da soja e a semeadura do trigo, promovendo maior cobertura

do solo (Figura 5), descompactação e ciclagem de nutrientes para o trigo a ser cultivado em sucessão. Com esse mesmo objetivo, a área poderia ser cultivada com milheto (Figura 6) ou aveia (Figura 7) após a colheita do milho 2^a safra e antes da semeadura da soja no sistema de sucessão de culturas, dependendo das condições climáticas da região.

Fotos: Henrique Debiasi

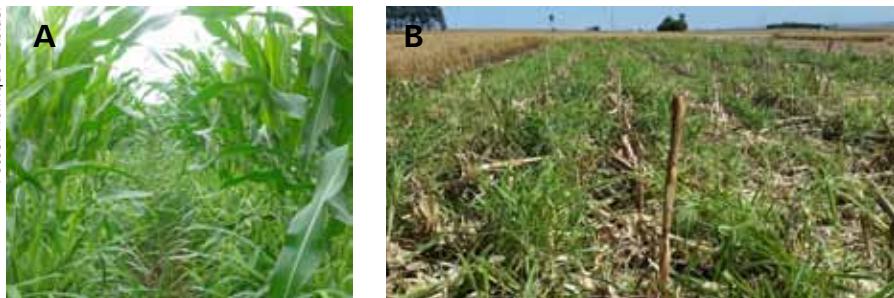


Figura 1. Consórcio milho + braquiária *ruziziensis* na 2^a safra. (a) Foto obtida durante o ciclo do milho, em 15/04/15. (b) Foto obtida três semanas após a colheita do milho (21/08/15), mostrando a cobertura viva do solo proporcionada pela braquiária.

Foto: Henrique Debiasi



Figura 2. Nabo forrageiro cultivado durante o período (“janela”) entre a colheita da soja e a semeadura do trigo, em Londrina/PR. Data de semeadura: 25/03/2015. Data da foto: 06/05/2015.

Foto: Henrique Debiasi



Figura 3. Milheto cultivado durante o período (“janela”) entre a colheita da soja e a semeadura do trigo, em Londrina/PR. Data de semeadura: 25/03/2015. Data da foto: 06/05/2015.

Foto: Henrique Debiasi



Figura 4. *Crotalaria ochroleuca* cultivada durante o período (“janela”) entre a colheita da soja e a semeadura do trigo, em Londrina/PR. Data de semeadura: 25/03/2015. Data da foto: 06/05/2015.

Fotos: Henrique Debiasi

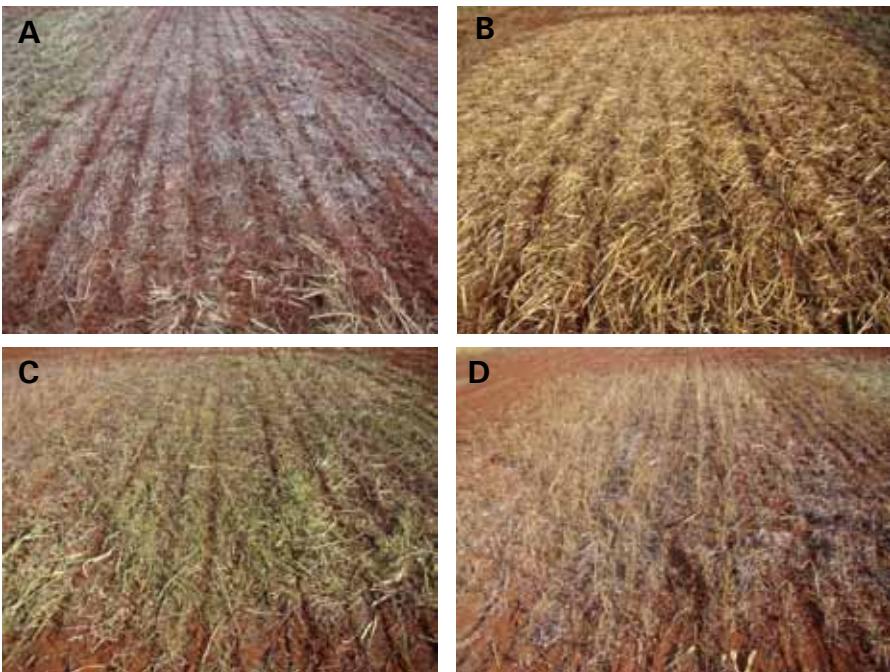


Figura 5. Cobertura do solo logo após a semeadura do trigo sobre resíduos culturais de soja safra 2014/2015 (a), e de milheto (b), nabo forrageiro (c) e *Crotalaria ochroleuca* (d), semeados na janela soja-trigo. Data de semeadura das culturas de janela: 25/03/2015. Data da dessecação: 11/03/2015. Data das fotos: 22/05/2015.

Foto: Eleno Torres



Figura 6. Milheto cultivado durante o período (“janela”) entre a colheita do milho 2ª safra e a semeadura da soja em Londrina/PR. Foto obtida 38 dias após a semeadura do milheto.



Figura 7. Aspecto geral (a) e detalhe (b) de aveia preta cultivada durante o período (“janela”) entre a colheita do milho 2^a safra e a semeadura da soja em Campo Mourão/PR. Foto obtida em 15/08/2015.

Benefícios da diversificação de culturas

A diversificação de culturas é essencial para a maior sustentabilidade da produção de soja, independentemente do sistema de manejo do solo utilizado (preparo convencional ou sistema plantio direto – SPD). No caso do SPD, sistema de manejo predominante nas áreas de produção de soja em todo o Brasil, a diversificação de culturas é ainda mais importante, compondo, juntamente com a redução do intervalo entre a colheita e a semeadura da cultura seguinte, a cobertura permanente e o mínimo revolvimento do solo, os princípios básicos para utilização com sucesso do SPD. A monocultura ou mesmo o uso contínuo da sucessão soja-trigo ou soja-milho de 2^a safra acarretam o surgimento de alterações de ordem química, física e biológica no solo, que podem comprometer a estabilidade e a sustentabilidade do sistema produtivo, principalmente no médio-longo prazo (após cinco anos). Dentre as alterações decorrentes do uso de modelos de produção pouco diversificados, pode-se destacar: a diminuição do teor de matéria orgânica do solo (MOS); a degradação da estrutura do solo; a intensificação dos processos erosivos; a redução da atividade e diversidade biológica; o aumento da incidência e severidade de alguns insetos-praga e doenças; e aumento da infestação de plantas daninhas. O conjunto desses problemas se reflete na instabilidade da produtividade da soja e no au-

mento dos custos de produção em resposta à ocorrência de estresses bióticos e abióticos.

Os principais benefícios proporcionados pela diversificação de culturas em sistemas de produção de soja englobam: aumento da produtividade e estabilidade da produção de todas as culturas envolvidas no sistema; redução dos custos de produção, tanto os fixos quanto os variáveis; diminuição dos riscos climáticos e de mercado; e conservação do ambiente, por meio da melhoria da qualidade do solo, da água e do ar. Esses benefícios ocorrem porque o aumento da diversidade biológica no sistema produtivo contribui para aumentar o aproveitamento dos recursos disponíveis no meio – água, luz e nutrientes e melhorar os atributos de solo, o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, bem como a gestão da propriedade.

Preservação e melhoria da qualidade do solo

A qualidade do solo refere-se à sua capacidade de funcionar dentro dos limites de um ecossistema, sustentando o rendimento biológico, mantendo a qualidade do ambiente e promovendo a saúde de plantas e animais (DORAN; PARKIN, 1994; SINGER; EWING, 2000).

O modelo de produção determina a frequência, a quantidade e qualidade do material orgânico aportado ao sistema agrícola produtivo, via parte aérea e/ou raízes das culturas (DENARDIN; KOCHHANN, 2006). Portanto, quando planejada adequadamente, a diversificação de culturas aumenta o teor de MOS, com impactos positivos diretos sobre a qualidade do solo e, consequentemente, sobre a produtividade das culturas (Figura 8).

O aumento dos teores de MOS proporciona maior diversidade e quantidade de raízes, o que evita a formação de camadas compactadas no SPD e melhora a estrutura do solo ao longo do tempo, conforme modelo conceitual da Figura 9. Entre as melhorias observadas na estrutura do solo, encontra-se a maior estabilidade de agregados, a maior infiltração de água, a maior condutividade hidráulica, e a formação de um

ambiente físico mais favorável ao crescimento radicular em profundidade, o que é fundamental para o aumento da estabilidade produtiva da soja. Conforme ilustrado pelas Figuras 10 e 11, experimentos de longa duração indicam a inexistência de camadas compactadas limitantes ao crescimento radicular da soja em áreas sob SPD com mais de 30 anos de adoção, quando sistemas diversificados de produção são utilizados (DEBIASI et al., 2013). Da mesma forma, a diversificação de culturas é a base para a produção de cobertura do solo (viva ou morta), o que é essencial para a redução dos processos erosivos e das perdas de água por evaporação, mantendo ainda a temperatura do solo em níveis favoráveis ao crescimento das raízes da soja, bem como aos nódulos de bactérias fixadoras de nitrogênio.

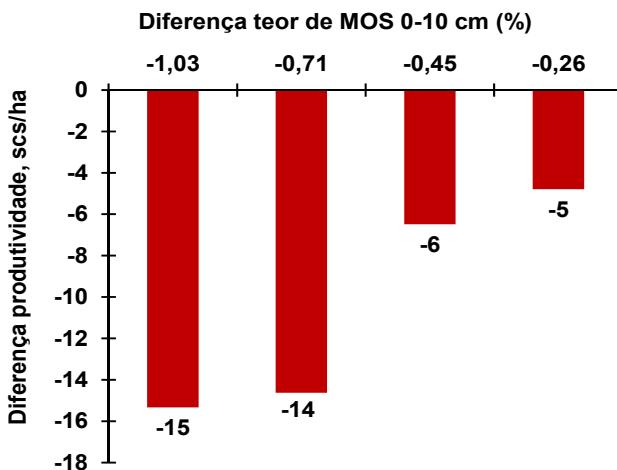


Figura 8. Diferença de produtividade da soja em função da diferença no teor de matéria orgânica do solo na camada de 0-10 cm, em áreas sob SPD de longa duração na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, Londrina/PR.

Considerando um Latossolo Vermelho Distroférico muito argiloso, localizado em uma região de transição entre os climas subtropical e tropical do Brasil, o aumento de aproximadamente 1% no teor de matéria orgânica do solo (MOS) na camada de 0-10 cm de profundidade (2,8% para 3,8%) proporcionou um incremento médio na produtividade da soja equivalente a 15 sacas por hectare. Neste contexto, o aumento de produtividade nas culturas principais em virtude do incremento no teor de MOS deve ser computado como receita bruta associada à inclusão de espécies vegetais para cobertura do solo, exigindo visão sistêmica por parte do produtor e da assistência técnica.

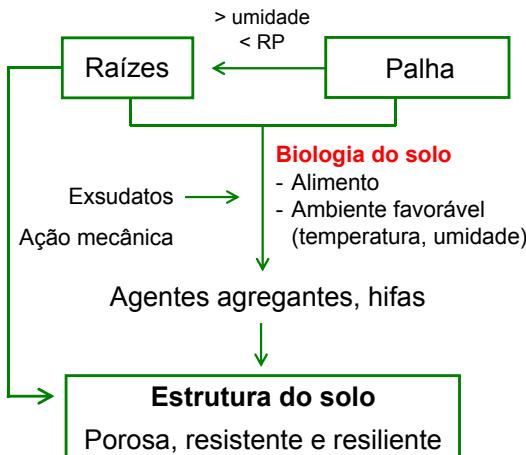


Figura 9. Modelo conceitual simplificado do papel exercido pela diversificação de culturas na qualidade estrutural do solo.

