

# Integração Lavoura-Pecuária: Alternativa para diversificação e redução do impacto ambiental do sistema produtivo no Vale do Rio Xingu

## Introdução

A intensificação do uso da terra, integrando as atividades da agricultura e da pecuária, tem se mostrado como opção viável em diversas regiões principalmente nas áreas de fronteira agrícola da Amazônia Legal, particularmente no Mato Grosso. A diversificação das atividades permite a rotação de culturas com a soja, o arroz, o milho, o sorgo e o girassol e, ainda, melhor alimentação do gado durante o período seco da entressafra. A Embrapa vem desenvolvendo, desde 2006, projeto de transferência de tecnologia visando à aplicação de boas práticas agrícolas na cultura da soja e o desenvolvimento e adaptação de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) para as condições edafoclimáticas da região Nordeste do Mato Grosso. Em parceria, a Embrapa Soja e a Embrapa Arroz e Feijão têm atuado no projeto promovendo dias de campo e cursos de capacitação de técnicos e produtores. Até o momento foram realizados 6 cursos e 15 dias de campo em Nova Xavantinha, Canarana e Querência, onde foram abordados temas como o manejo integrado de pragas e doenças, manejo do solo e da fertilidade, e tecnologias de produção das culturas envolvidas no sistema, como a soja, o arroz e as pastagens. Os dias de campo têm sido realizados nas unidades de referência tecnológica (URTs) implantadas na região, as quais são constituídas por 5 módulos de 22 ha, que são ocupados, na estação chuvosa, com 40% de pecuária e 60% de agricultura, sendo 40% com soja e 20% com arroz. Na segunda safra, semeada em meados de fevereiro, são utilizados consórcios de milho, girassol, sorgo e milheto com diferentes espécies de brachiárias. Após a colheita das culturas de grãos, toda área é ocupada pela pecuária, ofertando alimento de boa qualidade para o gado durante a estação seca que se estende até setembro. O sistema tem atraído a atenção de produtores e ambientalistas por diversificar e intensificar o uso da terra, permitindo aumento de renda e da sustentabilidade do sistema produtivo, principalmente pela rotação de culturas e o maior aporte de matéria orgânica. Além de serem utilizadas para as atividades de transferência de tecnologia, o monitoramento das URTs durante os últimos três anos tem permitido observar as alterações induzidas pelo sistema de integração nas propriedades químicas e físicas do solo. Neste trabalho, são apresentados os resultados do

monitoramento do solo com o objetivo de demonstrar os benefícios do sistema de ILP para a qualidade do solo e para o entendimento da dinâmica dos nutrientes em relação aos sistemas agrícola e pecuário tradicionais. Os resultados obtidos até o momento indicam que a ILP permite aos produtores o aprimoramento das técnicas produtivas para atender a demanda por alimentos com sustentabilidade e respeito ao ambiente.



Logotipo do projeto de Transferência de Tecnologia em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta.

77

Circular  
TécnicaLondrina, PR  
Abril, 2010

### Autores

#### Julio Cezar Franchini

Engenheiro agrônomo, Dr.  
Embrapa Soja  
Cx. Postal 231  
86001-970, Londrina, PR  
franchin@cnpso.embrapa.br

#### Henrique Debiasi

Engenheiro agrônomo, Dr.  
Embrapa Soja  
Cx. Postal 231  
86001-970, Londrina, PR  
debiasi@cnpso.embrapa.br

#### Flavio Jesus Wruck

Engenheiro agrícola, M. Sci.  
Embrapa Arroz e Feijão  
Cx. Postal 179  
75375-000, Santo Antônio de  
Goiás, GO  
fjwruck@cnpaf.embrapa.br

#### Ladislau Araújo Skorupa

Engenheiro florestal, Dr.  
Embrapa Meio Ambiente  
Cx. Postal 69  
13820-000, Jaguariúna, SP  
skorupa@cnpma.embrapa.br

**Neuri Norberto Wink**

Empresário rural  
Fazenda Certeza  
78643-000, Querência, MT

**Irio José Guisolphi**

Técnico agropecuário  
Plantagro Assessoria  
Agronômica Ltda  
Caixa Postal 001  
78643-000, Querência, MT  
caumoguisolphi@yahoo.com.br