A ação dos microrganismos sobre o material orgânico fresco adicionado ao solo (principalmente via palha e raízes) resulta na produção de agentes agregantes (mucilagens, polissacarídeos, entre outros) e de hifas fúngicas, levando à formação de agregados que conferem ao solo uma estrutura porosa, resistente a forças externas (por exemplo, pressão de rodados) e capaz de se recuperar rapidamente quando submetida a tais forças (resiliente). Simultaneamente, o crescimento das raízes das culturas forma e estabiliza bioporos e agregados, por meio da ação mecânica, liberação de exsudatos e formação de um ambiente (rizosfera) favorável à proliferação de microrganismos. Em adição, a cobertura do solo proporcionada pela palha conserva a umidade do solo, diminuindo a sua resistência mecânica (RP) o que, por sua vez, favorece o crescimento das raízes e, consequentemente, aumenta os efeitos das mesmas sobre a estrutura do solo. Os principais agentes agregantes são transitórios, de modo que a adição de fitomassa e a presença de raízes deve ocorrer durante a maior parte possível do tempo. Elaboração: Henrique Debiasi.

Fotos: Abdilido Melo

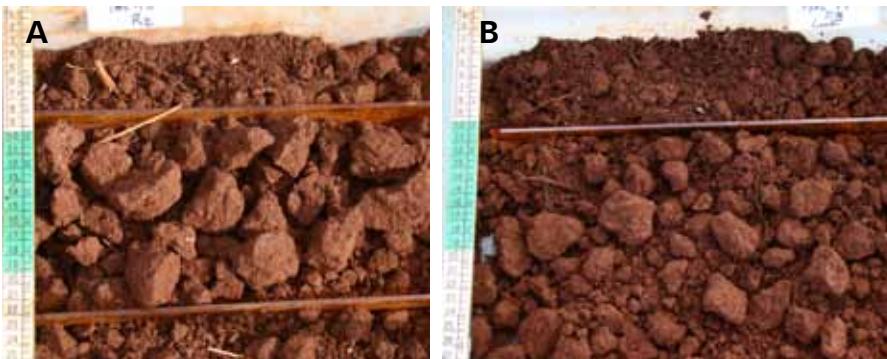


Figura 10. Estrutura do solo (camada 0-28 cm) em área manejada sob sistema plantio direto de longa duração (27 anos) na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, Londrina/PR, em sucessão (trigo/soja) (a) ou rotação (tremoço/milho – aveia/soja – trigo/soja – trigo/soja) de culturas (b).

Na sucessão trigo/soja, é possível observar uma camada (8-22 cm de profundidade) com estrutura caracterizada predominantemente por “torrões” de grande tamanho, evidenciando elevado grau de compactação, o que não se repete no modelo de produção mais diversificado, onde predominam agregados de 1-4 cm de tamanho.

A melhoria da fertilidade química do solo pela diversificação de culturas constitui-se em um dos aspectos mais importantes na racionalização do uso de fertilizantes, podendo, no longo prazo, diminuir os custos de produção sem redução dos teores de nutrientes no solo. A alternância de espécies vegetais com diferentes exigências nutricionais, eficiências de uso de nutrientes e características de sistema radicular, promove a reciclagem de nutrientes. Com isso, nutrientes que não são absorvidos pela soja, seja por sua localização em camadas abaixo da camada de solo explorada pelo sistema radicular, seja pela baixa eficiência de absorção, podem ser aproveitados por outras espécies vegetais e, a partir da decomposição da palhada, tornarem-se disponíveis. Além disso, os maiores teores de MOS em modelos de produção diversificados resultam na complexação de elementos tóxicos, como o Al, e em maior disponibilidade de nutrientes pelo aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), pela mineralização e pela redução da adsorção de nutrientes.

Foto: Julio Cesar Franchini

COAMO



Embrapa

Figura 11. Aspecto morfológico de raízes de plantas de soja (safra 2014/2015) cultivadas em área manejada sob sistema plantio direto (SPD) de longa duração (30 anos), na Fazenda Experimental da Coamo, Campo Mourão/PR, em sucessão (trigo/soja) ou rotação (tremoço/milho – aveia/soja – trigo/soja – trigo/soja) de culturas.

No sistema mais diversificado (rotação), a raiz principal é retilínea e bem desenvolvida em todas as plantas. Ao contrário, na sucessão trigo/soja, o maior grau de compactação na camada entre 8-15 cm resultou na deformação da raiz principal, com prejuízo ao crescimento radicular em profundidade.

A diversificação de culturas conduz ao aumento da diversidade biológica do solo, o que é importante para a manutenção de funções relacionadas à biota do solo, como a ciclagem de nutrientes, a agregação do solo e o controle de fitopatógenos, mesmo em condições bióticas e/ou abióticas desfavoráveis. Além disso, a probabilidade de que haja algum organismo antagônico ao agente causal de determinada doença é maior em ambientes com alta diversidade biológica.

Controle de pragas, doenças e plantas daninhas

A diversificação de culturas, principalmente por meio da rotação da soja com espécies vegetais não hospedeiras no verão, constitui-se em uma das principais práticas para o manejo integrado de determinadas pragas e doenças. No caso das pragas, modelos de produção baseados na rotação de culturas com plantas não hospedeiras (milho, sorgo, girassol, milheto) constituem-se a estratégia mais eficiente para controle do tamanduá-da-soja (*Sternechus subsignatus*) (SILVA, 1996).

A rotação com culturas não hospedeiras reduz a quantidade de inóculo e, consequentemente, a ocorrência de doenças da soja causadas por fitopatógenos capazes de sobreviver nos restos culturais, como o cancro-da-haste (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*), a antracnose (*Colletotrichum truncatum*), mancha alvo e podridão da raiz (*Corynespora cassiicola*), mancha parda (*Septoria glycines*); crescimento de cercospora (*Cercospora kikuchii*) e a podridão parda da haste (*Cadophora gregata*). A diversificação por meio da rotação e/ou sucessão com culturas não hospedeiras reduz a população e os danos ocasionados à soja pelos nematóides de cisto (*Heterodora glycines*), de galhas (*Meloidogyne* spp.), reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) e das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*).

Doenças ocasionadas por agentes biotróficos (que necessitam de hospedeiros vivos para sobreviver), como o ódio (*Microsphaera diffusa*) e a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), não são afetadas pela rotação de culturas. Do mesmo modo, a rotação de culturas é menos eficiente no controle de doenças causadas por fitopatógenos de solo que sobrevivem em restos de culturas e apresentam estruturas de resistência, como escleródios, clamidósporos e oósporos, pois o tempo necessário sem culturas hospedeiras para redução expressiva destes

fitopatógenos é muito grande (SANTOS; REIS, 2001). Neste grupo, encontram-se doenças como o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), a podridão vermelha da raiz (*Fusarium* spp.), a mela (*Rhizoctonia solani*), a podridão radicular de *Phytophthora* (*Phytophthora sojae*) e a podridão de carvão (*Macrophomina phaseolina*). Adicionalmente, a eficiência da rotação de culturas como ferramenta de redução da população de fitopatógenos que apresentem uma ampla gama de hospedeiros (polífagos), como *Macrophomina phaseolina* (causador da podridão de carvão), tende a ser menor (ALMEIDA et al., 2010).

Além de reduzir a população de pragas ou fitopatógenos, a diversificação de culturas melhora a qualidade física, química e biológica do solo. Com isso, há a formação de um ambiente supressor à sobrevivência, disseminação, infecção, colonização e reprodução das pragas e fitopatógenos, bem como um aumento da tolerância das plantas de soja aos danos, resultando em redução dos prejuízos econômicos ocasionados à soja. Neste contexto, a redução da compactação e melhoria da estrutura do solo proporcionada pela diversificação de culturas diminui os danos associados à podridão vermelha da raiz (*Fusarium* spp) (DIANESE et al., 2010), à podridão de carvão (*Macrophomina phaseolina*) (ALMEIDA et al., 2010) e à podridão radicular de *Phytophthora* (*Phytophthora sojae*) (COSTAMILAN et al., 2010). Da mesma forma, a cobertura do solo com palhada produzida por culturas em rotação ou sucessão à soja contribui para o controle do mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (GÖRGEN et al., 2010) e da mela (*Rhizoctonia solani*) (HENNING et al., 2005).

A diversificação de culturas possibilita a utilização de herbicidas com diferentes mecanismos de ação, contribuindo assim para a redução do risco de aparecimento de plantas daninhas tolerantes/resistentes. Adicionalmente, a cobertura do solo proporcionada por sistemas diversificados de produção auxilia no controle de diversas espécies de plantas daninhas, tanto pela barreira física, dificultando a penetração de luz e a germinação e emergência das plantas, quanto pela liberação de aleloquímicos que podem suprimir a germinação e/ou o crescimento das plantas daninhas (Figura 12).

Fotos: Alvadi A. Balbinot Junior

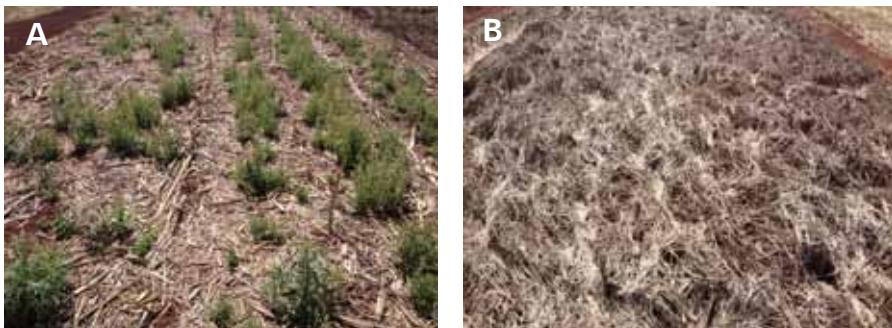


Figura 12. Efeito da cobertura do solo sobre a infestação de planta daninhas, em experimento conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, Londrina/PR.

A infestação de plantas daninhas de difícil controle – no caso, buva (*Coniza* spp.) e poaia branca (*Richardia brasiliensis*) é elevada na parcela cultivada com milho durante a 2^a safra (a), enquanto que, na parcela ocupada por braquiária *ruziziensis*, a maior cobertura do solo impediu o estabelecimento das invasoras (b).

Gestão da propriedade

Em modelos de produção pouco diversificados, como a sucessão soja-milho 2^a safra, ocorre a concentração das operações e atividades necessárias à produção das culturas em períodos curtos durante o ano. Com isso, há aumento no risco da perda dos períodos mais adequados para a realização das operações (semeadura, colheita, aplicação de agrotóxicos, entre outras), com prejuízos para a eficiência do uso de insumos e a produtividade da soja. Além disso, a necessidade de rapidez pelo pouco tempo disponível pode comprometer a qualidade das operações agrícolas, não só pelo aumento da velocidade de execução, mas também pela realização de tais operações com teores inadequados de água no solo. Exemplos desses problemas englobam: excesso de mobilização do solo, distribuição irregular de sementes e falhas no estabelecimento das plantas pela velocidade excessiva na semeadura da soja; perdas de grãos na colheita por velocidade excessiva da colhedora; e compactação pelo tráfego com solo muito úmido. Por outro lado, a diversificação de culturas, quando bem planejada, permite uma melhor distribuição ao longo do ano das operações agrícolas, o que pode melhorar a qualidade e reduzir os riscos de execução fora do período mais indicado.