**Adão Lari Caumo**

Engenheiro agrônomo  
Plantagro Assessoria  
Agronômica Ltda  
Caixa Postal 001  
78643-000, Querência, MT  
caumoguisolphi@yahoo.com.br

**Tatiane Hatori**

Engenheira agrônoma  
Tec Grãos Consultoria  
Agronômica Ltda  
Avenida Central, s/n  
78643-000, Querência, MT  
tecgraos@tecgraos.com.br

## Caracterização do meio físico e do sistema produtivo atual no Vale do Rio Xingu

Os resultados apresentados foram obtidos na URT implantada no município de Querência, localizado na região Nordeste do Estado do Mato Grosso, a latitude 12°35'48" sul e longitude 52°11'48" oeste, e altitude média de 350 metros (Figura 1). O município possui área total aproximada de 18 mil km<sup>2</sup> contendo, dentro de seus limites, parte da Reserva Indígena do Xingu e uma extensa área sob vegetação natural. A cobertura vegetal é composta de 15% de cerrados, 70% de matas de transição e 10% de florestas tropicais que fazem parte da Amazônia Legal (Empaer, 1996). O principal solo da região é o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico associado a Areias Quartzosas e a Latossolo Vermelho-Escuro distrófico e álico. Esses solos são de baixa fertilidade natural e alta saturação de alumínio tóxico às plantas (Embrapa, 1999). A precipitação média anual é de aproximadamente 1810 mm, com os extremos variando entre 1600 e 2200 mm anuais (Corrêa, 2000). As chuvas concentram-se no período de outubro a abril, com 75% de ocorrência entre os meses de novembro a março. Nos períodos secos do ano, compreendendo os meses de maio a setembro, as precipitações acumuladas não ultrapassam os 60 mm.

A população total do município, em 2007, era de 10.621 habitantes, sendo 46% concentrada na área urbana (IBGE, 2010a). As principais atividades econômicas do município são a agricultura (arroz e soja) e a pecuária. Considerando a safra 2006/07, Querência produziu 449,5 mil toneladas de soja em uma área plantada de 145 mil ha (IBGE, 2010b). Esses números fazem de Querência o décimo oitavo entre os municípios brasileiros em relação à área plantada com soja, e o décimo quinto em termos de quantidade total de soja produzida. A produtividade média de soja em Querência, na safra 2006/07, correspondeu a 3100 kg/ha, uma das mais elevadas do país (IBGE, 2010b). Isso indica que as condições para a produção de soja na região são favoráveis. Por outro lado, a cultura do



**Figura 1.** Imagem de satélite mostrando ao centro a Bacia do Rio Xingu. O município de Querência encontra-se no terço superior direito da imagem. Observa-se o avanço das áreas desmatadas ao redor da Reserva Indígena do Xingu.

Fonte: ESA, 2007.

arroz ocupa uma área menos expressiva, restringindo-se quase que totalmente às áreas de primeiro ou segundo cultivo após a derrubada da mata. Na safra 2006/07, a quantidade total de arroz produzida em Querência foi de 34,5 mil toneladas, em uma área plantada de 15 mil ha, o que resultou em uma produtividade média de 2300 kg/ha (IBGE, 2010b). Considerando a redução na abertura de novas áreas, o sistema de produção para o arroz necessariamente precisa ser adaptado para o cultivo em áreas consolidadas e no sistema de plantio direto (SPD).

A colonização e, conseqüentemente, a exploração agrícola e pecuária em Querência, iniciou-se a partir de 1985 (Corrêa, 2002). As operações de desmatamento das áreas foram realizadas através de correntão puxado por dois tratores de esteiras. Após o desmatamento, segue-se a limpeza da área, pela queima da vegetação derrubada, destocamento, enleiramento e catação mecanizada de raízes. O preparo da área para o primeiro cultivo (arroz, Figura 2) é feito com grade aradora pesada, de discos recortados de 30 polegadas, que trituram e incorporam os restos vegetais.