Outros benefícios provenientes do uso de modelos de produção diversificados compreendem:

- diversificação da renda da propriedade, reduzindo os riscos climáticos e de mercado;
- melhor aproveitamento das máquinas e da mão de obra disponível na propriedade, reduzindo os custos fixos; e
- o uso de diferentes espécies vegetais possibilita o escalonamento de épocas de semeadura e o uso de cultivares com diferentes ciclos, reduzindo os riscos de perdas de produtividade por estresses bióticos e/ou abióticos. Por exemplo, a sucessão soja-milho 2^a safra só é possível mediante o uso de cultivares de soja com ciclo curto, semeadas no início do período recomendado. Portanto, a utilização maciça dessa sucessão de culturas conduz à concentração das fases críticas do desenvolvimento da soja em relação à ocorrência de estresses bióticos e abióticos em curtos espaços de tempo, aumentando os riscos de perdas de produtividade e/ou os custos de produção.

Planejamento de modelos de produção diversificados

Critérios para escolha e distribuição espacial e temporal das espécies vegetais

A escolha das espécies vegetais para compor modelos de produção diversificados deve levar em consideração, em primeiro lugar, a aptidão agrícola dos diferentes talhões, definida pelas condições locais de clima, solo e topografia. Sob o ponto de vista econômico, a tomada de decisão a respeito da substituição de uma cultura por outra deve considerar não somente a comparação direta da rentabilidade de cada uma, mas também o potencial de aumento da produtividade e de redução dos custos em ambas as culturas, proporcionados pela maior diversificação. Ou seja, é necessário analisar o sistema de produção como um todo.

Além desses fatores, a combinação espaço-temporal de espécies vegetais dentro de um talhão deve atender ao maior número possível dos seguintes fundamentos:

- a) Produção de fitomassa da parte aérea e raízes em quantidade e qualidade, visando ao aumento do teor de MOS e à formação de cobertura morta com persistência para ser eficiente na redução dos processos erosivos, das oscilações de temperatura, das perdas de água por evaporação e dos danos de determinadas doenças, como mofo branco e a mela. Para o aumento do teor de MOS do solo, a combinação de espécies vegetais deve proporcionar adição de nitrogênio atmosférico ao sistema, via fixação biológica. Para a produção de cobertura morta do solo, deve-se utilizar culturas que produzam fitomassa com maior relação C/N e/ou presença de compostos orgânicos de decomposição mais lenta, como as ligninas. A maior parte das gramíneas apresenta essa característica, sendo as mesmas indicadas para a produção de cobertura do solo, em cultivo solteiro ou consorciado a espécies de outras famílias. A qualidade estrutural de solos tropicais manejados em SPD depende da ação das raízes das plantas e da biota do solo. Diante disso, além da quantidade e qualidade da fitomassa, a adição de material orgânico deve ser constante de modo a atender a demanda da biota do solo.
- b) Reduzir o tempo em que a área permanece sem culturas vivas, contemplando a inclusão, em alguma fase, de culturas caracterizadas por alta produção de fitomassa e sistema radicular profundo, abundante e bem distribuído (horizontalmente e verticalmente), visando melhorar a qualidade do solo (Tabela 3 e Figura 13). Além de atender à necessidade de cobertura permanente do solo, a minimização do tempo sem culturas vivas é essencial para evitar a compactação do solo. A consorciação de espécies vegetais com ciclos diferentes, e o uso de espécies de plantas com rápido desenvolvimento vegetativo no período entre a colheita e a semeadura das culturas principais, são alternativas para reduzir as “janelas” sem culturas vivas. Outra opção interessante envolve a utilização de espécies ou cultivares com ciclo mais longo, como por exemplo, de genótipos melhorados de aveia preta e branca em regiões de clima mais frio.

Tabela 3. Massa seca de raízes acumulada na camada de 0-50 cm de profundidade por algumas espécies vegetais, em avaliações realizadas em diferentes dias após a emergência (DAE), Embrapa Soja, Londrina/PR.

Cultura	Avaliação ----- DAE -----	Massa seca de raízes
		----- t ha ⁻¹ -----
Milheto	90	3,6
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	90	3,3
Milho 1ª safra	80	2,5
<i>Urochloa ruziziensis</i>	100	2,2
<i>U. brizantha</i> (cv. Xaraes)	150	3,5
<i>U. brizantha</i> (cv. Xaraes)	540	7,2
<i>Crotalaria spectabilis</i>	90	1,6
Milho 2ª safra	100	1,6
Aveia preta	75	1,3
Soja	85	0,9
Trigo	75	0,5



Figura 13. Distribuição de raízes de *Panicum maximum* cv. Tanzânia em área de integração lavoura-pecuária em Santo Inácio/PR.

Além de abundante e horizontalmente bem distribuído, o sistema radicular de espécies forrageiras perenes, como *P. maximum*, atinge profundidades maiores que 1 m, melhorando a estrutura do solo e promovendo a reciclagem de nutrientes.

c) Alternância de espécies vegetais com diferentes exigências nutricionais e com capacidade de aproveitamento de nutrientes diferenciada (leguminosas e gramíneas, por exemplo), visando o aumento da eficiência de uso dos fertilizantes. Assim, uma espécie exigente em potássio, como a soja, é beneficiada quando cultivada em sequência de uma cultura com grande capacidade de absorção e ciclagem deste nutriente, como o milheto. O desempenho da soja também poderá ser favorecido quando cultivada em áreas de rotação com algodão, pelo aproveitamento da adubação residual feita nesta cultura. A mineralização do nitrogênio fixado biologicamente por uma leguminosa pode suprir parte da demanda de uma gramínea (cultivada na sequência) pelo nutriente; e gramíneas forrageiras em sistemas de integração lavoura-pecuária podem aproveitar parte dos nutrientes aplicados via adubação na soja e não absorvidos pela cultura, aumentando a eficiência de uso dos fertilizantes no modelo de produção. Por outro lado, o cultivo de uma gramínea em sucessão a outra (por exemplo, milho 2^a safra após milho de verão) resultará em maior necessidade de adubação nitrogenada.

d) Evitar espécies que sejam hospedeiras de pragas e doenças de importância econômica para as culturas principais, principalmente quando o talhão tiver histórico de ocorrência e as condições de clima e solo da região sejam favoráveis. Por exemplo, em áreas onde ocorre o cancro da haste da soja, o cultivo de espécies como guandu, tremoço, crotalárias e feijão de porco deve ser evitado. Da mesma forma, em áreas com ocorrência de mofo branco na soja, não devem ser feitas multiplicações de sementes de ervilhaca, nabo forrageiro ou tremoço. Nessas áreas, o cultivo de girassol, feijão, canola, crotalárias e outras espécies hospedeiras do fungo também deve ser evitado. Por outro lado, a rotação soja-milho no verão diminui o inóculo de diversas doenças causadas por fungos como a mancha alvo, podridão parda da haste, mancha parda (*Septoria glycines*) e crestamento foliar de cercospora (*Cercospora kikuchi*). Essa rotação também reduz a população do nematoide-de-cisto da soja e, no caso de híbridos resistentes, do nematoide reniforme e de galhas.

- e) Permitir a diversificação de princípios ativos e mecanismos de ação de herbicidas, inseticidas e fungicidas, visando evitar a seleção de espécies/biótipos tolerantes ou resistentes. Ressalta-se que o efeito residual dos herbicidas utilizados em determinada espécie vegetal deve ser inferior ao intervalo entre a aplicação e a semeadura da próxima cultura, caso esta apresente sensibilidade ao herbicida.
- f) Evitar o cultivo para produção de sementes de espécies vegetais com potencial de se tornarem invasoras de difícil controle para a(s) cultura(s) principal(is) implantada (as) em sequência. Um exemplo disso é o cultivo de aveia preta para sementes no inverno anterior ao trigo.
- g) Sempre que possível, alternar e/ou associar (consórcios) espécies vegetais pertencentes a diferentes famílias botânicas, principalmente considerando a sucessão dentro de um mesmo ano agrícola.
- h) Todas as espécies componentes do sistema devem gerar renda direta pela produção de grãos, sementes e/ou forragem, e/ou indireta através de efeitos positivos sobre as culturas subsequentes. A maior parte das espécies vegetais com grande potencial de adição de fitomassa da parte aérea e raízes (gramíneas, na maioria das vezes) não resulta em produtos comercializáveis na forma de grãos, ou os mesmos são de baixo valor e/ou mercado restrito. No entanto, além da geração de renda indiretamente pelos efeitos benéficos no sistema de produção, levando ao aumento da produtividade e/ou redução dos custos de produção das culturas principais, a maioria destas espécies pode ser utilizada para a produção de forragem de qualidade em sistemas de integração lavoura-pecuária, com geração de renda pela produção de carne ou leite. Da mesma forma, a redução dos custos de produção e/ou aumento da produtividade das culturas principais deve ser computado como receita de espécies vegetais utilizadas para cobertura do solo. Por exemplo, o nitrogênio fixado biologicamente por espécies leguminosas e disponibilizado via mineralização ao milho cultivado em sequência, deve ser considerado como produto, cujo valor corresponde à redução dos custos de produção da gramínea.

- i) O sistema diversificado de produção deve permitir flexibilidade na mudança das espécies vegetais envolvidas, de modo a atender às particularidades regionais e as perspectivas de comercialização dos produtos.
- j) O ciclo das espécies vegetais e/ou cultivares, assim como a época de semeadura, deve ser compatível com a distribuição espacial e temporal das espécies vegetais preconizada pelo modelo de produção. Por exemplo, para viabilizar o cultivo do milho 2^a safra, é necessário utilizar cultivares precoces ou superprecoces de soja, semeadas no início do período indicado para a cultura. Assim, a espécie vegetal cultivada no outono-inverno anterior ao cultivo do milho 2^a safra deve ser manejada ou colhida até o início da época de semeadura indicada para a soja.

É importante ressaltar que o objetivo do modelo de produção é determinante na escolha das espécies vegetais e na distribuição das mesmas no tempo e no espaço, de modo que o atendimento a um dos fundamentos anteriormente citados pode ser priorizado. Por exemplo, se o objetivo da diversificação de culturas é reduzir a população do nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) em áreas com solos arenosos e alta infestação do parasita, o planejamento deve incluir a rotação da soja com *Crotalaria spectabilis* ou *C. ochroleuca* no verão. Da mesma forma, se o objetivo é manejar biologicamente áreas com elevado grau de compactação do solo, torna-se necessário o cultivo de espécies como *Urochloa ruziziensis*, aveia preta ou nabo forrageiro (estas duas últimas solteiras ou consorciadas). Mais uma vez, um sistema de produção flexível é necessário para permitir mudanças de espécies vegetais, visando atender objetivos de curto-médio prazo do produtor.

Opções de espécies vegetais para diversificação de sistemas de produção de soja

A seguir, são apresentadas algumas opções de espécies vegetais para composição de modelos de produção diversificados envolvendo a soja.

Ressalta-se que a escolha e a distribuição espacial e temporal destas espécies deve levar em consideração os fundamentos descritos no item “Critérios para escolha e distribuição espacial e temporal das espécies vegetais”, principalmente evitando a inclusão de culturas que sejam hospedeiras de pragas e organismos causadores de doenças com histórico de ocorrência na área.