Durante muitos anos, até o fim da década de 90, o uso da grade aradora como implemento para o preparo do solo em áreas de produção de soja em Querência era praticamente generalizado (Corrêa, 2000). O principal motivo que levou os produtores à utilização massiva da grade aradora envolve a maior capacidade operacional desse implemento quando comparado a outras opções, como arados e escarificadores. Os discos da

grade aradora se aprofundam no solo pela ação de seu peso, cortando fatias estreitas de solo que são deslocadas para o lado, promovendo sua desagregação em intensidade superior à ocasionada por outros equipamentos. Contudo, a profundidade de trabalho da grade aradora é relativamente pequena, dificilmente ultrapassando os 15 cm. As características de operação da grade aradora, associadas ao seu uso intensivo durante muitos anos, fizeram com que problemas relacionados à compactação subsuperficial fossem detectados em várias propriedades da região (Corrêa, 2000). Essas camadas compactadas reduzem a disponibilidade de água e nutrientes às plantas, devido ao aumento da resistência do solo à penetração das raízes e à redução do volume de solo explorado. A pulverização excessiva da superfície do solo, associada à formação de uma camada compactada subsuperficial, torna o solo suscetível a perdas de solo e água por erosão hídrica. Além disso, o preparo com grade aradora aumenta a decomposição da matéria orgânica, acelerando o processo de degradação do solo.

Recentemente a área manejada sob o SPD em Querência vem aumentando. Entretanto, o sistema de manejo do solo e das culturas utilizado pela maioria dos produtores de soja da região não está em concordância com as premissas básicas relacionadas à sustentabilidade do SPD, que são a rotação de culturas, o mínimo revolvimento e a manutenção da superfície do solo permanentemente coberta. O sistema produtivo na região de Querência é caracterizado pela sucessão milho/soja. Nesse sistema, o milho é semeado a longo logo após a colheita da soja, sendo as sementes incorporadas com grade niveladora. Na maioria dos anos, o volume de chuvas durante o período de desenvolvimento é suficiente para que o milho atinja a fase reprodutiva e produza sementes. No final da estação seca (setembro), é feita mais uma gradagem leve, para incorporar as sementes do milho no solo. Com isso, o milho se estabelece no início da estação chuvosa para a produção de palha para a semeadura direta da soja.

O cultivo do milho antes e depois da soja representa um avanço em relação ao pousio, que ainda é praticado em algumas propriedades (Figura 3). No entanto, por ser uma espécie anual semeada no final e/ou início da estação chuvosa,



**Figura 2.** Cultura do arroz na região Nordeste do Mato Grosso. Tradicionalmente, a cultura é utilizada na abertura das áreas nos dois primeiros anos. Querência, MT, 02/02/2007.



a produção de massa seca da parte aérea e raízes do milho é limitada, principalmente quando comparado ao potencial apresentado por espécies forrageiras perenes tropicais, como as pertencentes ao gênero *Brachiaria* spp. e *Panicum* spp.



**Figura 3.** Cobertura do solo no final da estação seca em área mantida sob pousio. Somente a palhada da soja é insuficiente para fornecer boa cobertura do solo para um sistema de plantio direto com qualidade. Querência, 06/09/2007.

Além disso, o sistema milho/soja tem implicado no uso da grade niveladora para incorporação das sementes (Figura 4). Embora o revolvimento do solo seja apenas superficial, ele é suficiente para incorporar os resíduos vegetais e fracionar os agregados maiores em unidades menores, diminuindo os macroporos e aumentando os microporos e a densidade do solo. Da mesma forma, o uso da grade niveladora tende a reduzir os teores de matéria orgânica do solo. Isso ocorre devido exposição da matéria orgânica fisicamente protegida no interior dos agregados ao ataque microbiano. Além disso, a incorporação dos resíduos pela grade niveladora, mesmo que de maneira parcial, aumenta o contato com o solo, o que, em conjunto com a maior aeração resultante do revolvimento da camada superficial do solo, acelera o processo de decomposição da palha. Outro problema relacionado ao uso da grade niveladora refere-se ao aumento da susceptibilidade do solo ao processo de erosão hídrica, devido à eliminação da camada de resíduos que o protege contra o impacto direto das gotas de chuva.