Opções para a safra de verão

O milho tem sido a principal opção para rotação com a soja no verão, especialmente em regiões com temperaturas noturnas mais baixas e adequada disponibilidade de água e de radiação solar, condições estas que aumentam o potencial de produtividade desta gramínea. Resultados de pesquisa indicam aumento da produtividade da soja e do milho em sistemas de rotação cuja porcentagem da área ocupada pela gramínea varie de 25 a 50% (em um sistema de rotação de quatro anos, um a dois anos de milho e dois a três anos de soja) (GAUDENCIO et al., 1986; FRANCHINI et al., 2011) (Figura 14). Dentro dessa faixa de valores, a proporção de milho no esquema de rotação de culturas pode variar em função da relação entre a rentabilidade das duas culturas (definida pelo preço do produto, custo de produção e potencial produtivo em função das condições ambientais da região) e/ou do objetivo do produtor (controle de doenças, produção de silagem e/ou grão de milho para produção animal, entre outros). Outras opções para rotação com a soja no verão envolvem o arroz, o sorgo, o algodão, o girassol e espécies forrageiras para uso em sistemas de integração lavoura-pecuária, como as pertencentes aos gêneros *Urochloa* e *Panicum*. No verão, a rotação da soja com espécies de crotalárias com baixo fator de reprodução para nematoides, como a *Crotalaria spectabilis* ou *C. ochroleuca*, é indicada para redução da população de nematoides, especialmente em áreas infestadas com *Pratylenchus brachyurus*, já que este nematodo é capaz de parasitar diferentes espécies de plantas, incluindo milho, algodão, girassol e sorgo.

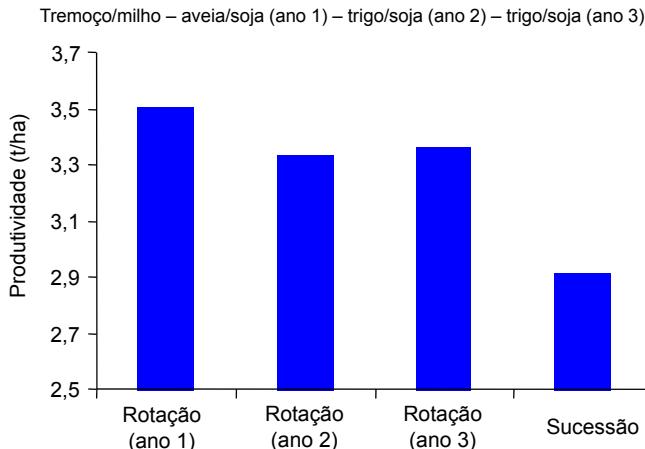


Figura 14. Produtividade da soja em função do sistema de culturas e do número de anos após o cultivo do milho (média de 1991 a 2009). Embrapa Soja, Londrina/PR, 2011.

Na média das 19 safras, a produtividade da soja na sucessão trigo/soja foi 17% inferior à observada no sistema de rotação de culturas. A maior resposta em termos de produtividade da soja ocorreu no 1º ano após o milho, mas os efeitos positivos da rotação permaneceram até o 3º ano após o cultivo da gramínea no verão. Isso indica que o cultivo de 25% da área com milho ou outra gramínea (em outras palavras, uma safra a cada quatro) é suficiente para incrementar significativamente a produtividade da soja. Fonte: FRANCHINI et al. (2011).

Culturas como o milho ou o sorgo, cultivados em rotação com a soja no verão, podem ser consorciados a forrageiras tropicais (*Urochloa* spp. e *Panicum* spp., por exemplo), visando a formação de pastagem temporária e/ou perenizada em sistemas de integração lavoura-pecuária. Além disso, o consórcio entre culturas graníferas e espécies forrageiras é uma importante alternativa para produção de palhada e para redução do período em que uma determinada área permanece sem cobertura vegetal viva, especialmente em regiões com menor disponibilidade de água no outono. Independentemente do objetivo, a consociação de culturas aumenta a diversidade biológica, resultando em maior sustentabilidade do sistema de produção de soja.

Opções para a entressafra de verão

Para aumentar a sustentabilidade do sistema de produção de soja, a alternância de espécies vegetais na entressafra tem se mostrado tão importante quanto a rotação durante a safra de verão. Fatores como o maior número de alternativas de espécies vegetais e a inexistência de concorrência direta por área com a soja fazem do outono-inverno a principal oportunidade para diversificação dos sistemas de produção. De maneira geral, quanto maior a diversidade de espécies vegetais no outono-inverno, melhor a qualidade do manejo e mais sustentável e estável é o sistema de produção (Figura 15). A adoção de outras estratégias de diversificação, como a consorciação e a utilização das janelas de cultivo, e a utilização de sistemas de integração lavoura-pecuária, também contribuem para melhorar a qualidade do manejo.

Embora existam oportunidades de agregação de valor às culturas alternativas de outono-inverno, como a produção de grãos, sementes, e de carne ou leite via sistemas integrados de produção lavoura-pecuária, o principal foco da diversificação no outono-inverno deve ser a melhoria do ambiente de produção para as culturas principais do sistema de produção. Neste sentido, espécies vegetais alternativas, como as destinadas à cobertura do solo no outono-inverno, passam a ser consideradas insumos das culturas principais, de modo similar ao conceito aplicado a fertilizantes químicos, sementes, agrotóxicos, entre outros. Diante disso, na análise econômica do sistema de produção, o aumento de produtividade e/ou a redução dos custos de produção das culturas principais devem ser computados como receita indireta das culturas alternativas.

As opções para diversificação de culturas na entressafra de verão variam amplamente em função das condições edafoclimáticas da região.

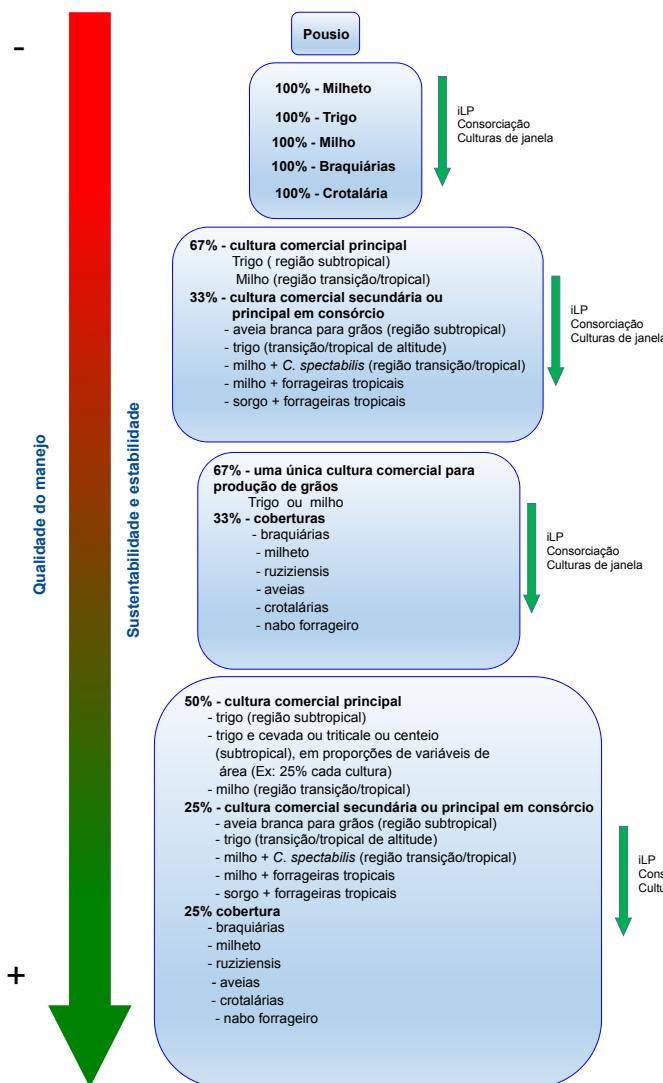


Figura 15. Relação de diferentes níveis de diversificação de culturas na entressafra de verão com a qualidade do manejo do solo.

O aumento do grau de diversificação do sistema de produção melhora a qualidade do manejo e, consequentemente, proporciona maior sustentabilidade e estabilidade ao sistema de produção. A consorciação entre culturas de diferentes famílias botânicas, a integração lavoura-pecuária e utilização das janelas de cultivo aumentam o impacto positivo de cada nível de diversificação sobre a sustentabilidade e estabilidade dos sistemas de produção.

Região subtropical

Para as regiões com inverno mais frio, a principal cultura utilizada em sucessão à soja é o trigo. Resultados de pesquisa mostram que a rotação com outras espécies vegetais de inverno, como a aveia preta ou branca, aumenta a produtividade do trigo e da soja cultivados em sequência (Figuras 16 e 17). Além das aveias, são opções para rotação com o trigo nessas regiões a cevada, o centeio e a canola. Deve-se evitar o cultivo de aveia preta ou azevém para semente no inverno anterior ao cultivo trigo no mesmo talhão, pois esta espécie pode se tornar uma planta daninha de difícil controle no trigo. O nabo forrageiro e as leguminosas como a ervilhaca e o tremoço também podem ser utilizados em rotação com o trigo, tanto em cultivo solteiro quanto consorciado à aveia. Preferencialmente, essas espécies devem entrar no modelo de produção como cultura antecessora ao milho de verão, com benefícios em termos de ciclagem e fornecimento de N. Entretanto, a produção de sementes de ervilhaca, nabo forrageiro ou tremoço, assim como de grãos de canola, não é indicada em áreas com histórico de ocorrência de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). As aveias, em cultivo solteiro ou preferencialmente consorciadas com o azevém, são alternativas para produção de forragem em sistemas de integração lavoura-pecuária, intensificando o sistema de produção e diversificando a renda da propriedade.

O intervalo (“janela”) entre a colheita do milho ou soja de verão e a implantação da cultura de inverno pode ter duração superior a 100 dias, dependendo da região e da época de semeadura. Nesse período, é indicada a utilização de espécies de ciclo curto para produção de grãos, forragem ou cobertura de solo, como feijão, milheto, sorgo forrageiro e nabo forrageiro.

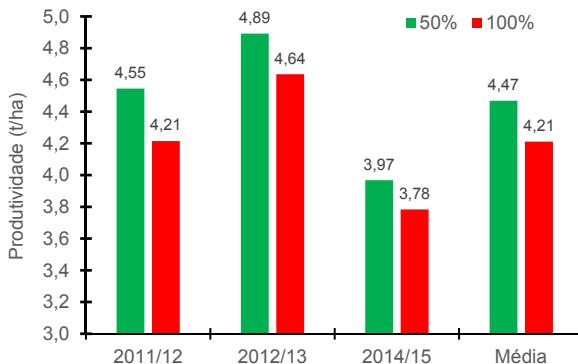


Figura 16. Produtividade da soja em função da proporção de trigo (50 ou 100%) no outono-inverno, em três safras. Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão/PR, 2015.

Independentemente da safra, a produtividade da soja foi consistentemente maior em sistemas de rotação de culturas nos quais a proporção de trigo no outono-inverno foi limitada a 50%. No acumulado das três safras, a rotação de trigo com outras culturas de inverno (aveia preta e branca, ervilhaca, nabo forrageiro, entre outras) proporcionou um incremento de 13 sacas/ha de soja. Os dados da safra 2013/14 não constam desta Figura já que o ciclo das cultivares de soja variou entre os sistemas de rotação, não permitindo a comparação direta.

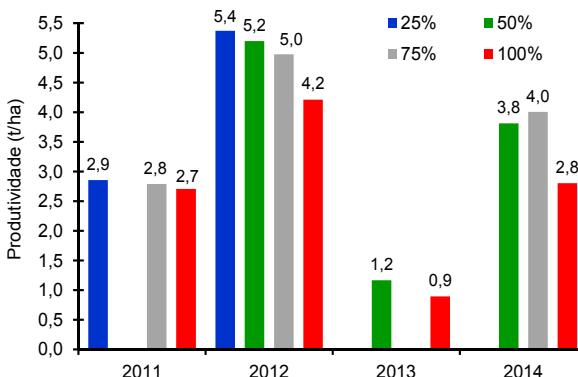


Figura 17. Produtividade do trigo em função da proporção desta cultura no sistema de rotação, em quatro safras. Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão/PR, 2015.

Em todas as safras avaliadas, a produtividade do trigo foi menor na ausência de rotação de culturas no inverno. Em média, a ausência de rotação no período de inverno diminuiu em 18% a produtividade do trigo, o que pode ser atribuído principalmente à redução na incidência e severidade de doenças. De modo geral, a melhor relação benefício/custo foi obtida com sistemas de rotação em que 25 a 50% da área é cultivada no outono-inverno com espécies vegetais alternativas ao trigo.

Um exemplo de modelo de produção diversificado para a região subtropical, com ciclos de quatro anos, é apresentado na Figura 18. Neste sistema, dependendo da região, o nabo forrageiro pode ser substituído por feijão comum ou por sorgo forrageiro. Da mesma forma, a sequência milho solteiro-nabo forrageiro pode ser substituída pelo consórcio milho + braquiária ruziensis, sendo esta espécie utilizada para pasto, após a colheita do milho. No outono-inverno do 2º e/ou 3º anos, a aveia branca e/ou o trigo pode(m) ser substituído(s) por pastagem de aveia preta + azevém. É possível substituir o trigo no 3º ano por cevada. Antecedendo ao milho, deve-se dar preferência a espécies leguminosas e/ou de outras famílias com grande capacidade de ciclagem de N, em cultivo solteiro ou consorciado com gramíneas, como a aveia preta. Assim, além do consórcio aveia preta + nabo forrageiro, podem ser utilizadas, entre outras opções, o nabo forrageiro solteiro e o consórcio aveia preta + ervilhaca. Dependendo da perspectiva de mercado e dos objetivos do produtor, a sucessão aveia branca/soja pode ser substituída por aveia preta + nabo (ou outra cobertura envolvendo espécies leguminosas em cultivo solteiro ou consorciado) seguida de milho verão. Nesse caso, a proporção de milho verão passaria de 25 para 50% da área.

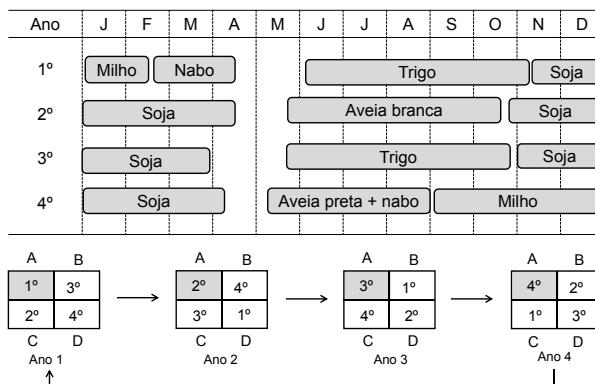


Figura 18. Distribuição temporal e espacial das espécies vegetais em um exemplo de modelo de produção com ciclo de quatro anos, para a região subtropical do Brasil. Os quadrados abaixo do cronograma representam a distribuição dos diferentes anos do modelo de produção nos quatro talhões (A, B, C e D) da propriedade.

Região de transição climática

Nas regiões de transição entre o clima subtropical e tropical (norte e oeste do Paraná, sudoeste de São Paulo e sul do Mato Grosso do Sul), o milho de 2^a safra tem sido a cultura predominantemente utilizada em sucessão à soja. Embora seja uma opção interessante para gerar e diversificar a renda da propriedade, o uso contínuo e exclusivo da sucessão soja-milho 2^a safra tem conduzido a vários problemas, tais como: baixa cobertura do solo, com aumento das perdas de água por evaporação, intensificação dos processos erosivos e aumento da ocorrência de determinadas espécies de plantas daninhas, como a buva (*Conyza* spp.) e o capim amargoso (*Digitaria insularis*); período de cerca de três meses sem culturas vivas na área entre a colheita do milho e a semeadura da soja; formação de camadas compactadas de solo, em virtude da produção insuficiente de fitomassa da parte aérea e raízes associada à colheita da soja/semeadura do milho em um período chuvoso; e aumento da população e dos danos do nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*).

A utilização de modelos de produção em que o milho solteiro na 2^a safra é rotacionado com outras espécies vegetais aumenta não somente a produtividade da soja cultivada em sucessão (Figura 19), mas também a produtividade do próprio milho na 2^a safra (FRANCHINI et al., 2011) (Figura 20). É importante considerar ainda que a diversificação, no outono-inverno, da sucessão milho 2^a safra/soja, pode reduzir os custos de produção, principalmente relacionados ao controle de plantas daninhas na “janela” entre a colheita do milho e a semeadura da soja.

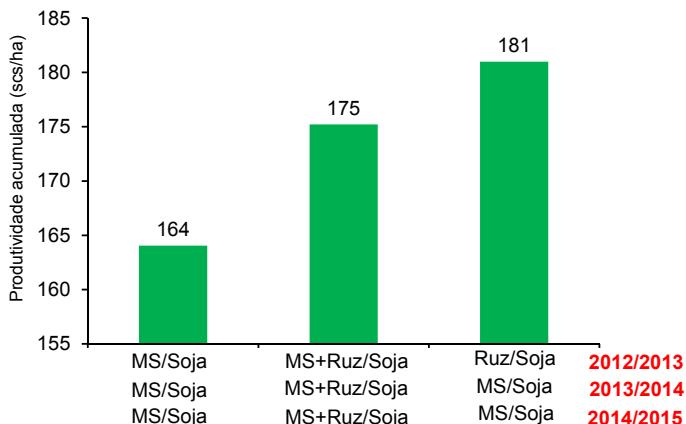


Figura 19. Produtividade da soja (valor acumulado de três safras) em função do sistema de rotação de culturas. MS = milho 2^a safra; Ruz = *braquiária ruziziensis*; MS + Ruz = milho 2^a safra consorciado com *braquiária ruziziensis*. Embrapa Soja/COCAMAR, Floresta/PR, 2015.

A rotação do milho 2^a safra com *braquiária ruziziensis*, de forma que a forrageira ocupe 1/3 da área total cultivada no outono-inverno (um cultivo a cada três safras), proporcionou aumento de 17 sacas/ha na produtividade da soja (acumulada em três safras). Da mesma forma, o consórcio do milho com *braquiária ruziziensis* na 2^a safra resultou em uma produtividade acumulada (três safras) de 11 sacas/ha a mais, comparativamente ao milho solteiro.

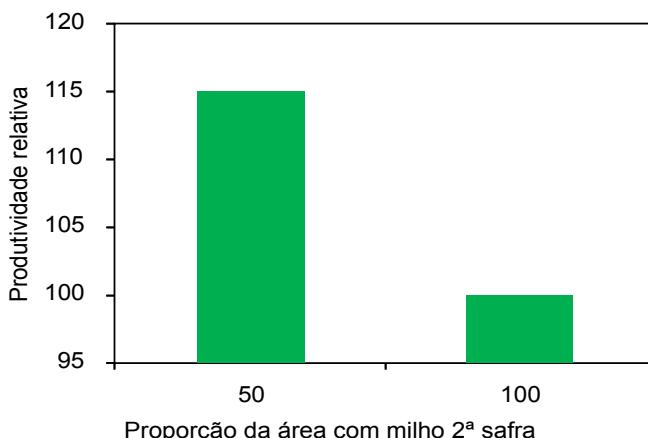


Figura 20. Produtividade relativa do milho 2^a safra em função da proporção da área ocupada pela cultura. Embrapa Soja/Coamo, Campo Mourão/PR. Fonte: FRANCHINI et al. (2011).

Entre as opções para rotação com o milho 2^a safra na região de transição climática, destacam-se o trigo, as aveias, a canola, o girassol e algumas espécies de forrageiras tropicais, como as pertencentes aos gêneros *Urochloa* e *Panicum*. As aveias, assim como as forrageiras tropicais cultivadas na entressafra de verão, podem ser utilizadas para pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária, aumentando e diversificando a renda da propriedade. O nabo forrageiro e espécies leguminosas como o tremoço branco, em cultivo solteiro ou consorciado à aveia, também são opções de rotação com o milho 2^a safra, porém devem ser utilizadas preferencialmente antecedendo espécies gramíneas na safra de verão, como o milho. Outra opção, indicada principalmente para áreas com histórico de nematoides, é o cultivo de *C. spectabilis* ou *C. ochroleuca* solteiras (Figura 21) ou consorciadas com genótipos de milheto com baixo fator de reprodução para estes parasitas (Figura 22). Na concepção dos modelos de produção para esta região, é possível planejar até duas safras de trigo consecutivamente. Isto ocorre porque, em regiões de clima mais quente, a decomposição dos restos culturais do trigo é mais rápida, diminuindo a quantidade de inóculo de algumas doenças, como a helmintosporiose (*Bipolaris sorokiniana*).

Fotos: Henrique Debiasi

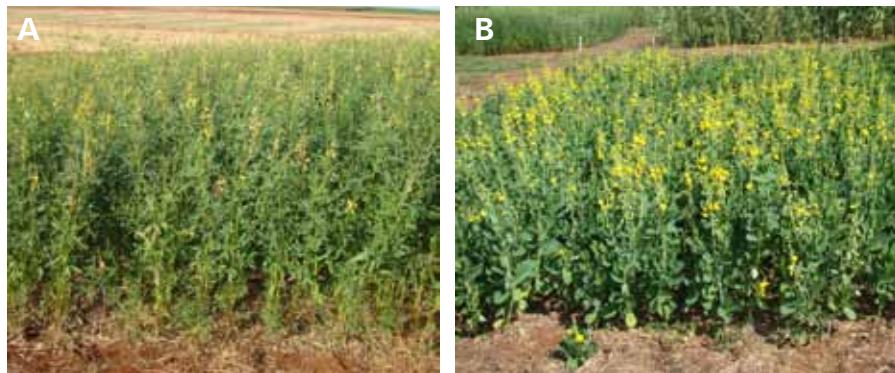


Figura 21. *Crotalaria ochroleuca* (a) e *Crotalaria spectabilis* (b) cultivadas em sucessão à soja (2^a safra), na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina/PR. Data de semeadura: 27/02/2013. Data das fotos: 13/05/2013.