Algumas alternativas ao uso da grade niveladora para manejo do milho têm sido desenvolvidas com sucesso por produtores na região, como o uso do correntão (Figura 5) ou de uma peça de madeira (Figura 6) para incorporação ou liberação das sementes das panículas.



**Figura 4.** Operações com grade niveladora durante o ciclo de produção da soja. A primeira operação é realizada em meados de março para a incorporação das sementes de milho semeadas a lanço após a colheita da soja (foto acima). A segunda operação é realizada em meados de setembro para liberação das sementes das panículas, incorporação no solo e germinação após as primeiras chuvas (foto abaixo). Querência, 28/03/2007 e 02/09/2007.



**Figura 5.** Manejo alternativo da palhada para incorporação das sementes de milho usando o correntão. Observar à esquerda e à frente o aspecto da *Brachiaria ruziziensis* ainda verde mesmo após o período seco e o milho já seco na área trabalhada com o correntão. Propriedade de Claudir Signorini, Canarana, 06/09/2007.



**Figura 6.** Manejo alternativo da palhada para derrubada das sementes de milho usando uma peça de madeira. Fazenda Certeza, Querência, 05/08/2009.

A pecuária é a segunda atividade mais importante na região. Segundo levantamento realizado em 2008, Querência conta com um rebanho bovino de aproximadamente 205 mil cabeças (IBGE, 2010c). De maneira similar a outras regiões do Brasil, a pecuária é extensiva, com baixo nível tecnológico e se utiliza de pastagens com algum grau de degradação. Ainda é comum a queima das pastagens durante a estação seca como forma de renovar as pastagens. Os incêndios nas pastagens muitas vezes fogem ao controle atingindo grandes proporções, expandindo-se para áreas de preservação (Figura 7). Para a abertura das áreas para a pecuária, a prática mais utilizada até recentemente era a queima da mata e a semeadura de brachiária manualmente ou de avião.

Outra característica da região que tem grande impacto sobre os sistemas produtivos é a ausência de um sistema viário adequado para recebimento de insumos e escoamento dos produtos. A partir de Querência, percorre-se 50 km até Ribeirão Cascalheira ou 120 km até Canarana por estradas de terra que, muitas vezes, têm a sua conservação comprometida pelas chuvas torrenciais durante



**Figura 7.** Queimada em área de pastagem durante a estação seca. Querência, 31/08/2007.

a estação chuvosa. A partir desses locais, segue-se via estrada asfaltada por no mínimo mais 600 km, até alcançar os centros distribuidores. Essa situação tem grande contribuição para a diminuição da renda e aumento no custo de produção, afetando a capacidade de investimento do produtor em melhorias do sistema produtivo.

Com o objetivo de buscar alternativas para a diversificação das atividades e redução do impacto ambiental do atual uso da terra no Vale do Rio Xingu, a Embrapa, juntamente com os parceiros locais, passou a desenvolver, a partir de 2006, um projeto integrado visando validação e transferência de tecnologias para a produção sustentável de soja e manejo de pastagens em sistemas de ILP.

O projeto apresentou os seguintes objetivos específicos: i) levantamento das experiências locais; ii) identificação de áreas favoráveis e instalação de unidades demonstrativas; iii) realização de cursos e dias de campo para capacitar técnicos e agricultores da região em SPD, manejo integrado de pragas, otimização do uso de agroquímicos, manejo de pastagens e ILP.

A ILP foi adotada como a estratégia técnica mais adequada para o desenvolvimento do projeto por aliar a mudança do sistema de uso da terra, por meio da integração sinérgica dos componentes do sistema produtivo, à elevação dos níveis de qualidade dos produtos, da qualidade ambiental e da competitividade.