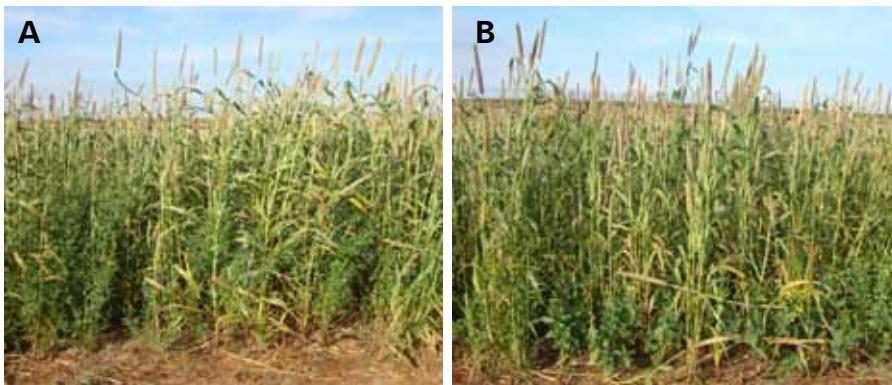
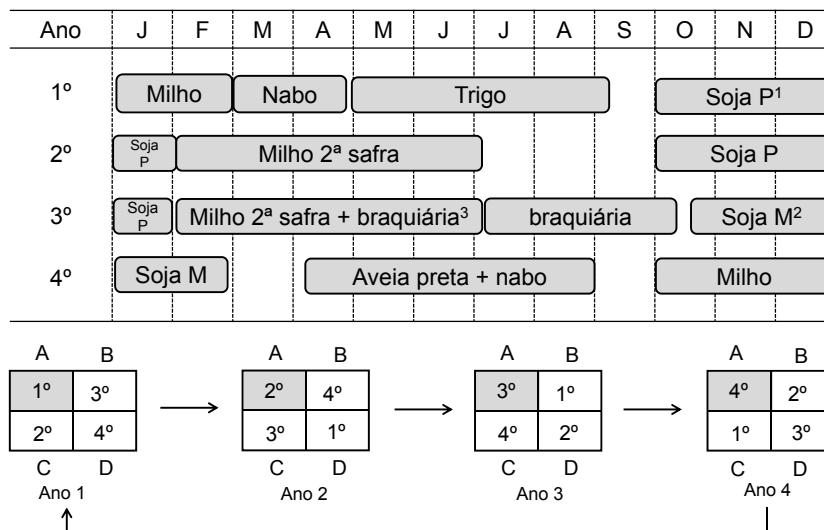


Figura 22. Consórcios milheto + *Crotalaria ochroleuca* (a) e milheto + *Crotalaria spectabilis* (b), implantados em sucessão à soja (2^a safra), na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, em Londrina/PR. Data de semeadura: 27/02/2013. Data das fotos: 13/05/2013.

O consórcio do milho 2^a safra com espécies forrageiras tropicais tem se constituído em uma das principais alternativas para diversificar os modelos de produção envolvendo a soja na região de transição climática. Outra opção de consórcio com o milho de 2^a safra é a sobressemente-adura de aveia preta, conforme procedimentos descritos em MEDEIROS E CALEGARI (2006), principalmente em regiões com aptidão para o cultivo de milho de 2^a safra, mas com invernos mais frios e melhor distribuição de chuvas. Além dos consórcios, o cultivo de espécies vegetais com desenvolvimento vegetativo rápido entre a colheita do milho 2^a safra ou do trigo e a semeadura da soja, como o milheto ou o capim moha-lapar (*Setaria italica*), é outra possibilidade para formação de cobertura do solo e aumento da quantidade de raízes no sistema, em regiões onde há disponibilidade de água e temperaturas adequadas.

Na Figura 23, é mostrado um exemplo de modelo de produção diversificado para a região de transição climática, cuja duração do ciclo de rotação é de quatro anos. De maneira similar ao exemplo dado para a região subtropical, o nabo forrageiro pode ser substituído por feijão comum, dependendo da região e da época de semeadura do milho. No 3^º ano, o consórcio milho + braquiária pode ser substituído pela sobresse-

meadura de aveia preta (preferencialmente, cultivares melhoradas com ciclo mais longo) após a adubação de cobertura do milho, especialmente em regiões com inverno mais frio e melhor distribuição de chuvas. Outra opção é o cultivo de milheto ou capim moha-IAPAR entre a colheita do milho e a semeadura da soja. Antecedendo o milho, deve-se dar preferência a espécies leguminosas e/ou de outras famílias com grande capacidade de ciclagem de N, em cultivo solteiro ou consorciado com gramíneas, como a aveia preta. Assim, além do consórcio aveia preta + nabo forrageiro, podem ser utilizadas, entre outras opções, o nabo forrageiro solteiro, o tremoço branco e o consórcio aveia preta + tremoço branco. Trigo e aveia branca para grãos também podem ser utilizados antes do milho de verão, porém a necessidade de adubação nitrogenada será maior (ausência de fixação biológica e imobilização de nitrogênio pela palhada do trigo).



¹ Soja P = soja cultivar de ciclo precoce; ² Soja M = soja cultivar de ciclo médio; ³ Braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*).

Figura 23. Distribuição temporal e espacial das espécies vegetais em um exemplo de modelo de produção com ciclo de quatro anos, para a região de transição climática. Os quadrados abaixo do cronograma representam a distribuição dos diferentes anos do modelo de produção nos quatro talhões (A, B, C e D) da propriedade.

Região tropical

Para a região tropical, a duração do período das chuvas, associada às condições de temperatura, determinam as opções para cultivo na entressafra de verão. O girassol, o sorgo (granífero ou forrageiro), o milheto, o capim pé-de-galinha gigante (*Eleusine coracana*) (Figura 24) e forrageiras tropicais (*Urochloa* spp. e *Panicum* spp.) são exemplos de espécies vegetais que podem ser utilizadas em rotação com o milho de 2^a safra. O nabo forrageiro também pode ser utilizado, especialmente em consórcio com outras espécies, como o milheto, e para o fechamento de “janelas” entre as culturas principais. O consórcio do milho ou do sorgo com forrageiras tropicais, especialmente *Urochloa ruziziensis*, constitui-se em uma das melhores opções para diversificar os sistemas de produção na entressafra de verão na região tropical, aumentando a cobertura e melhorando a qualidade do solo. O sorgo forrageiro, o milheto, o capim pé-de-galinha e as forrageiras tropicais perenes podem ser utilizados como pastagens temporárias ou perenizadas em sistemas de integração lavoura-pecuária. Em regiões com

Foto: José Eduardo de Macedo Soares Júnior



Figura 24. Capim pé-de-galinha gigante, cultivado durante a entressafra de soja. Fazenda Capuaba, Lucas do Rio Verde/MT, 2013.

melhor distribuição de chuvas ao longo do ano, como algumas áreas do centro-sul, oeste e médio norte do Mato Grosso, o algodão pode ser utilizado em rotação ao milho na 2^a safra (Figura 25). Neste caso, a cultura de verão antecedendo o algodão pode ser a soja (cultivares super-precoces), o feijão caupi (*Vigna unguiculata*) ou espécies para cobertura do solo, em cultivo solteiro ou consorciado, como milheto, o capim pé-de-galinha e crotalárias.

Fotos: Henrique Debiasi



Figura 25. Lavoura de algodão 2^a safra (março/2014) (a) e soja superprecoce implantada em sucessão (outubro/2014) na mesma gleba agrícola, município de Tapurah/MT.

Em áreas com histórico de ocorrência de nematoides, espécies de crotalárias com baixo fator de reprodução para estes parasitas podem ser utilizadas na 2^a safra em rotação ao milho, em cultivo solteiro ou consorciado com genótipos de milheto resistentes. Outra opção para essas áreas, já utilizada por alguns produtores nas regiões de transição e tropical, envolve o consórcio do milho com *C. spectabilis* (Figura 26). Como há poucas opções de herbicidas com seletividade simultânea ao milho e à *C. spectabilis*, esse consórcio deve ser evitado em áreas com elevadas populações de plantas daninhas. Diversos relatos de produtores e técnicos têm apontado benefícios desta modalidade de consórcio sobre o desempenho produtivo da soja, especialmente em áreas com histórico de danos por nematoides. Entretanto, são necessários mais estudos para comprovar esses benefícios, bem como para ajustar a implantação e manejo do consórcio. Enfatiza-se que o cultivo das crotalárias na 2^a safra é menos eficiente que o de verão na redução da população e dos danos ocasionados pelos nematoides; assim, em áreas com altas populações e condições edafoclimáticas

favoráveis ao aumento dos danos de nematoides, deve-se priorizar a rotação com crotalárias ou outras espécies vegetais não hospedeiras durante o período de verão.

Foto: Henrique Debiasi



Figura 26. Consórcio de milho com *Crotalaria spectabilis*. Fazenda Adriana, Alto Garças/MT, 2014.

Em regiões onde a duração do período chuvoso é menor (por exemplo, Tocantins, oeste da Bahia, Sul do Maranhão e sudoeste do Piauí), a produção de cobertura do solo na entressafra pode ser viabilizada principalmente por meio do estabelecimento de forrageiras tropicais perenes antes da colheita da cultura do verão (soja, milho ou sorgo), como as pertencentes ao gênero *Urochloa* (braquiárias). Isso pode ser obtido pelo consórcio de milho ou sorgo com braquiária no verão. Outra possibilidade é o cultivo integrado de soja com braquiária, por meio da sobressemeadura da braquiária quando a soja está no final do enchimento de grãos (Figura 27), ou pela semeadura do capim nas entrelinhas da soja quando esta se encontra com quatro a cinco trifólios (Figura 28) (FRANCHINI et al., 2014). Quando o principal objetivo é a produção de cobertura do solo na entressafra de verão, a

espécie mais indicada para cultivo integrado ao milho, sorgo ou soja é a *U. ruziziensis*, pela menor formação de touceiras e maior facilidade de dessecação. Espécies como o capim pé-de-galinha gigante e o milheto também podem ser utilizadas em sobressemeadura, visando a produção de palhada para o SPD.

Fotos: Julio Cezar Franchini

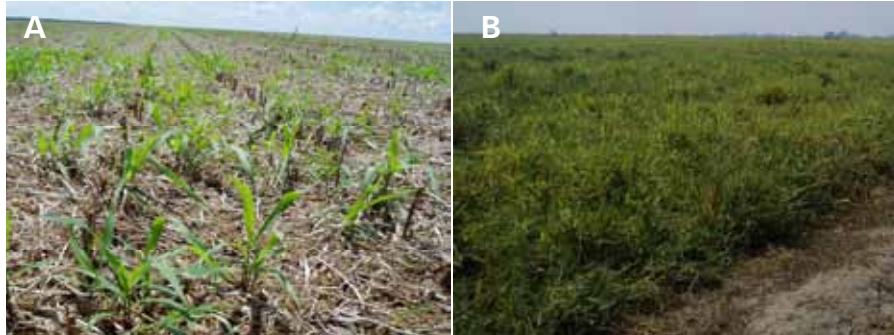


Figura 27. Braquiária *ruziziensis* implantada em sobressemeadura no final do enchimento de grãos da soja, em 28/03/2007 (a) e 06/09/2007 (b). Agropecuária Lima, Querência/MT.

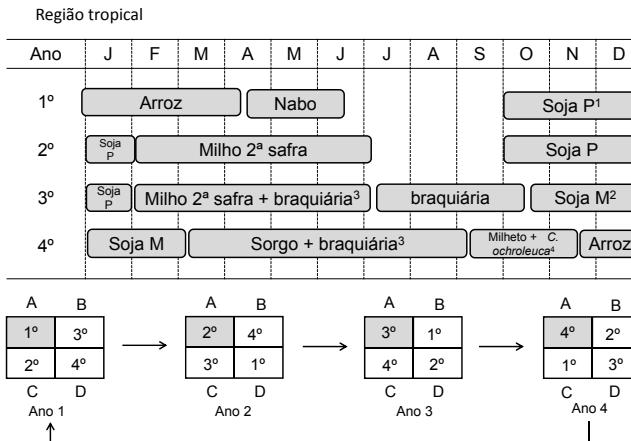
Foto: Henrique Debiasi



Figura 28. Detalhe do consórcio de soja com braquiária *ruziziensis*, safra 2014/15.