Apesar do grande potencial regional de aumento da produção agrícola e pecuária através da abertura de novas áreas, visando atender à

demanda crescente de alimentos, essa é uma opção muito questionada pela sociedade em geral, em virtude do impacto ambiental associado. Nesse contexto, o aumento da produção por meio da intensificação do uso da terra em áreas consolidadas, constitui uma das alternativas mais bem aceitas para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. No entanto, é importante ressaltar que a intensificação do sistema produtivo deve ser baseada no uso racional de insumos e no aumento da eficiência produtiva através do uso de tecnologia economicamente viável.

A viabilidade econômica da ILP está vinculada a alguns fundamentos básicos: (i) intensificação do uso da terra, da infraestrutura, da mão-de-obra e de equipamentos; (ii) sinergia entre as atividades produtivas, com melhor aproveitamento de resíduos agrícolas, promoção da fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas e da reciclagem de nutrientes; (iii) diversificação dos produtos; (iv) redução de custo pelo melhor aproveitamento da estrutura e redução no uso de insumos; (v) aumento de lucro devido à redução de custos e aumento da receita; e (vi) dinamização de vários setores da economia, principalmente no âmbito regional (Embrapa, 2010)

Dessa forma, a ILP pode ser definida como uma estratégia de produção sustentável, que integra atividades agrícolas e pecuárias, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, buscando efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica (Embrapa, 2010).

## **Concepção, adaptação e desenvolvimento da unidade de referência em Integração Lavoura-Pecuária**

Para atingir os objetivos do projeto um grupo de pesquisadores e técnicos locais realizaram diversas visitas técnicas a Fazendas da região de Querência. As visitas permitiram conhecer melhor a realidade da região e as experiências locais voltadas a diversificação das atividades de produção agropecuária. A partir das visitas técnicas, a Fazenda Certeza foi selecionada para o estabelecimento da URT em ILP na região. A

Fazenda Certeza apresentou várias características interessantes para o desenvolvimento do projeto: (i) receptividade do proprietário à proposta de trabalho; (ii) liderança natural do proprietário e capacidade para atuar como irradiador da filosofia do sistema para seus pares; (iii) desenvolvimento na propriedade das atividades agrícola e pecuária, embora não de forma integrada; (iv) a propriedade apresentava um histórico típico de abertura e exploração para a região, com áreas abertas em diferentes épocas e com áreas sob vegetação natural, que atuavam como referência para a detecção de possíveis alterações na qualidade do sistema produtivo.

Em março de 2007, foi selecionado um talhão homogêneo em relação à topografia, situado na latitude 12°35'48" sul e longitude 52°11'48" oeste, com altitude média de 350 metros e possibilidade do fornecimento de água para os animais por gravidade, para a implantação da URT. O talhão havia sido desmatado em 1996, cultivado por dois anos com arroz e, posteriormente, com o sistema tradicional constituído pela sucessão milho/soja nos últimos nove anos.

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (SILP) foi definido em consenso com o produtor-parceiro, de acordo com seus anseios e condições socioeconômicas, além das características edafoclimáticas da propriedade. O SILP foi constituído, no componente agrícola, pelas culturas da soja e arroz na safra e pelos consórcios de milho, de milho, de sorgo pastejo e de girassol com forrageiras do gênero *Brachiaria* spp na segunda safra. O componente pecuário foi formado pela pecuária bovina de corte nas fases de recria, engorda e terminação. O sistema, fundamentado na diversificação das fontes de renda, na rotação de culturas, nos consórcios culturais, no SPD, nas boas práticas culturais e na otimização dos recursos naturais da propriedade rural, foi implantado numa área de 110 hectares, dividida em cinco partes iguais (módulos).