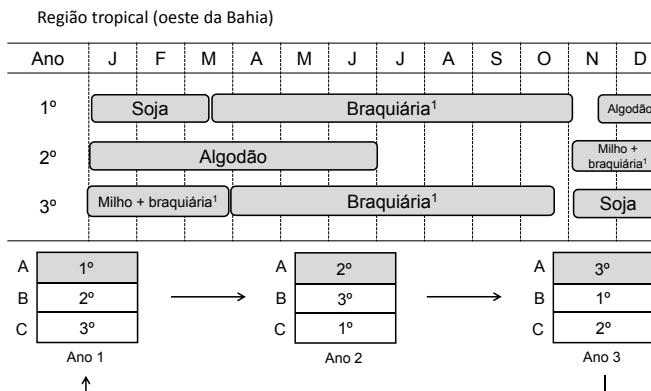
Um exemplo de modelo de produção diversificado para a região tropical é apresentado na Figura 29. Esse esquema é viável em regiões onde a duração do período chuvoso se estende, pelo menos, do início de outubro ao fim de abril. Em áreas de maior altitude e com adequada disponibilidade de radiação solar, o arroz pode ser substituído pelo milho no verão. Outra possibilidade é a substituição da sequência arroz/nabo pelo algodão safra, em regiões propícias a esta cultura. No 2º ano, o milho de 2ª safra pode ser substituído por algodão safrinha em regiões onde esta cultura é viável. Neste caso, deve-se utilizar cultivares superprecoces de soja na safra de verão, semeadas no início do período chuvoso. No intervalo entre o manejo da braquiária *ruziziensis* consorciada com o sorgo e a semeadura do arroz, pode-se adicionar o nabo forrageiro ao consórcio milheto + *C. ochroleuca*, aumentando a diversidade de espécies e favorecendo a melhoria da estrutura solo pelo efeito do sistema radicular do nabo. Outra opção para essa “janela” é o uso da *C. ochroleuca* solteira. O consórcio sorgo + braquiária pode ser substituído por girassol, *C. spectabilis*, *C. ochroleuca* ou capim pé-de-galinha gigante. Neste caso, a *C. ochroleuca* pode ser consorciada com o capim pé-de-galinha gigante ou com o milheto.

Outro exemplo de modelo de produção diversificado, que pode ser utilizado em regiões de clima tropical onde o cultivo de espécies vegetais na entressafra de verão é limitado devido a menor duração do período de chuvas, é mostrado na Figura 30. Neste modelo, a braquiária *ruziziensis* é a espécie vegetal utilizada na entressafra de verão, sendo implantada via consórcio com o milho ou sobressemeadura no final do período de enchimento de grãos da soja. A braquiária pode ser utilizada para pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária. Outra opção para sobressemeadura na cultura da soja é o capim pé-de-galinha gigante. O algodão pode ser substituído por soja no verão seguida de milheto, solteiro ou consorciado com *C. spectabilis* ou *C. ochroleuca*.



¹ Soja P = soja cultivar de ciclo precoce; ² Soja M = soja cultivar de ciclo médio; ³ Braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*); ⁴ *C. ochroleuca* = *Crotalaria ochroleuca*.

Figura 29. Distribuição temporal e espacial das espécies vegetais em um exemplo de modelo de produção com ciclo de quatro anos, para a região tropical (estação chuvosa com duração de sete meses). Os quadrados abaixo do cronograma representam a distribuição dos diferentes anos do modelo de produção nos quatro talhões (A, B, C e D) da propriedade.



¹ Braquiária ruziziensis (*Urochloa ruziziensis*).

Figura 30. Distribuição temporal e espacial das espécies vegetais em um exemplo de modelo de produção com ciclo de três anos, para a região tropical (estação chuvosa com duração de cinco a seis meses). Os quadrados abaixo do cronograma representam a distribuição dos diferentes anos do modelo de produção nos três talhões (A, B e C) da propriedade.

Indicações para o consórcio do milho com braquiária

O consórcio do milho com espécies de braquiária, especialmente a *ruziziensis* (*U. ruziziensis*), é uma das principais alternativas para diversificar os sistemas de produção envolvendo a soja. De acordo com CECCON et al. (2013), o milho deve ser semeado seguindo as mesmas indicações para o cultivo solteiro na sua respectiva estação de cultivo. Conforme os mesmos autores, as principais opções para o estabelecimento da braquiária em consórcio com milho são:

- a) Implantação com linha intercalar: nesta modalidade, o consórcio é implantado com a mesma semeadora empregada para a soja, ajustando-a para semeadura de uma linha de milho e outra de braquiária, de modo alternado. Na linha do milho, utiliza-se um disco para semear milho, e na linha de braquiária, um disco para semear sorgo. A quantidade de sementes de braquiária deve ser de aproximadamente 200 pontos de valor cultural (VC) por hectare, o que corresponde a aproximadamente 10 plantas m^{-2} . A profundidade de semeadura da braquiária deve ser de aproximadamente 4 cm. A adubação deve ser realizada apenas na linha do milho, visando reduzir a competição com a braquiária. Esse sistema é uma tecnologia reconhecida pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), através do Zoneamento de Riscos Climáticos para os Estados de Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo.
- b) Implantação com as sementes da braquiária misturadas ao adubo: neste caso, o adubo não pode ser distribuído muito profundo. Além disso, a mistura das sementes ao adubo deve ser realizada próxima ao momento da semeadura, para evitar perdas no poder de germinação das sementes, em razão do efeito salino do fertilizante. É uma das alternativas para viabilizar o consórcio quando o milho é semeado em espaçamento entrelinhas reduzido (45-50 cm).
- c) Implantação a lanço, com caixa adicional: neste método, a semeadura da braquiária e do milho é realizada na mesma operação.

As sementes de braquiária são distribuídas ao lado da linha de semeadura do milho, na superfície do solo. Para isso, uma caixa adicional com rotor acanalado adaptado à semeadura de sementes de forrageiras deve ser acoplada à semeadora. Trata-se de um método que viabiliza o consórcio quando o milho é implantado em espaçamento reduzido (45-50 cm), porém, como as sementes da braquiária não são incorporadas ao solo, pode ocorrer falhas na emergência ou baixo crescimento inicial da forrageira caso não chova logo após a semeadura.

d) Implantação com duas operações de semeadura: trata-se de um método de implantação do consórcio mais apropriado para formação de pastagem em sistemas de integração lavoura-pecuária. Nesta modalidade, a implantação do consórcio é realizada por meio de uma operação de semeadura para cada espécie, as quais devem ser realizadas no menor intervalo de tempo possível, a fim de diminuir a possibilidade de ocorrência de chuva entre as duas operações de semeadura, e garantir a implantação das duas espécies. A semeadura da forrageira é realizada com semeadora de fluxo contínuo, equipada com dosadores de semente do tipo rotor acanalado, adaptado às sementes pequenas das forrageiras. O milho é semeado normalmente com a mesma semeadora utilizada para a semeadura da soja. Ambas as operações de semeadura são realizadas no mesmo sentido, devendo-se ter o cuidado para não sobrepor as linhas da cultura. A profundidade de semeadura do milho e da forrageira deve estar em torno de 4 cm. Esse método é outra opção que viabiliza o consórcio quando o milho é semeado em espaçamento reduzido (45-50 cm).

Para o controle químico de plantas daninhas na cultura do milho consorciado com forrageiras tropicais, o herbicida que apresenta seletividade para ambas as espécies é a atrazina. Este herbicida pode ser aplicado em doses de até 1500 g i.a ha⁻¹ (CECCON et al., 2010) quando o milho estiver com quatro a seis folhas e a forrageira no início do perfilhamento.

Sistemas diversificados/integrados de soja com pecuária - sistema Integração Lavoura-Pecuária (ILP)

Inserção da soja em integração com pastagens anuais de inverno em clima subtropical

Na região Sul do Brasil há, aproximadamente, 9 milhões de hectares não utilizados para a produção de grãos no período de outono/inverno. Parte dessa área é cultivada com culturas de cobertura do solo, principalmente aveia preta, contribuindo para o adequado manejo do SPD. Outra parte é cultivada com pastagens anuais de inverno, visando a produção de carne e/ou leite entre os meses de abril e setembro. Atualmente, há carência de dados sobre a área cultivada com pastagens anuais de inverno, mas percebe-se incremento expressivo da atividade nos últimos anos. Por fim, parte dos 9 milhões de hectares é mantida em pousio, gerando sérios problemas com infestação de plantas daninhas, erosão do solo, baixa fixação de carbono, reduzida ciclagem de nutrientes e, consequentemente, redução da qualidade do solo e das produtividades obtidas. Assim, há grande potencial de aumento de áreas com pastagens anuais de inverno no Sul do Brasil, combinadas, especialmente, com lavouras de soja e milho no verão.

Enfatiza-se que há várias espécies de pastagens anuais de inverno que apresentam adequado rendimento e qualidade e são adaptadas às condições edafoclimáticas do Sul do Brasil, como aveia preta, aveia branca, centeio, azevém e ervilhacas (BALBINOT JUNIOR et al., 2009). Nessa região, essas espécies fornecem alimento aos animais no período de maior escassez de forragem oriunda de campos naturais e de pastagens perenes melhoradas de verão (Figura 31).

Lavoura de verão	Pastagem de inverno	Lavoura de verão
Soja	Aveia preta	Soja
Milho	Aveia branca	Milho
Arroz	Azevém	Arroz
Feijão	Ervilhacas comum e peluda	Feijão
Jan. Fev. Mar. Abr. Maio Jun. Jul. Ago. Set. Out. Nov. Dez.		

Figura 31. Esquema representando os meses destinados ao cultivo de lavoura de verão, que devem ser rotacionadas nas diferentes safras e pastagem anual de inverno na região Sul do Brasil.

Uma vantagem relevante do cultivo de pastagens anuais de inverno em relação ao cultivo de trigo é a possibilidade de implantação das culturas de verão, inclusive a soja, na época mais adequada ao crescimento e desenvolvimento destas. Por outro lado, em regiões frias, com elevada altitude, o trigo geralmente é colhido na segunda quinzena de novembro, atrasando a semeadura das culturas de verão, principalmente a soja e o milho. Nesse caso, o cultivo do trigo não pode ser antecipado em função do risco de ocorrência de geadas na fase de florescimento, estresse que causa perdas expressivas na cultura. Esse fator tem estimulado o cultivo de pastagens anuais de inverno em detrimento do trigo.

Inserção da soja em integração com pastagens anuais no período seco, em clima tropical

Na região central do Brasil, as áreas cultivadas no período das chuvas são ocupadas principalmente com a cultura da soja. Após a colheita dessa oleaginosa, em algumas regiões são cultivados milho, sorgo, algodão, feijão comum e feijão caupi na segunda safra (Figura 32). Entretanto, em várias regiões, o período com adequada precipitação para culturas anuais não permite o cultivo dessas espécies em sucessão à soja. Nessas regiões, uma opção é o cultivo de espécies forrageiras, especialmente as braquiárias, notadamente *Urochloa brizantha* e *U. ruziziensis* (Figura 32). Nessa modalidade de ILP, é comum o cultivo das pastagens entre duas safras de soja, ou seja, de março a setembro, propiciando período de pastejo de 100 a 150 dias (Figura 33).

Em propriedades cujo foco é a agricultura, é comum o arrendamento das pastagens anuais de estação seca para pecuaristas, pois nessa época há baixa produção em pastagens perenes, em razão da baixa precipitação pluvial. Nessa circunstância, a ILP é uma estratégia importante para produção de pasto em alta quantidade e qualidade em momento de escassez forrageira. Ter alta disponibilidade de pasto novo, com adequados teores de proteína bruta e energia, em momentos de baixo suprimento de alimento se constitui em vantagem competitiva ao produtor. Em situação em que os animais são mantidos na propriedade

durante todo o ano, geralmente é mantida uma área com pastagem perene, que corresponde de 25 a 35% da área total cultivada, na qual os animais permanecem no período chuvoso – geralmente entre os meses de outubro e março.



Figura 32. Sorgo (*Sorghum bicolor*) (a), milheto (*Pennisetum americanum* (L)) (b) e *U. ruziziensis* (c) em pastejo no sistema ILP, cultivados em sucessão à soja na região Oeste da Bahia.

Lavoura de verão	Pastagem de inverno	Lavoura de verão
<i>Soja</i>	<i>Braquiária brizantha</i>	<i>Soja</i>
<i>Arroz</i>	<i>Braquiária ruziziensis</i>	<i>Arroz</i>
	<i>Milheto</i>	
Jan. Fev. Mar. Abr. Maio Jun. Jul. Ago. Set. Out. Nov. Dez.		

Figura 33. Esquema representando os meses destinados ao cultivo de lavouras na estação chuvosa, que devem ser rotacionadas entre as safras e pastagem de estação seca em regiões tropicais do Brasil.

Observa-se com frequência que quando as braquiárias são semeadas no final do período chuvoso há baixa produção de pasto, comprometendo o suprimento de forragem nos meses mais secos do ano. Por isso, o estabelecimento das forrageiras antes da colheita da soja é uma alternativa para assegurar adequada produção forrageira no período de menor disponibilidade hídrica. Uma prática que pode ser usada é o cultivo integrado entre a soja e as braquiárias, a fim de que haja o estabelecimento da forrageira antes da colheita da soja, sem provocar reduções na produtividade da oleaginosa. Uma alternativa é a semeadura a lanço de braquiária quando a soja está no final do período de enchimento de grãos (Figura 27). Essa operação pode ser feita com espalhador de giro – via terrestre - ou por avião agrícola. Todavia, quando há umidade deficiente, geralmente não há adequado estabelecimento da forragem, já que as sementes apresentam pouco contado com o solo. Portanto, essa técnica é indicada quando há previsão de chuvas após a semeadura da forrageira. Outra possibilidade é a semeadura do capim quando a soja possui de quatro a cinco trifólios, diminuindo a interferência da forrageira na soja, comparativamente à semeadura simultânea (FRANCHINI et al., 2014) (Figura 28). Nesse caso, se o crescimento inicial da forrageira for muito acelerado, pode-se optar em aplicar herbicidas graminicidas em baixas doses para suprimir o seu crescimento.

Inserção da soja em integração com pastagens perenes em clima tropical

No Brasil, grande parte das áreas de expansão da cultura da soja possui solos arenosos e altas temperaturas. Nessa circunstância, o cultivo contínuo de espécies agrícolas anuais promove redução acentuada nos teores de matéria orgânica do solo, diminuindo a estabilidade de produção em razão de veranicos associados com altas temperaturas.

Nesse ambiente de produção, uma modalidade de ILP que vem apresentando resultados satisfatórios é a utilização da área com pastagem perene por dois anos, geralmente formada com braquiária brizanta e, na sequência, dois anos com a cultura da soja. Nesse esquema, meta-

de da área cultivada da propriedade é ocupada com soja no verão e a outra metade com pastagem perene (Figura 34). No período entre duas safras de soja, a área pode ser cultivada com pastagem, geralmente formadas com milheto ou espécies de braquiária. Durante o período de menor disponibilidade de água, calor e radiação, toda a área cultivada da propriedade é ocupada com pastagem, propiciando adequado equilíbrio de disponibilidade de forragem durante o ano. Nesse esquema, a soja sempre é cultivada após a pastagem, seja conduzida por dois anos ou por seis meses. Ou seja, a cultura é semeada em uma condição adequada de solo e de palhada, já que a pastagem propicia vários benefícios ao solo, sobretudo os relacionados à estrutura e a ciclagem de nutrientes. Um cuidado importante é a dessecação antecipada das pastagens em relação à semeadura da soja, em geral de 15 a 30 dias, permitindo melhores condições para a semeadura e para o crescimento inicial das plantas de soja.

Ano 1

Lavoura de verão <i>Soja</i>		Pastagem de inverno <i>Braquiária brizantha</i> <i>Braquiária ruziziensis</i> <i>Milheto</i>		Lavoura de verão <i>Soja</i>							
Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.

Ano 2

Lavoura de verão <i>Soja</i>		Pastagem perene <i>Braquiária brizantha</i> <i>Panicum sp.</i>		Lavoura de verão <i>Soja</i>							
Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.

Ano 3

Pastagem perene <i>Braquiária brizantha</i> <i>Panicum sp.</i>		Lavoura de verão <i>Soja</i>									
Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.

Ano 4

Pastagem perene <i>Braquiária brizantha</i> <i>Panicum sp.</i>		Lavoura de verão <i>Soja</i>									
Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.

Figura 34. Esquema representando quatro anos da sequência de lavoura de soja, pastagem anual de estação seca e pastagem perene em regiões tropicais do Brasil.

Implantação e condução dos modelos de produção diversificados

Uma vez definidas as espécies vegetais e o seu arranjo no espaço e no tempo, a área da propriedade deve ser dividida em tantas partes quanto forem o número de anos de duração do ciclo do modelo de produção adotado. Assim, para um modelo de produção com ciclos de quatro anos, como os exemplos das Figuras 18, 23 e 29, a propriedade deve ser dividida em quatro partes com áreas similares. Dependendo do tamanho da propriedade, cada parte pode ser composta por um ou mais talhões. A implantação de um modelo de produção diversificado deve ser gradativa para não causar transtornos organizacionais ou econômicos ao produtor, tendo em vista que a diversificação de culturas aumenta o grau de complexidade das tarefas na propriedade.

É necessário considerar, ainda, que não basta apenas estabelecer a melhor sequência de culturas, dispondo-as nos diferentes talhões da propriedade. Na condução de todas as culturas que compõem o modelo de produção, o agricultor deve utilizar todas as demais tecnologias à sua disposição, como técnicas específicas para controle de erosão, calagem, adubação, qualidade e tratamento de sementes, época e densidade de semeadura, cultivares adaptadas, controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

Considerações finais

A diversificação de espécies vegetais é essencial para a sustentabilidade dos sistemas de produção, contribuindo para o aumento da produtividade e estabilidade da produção das culturas de grãos, bem como para a redução dos custos e dos impactos ambientais associados às atividades agrícolas. De maneira geral, os benefícios associados à adoção de modelos de produção diversificados são bem conhecidos pelos

produtores e técnicos, mas a priorização da rentabilidade de curto-prazo, aliada à compartmentalização das análises econômicas e financeiras por safra e cultura, quando deveriam ser realizadas levando-se em consideração o sistema de produção como um todo e um horizonte de tempo maior (visão sistêmica), têm levado à adoção de sistemas de sucessão de culturas pouco diversificados. Fatores como alto preço das *commodities* no mercado internacional, principalmente a soja, o elevado custo de oportunidade ou de arrendamento dos meios de produção, particularmente da terra, e a valorização excessiva da facilidade operacional, também têm contribuído de forma decisiva para a baixa diversificação dos sistemas de produção.

Diante disso, o grande desafio para a sustentabilidade dos sistemas de produção de soja envolve aumento da adoção de modelos de produção mais diversificados. Aumentar os esforços na pesquisa, desenvolvimento e transferência de conhecimentos em modelos de produção diversificados operacionalmente exequíveis e capazes de manter a rentabilidade de curto prazo, constitui-se na principal estratégia para o alcance deste objetivo. Neste contexto, a integração lavoura-pecuária, a consorciação de culturas em larga escala e a utilização das “janelas” de cultivo se constituem em estratégias para aumentar a diversificação de espécies vegetais, sem impactos na rentabilidade no curto prazo, mas com melhoria dos sistemas de produção a médio e longo prazos. Direcionar o foco para a diversificação durante o outono-inverno, quando não há concorrência por área com soja, também se constitui em um caminho para, aos poucos, incrementar a diversificação dos sistemas produtivos. Além disso, o desenvolvimento da visão sistêmica de todo o sistema de produção proporcionará aos produtores e técnicos o entendimento de que o maior benefício da diversificação está na redução dos custos e no aumento da produtividade e estabilidade produtiva das culturas econômicas principais.

Referências

- ALMEIDA, A. M. R.; TORRES, E.; FRANCHINI, J. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; DEBIASI, H.; FARIA, J. R. B.; COSTA, J. M.; SIMIONATO, A. A.; PELLIZZARO, E. C. Podridão de carvão (*Macrophomina phaseolina*). In: ALMEIDA, A.M.R.; SEIXAS, C.D.S. (Ed.) **Soja**: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura. Embrapa Soja: Londrina, 2010. p. 49-71.
- BALBINOT JUNIOR, A. A. MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1925-1933, 2009.
- CECCON, G.; MATOSO, A. O.; NETO, A. L.; PALOMBO, L. Uso de herbicidas no consórcio de milho safrinha com *Brachiaria ruziziensis*. **Planta Daninha**, v. 28, p. 359-364, 2010.
- CECCON, G.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Modalidades e métodos de implantação do consórcio milho-braquiária. In: CECCON, G. (Ed.). **Consórcio milho-braquiária**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 25-46.
- COSTAMILAN, L.M.; SOARES, R. M.; BERTAGNOLLI, P. F. Podridão radicular de fitóftora (*Phytophthora sojae*). In: ALMEIDA, A.M.R.; SEIXAS, C.D.S. (Ed.) **Soja**: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura. Embrapa Soja: Londrina, 2010. p. 73-104.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Sistemas de preparo do solo**: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 72 p. (Embrapa Soja. Documentos, 342).
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Desafios à caracterização de solo fértil em manejo e conservação do solo e da água. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo. **Fertilidade em solo... (re)emergindo sistêmica: resumos e palestras**. Passo

Fundo: Embrapa Trigo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2006. 8 p. 1 CD ROM.

DIANESE, A. C.; FARIAS NETO, A. L.; OLIVEIRA, P. R. P. M; ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. Podridão vermelha da raiz (*Fusarium* spp.). In: ALMEIDA, A.M.R.; SEIXAS, C.D.S. (Ed.) **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura.** Embrapa Soja: Londrina, 2010. p. 29-47.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality.** In: DORAN, J.W. et al. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.3-22.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M. da; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 2011. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S.O. Intercropping of soybean cultivars with *Urochloa*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, p.119-126, 2014.

GAUDÊNCIO, C. de A.; YORINORI, J. T.; GARCIA, A.; QUEIROZ, E. F. de. **Rotação de culturas com a soja no norte do Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 1986. 10 p. (Embrapa Soja. Pesquisa em Andamento, 10).

GÖRGEN, C. A.; HIKISHIMA, M.; SILVEIRA NETO, A. N.; CARNEIRO, L. C.; LOBO JUNIOR, M. Mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). In: ALMEIDA, A.M.R.; SEIXAS, C.D.S. (Ed.) **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura.** Embrapa Soja: Londrina, 2010. p. 73-104.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2005. 72 p. (Embrapa Soja. Documentos, 256).

MEDEIROS, G. B.; CALEGARI, A. **Rotação de culturas**. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y. R.; PASSINI, J. J. (Ed.). Sistema plantio direto com qualidade. Londrina: IAPAR; Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2006. p. 135-141.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212 p.

SILVA, M. T. B. Influência da rotação de culturas na infestação e danos causados por *Sternechus subsignatus* (Boheman) (Coleoptera:curculionidae) em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 26, p.1-5, 1996.

SINGER, M.J.; EWING, S. **Soil quality**. In: SUMNER, M.E. Handbook of soil science. Boca Raton: CRC, 2000. p.G271-G298.



Soja

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