Cada módulo de 22 ha, no período da safra (de outubro a meados de fevereiro do ano subsequente), era submetido a um esquema de rotação de culturas de cinco anos, como segue: soja precoce no 1º ano, arroz precoce no 2º ano, soja precoce no 3º ano, pasto (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu e/ou Piatã) no 4º e no 5º anos. Nos



períodos de segunda safra (meados de fevereiro a maio) e de entressafra (junho a setembro), a área era ocupada pelos consórcios, implantados no Sistema Santa Fé, de acordo com a cultura de segunda safra. Assim, depois de soja no 1º ano, sucedia consórcio de milho com *Brachiaria ruziziensis*; depois de arroz no 2º ano, sucedia consórcio de sorgo pastejo com *Brachiaria ruziziensis*; depois de soja no 3º ano, sucedia consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e/ou Piatã; depois do pasto no 4º ano, permanecia pasto, e; depois do pasto no 5º ano, permanecia pasto. No momento da implantação do sistema, cada um dos cinco módulos entrou numa fase do esquema de rotação (defasada do módulo subsequente) de forma que na estação chuvosa, a área contemplava sempre dois módulos com soja (40%), um módulo com arroz (20%) e dois módulos com pasto (40%), perfazendo 60% da área com lavoura e 40% com pecuária. Já na segunda safra, após a colheita do milho, o sistema era 100% pecuária. Na URT vem sendo utilizada, em média, uma lotação de 2 e 6 unidades animal (UA)/ha [unidade animal = 450 kg de peso

vivo (PV)], durante a estação seca e chuvosa, respectivamente. Como este sistema se caracteriza, também, por seu dinamismo e flexibilidade, algumas culturas foram retiradas e outras inseridas no sistema ao longo da sua condução, de acordo com as informações que foram sendo geradas durante o desenvolvimento do SILP.

A implantação e condução do SILP contemplaram a sequência de culturas, consórcios e pastagens, em cada módulo da URT, em função dos anos agrícolas, conforme a Tabela 1.

No ano de implantação do SILP, onde se deveria implantar forrageira para pastagem no módulo 2 e permanecer por apenas um ano, por razões econômicas, foi implantado soja precoce na safra e consórcio de milho com *B. ruziziensis* na segunda safra. Ainda no ano da implantação, as *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Piatã foram consorciadas com a leguminosa Estilosantes Campo Grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) no módulo 5 (Figura 8).

**Tabela 1.** Módulos da URT em ILP na Fazenda Certeza em Querência, Mato Grosso.

Safra	Módulos				
	1	2	3	4	5
2007/2008	Soja	Soja	Soja	Arroz (plantio direto)	Milheto + <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cv. Piatã + Estilosantes
2008	Girassol + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	Milho + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	Milho + <i>Brachiaria Ruziziensis</i>	Sorgo + <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cv. Piatã	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu cv. Piatã
2008/2009	Arroz (Preparo convencional)	Soja	Soja	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e cv. Piatã	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e cv. Piatã
2009	Milheto + <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatã	Milho + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	Milheto + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e cv. Piatã	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e cv. Piatã
2009/2010	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatã	Soja	Arroz (Plantio direto)	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e cv. Piatã	Soja
2010	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatã	Milho + <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatã	Sorgo + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu e cv. Piatã	Milheto + <i>Brachiaria ruziziensis</i>
2010/2011	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatã	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Piatã	Soja	Soja	Arroz (Plantio direto)



**Figura 8.** Módulo 5 da URT com *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. A pastagem é implantada em consórcio com milho. Com o pastejo da área o milho é preferencialmente consumido pelos animais. Fazenda Certeza, Querência, 26/01/2008.

Desde a implantação do SILP, toda área da URT vem sendo cultivada no SPD, exceto o módulo 1 no ano agrícola 2008/09, onde o arroz foi cultivado no sistema de plantio convencional, com a primeira gradagem aradora no final de junho/2008 e a segunda em outubro/2008, seguida de duas gradagens niveladoras.

Com relação ao consórcio milho + *Brachiaria ruziziensis* (Figura 9), a semeadura das culturas foi realizada em duas operações. Primeiramente, semeou-se a brachiária, sem aplicação de fertilizantes, utilizando-se uma semeadora de fluxo contínuo (a mesma empregada para a semeadura do arroz). Utilizou-se 5 kg/ha de sementes puras viáveis distribuídas em linhas espaçadas por 20 cm. Imediatamente após a implantação da forrageira, procedeu-se a semeadura do milho no espaçamento de 90 cm entre linhas, seguindo as recomendações técnicas de adubação e população para a região. Para favorecer o estabelecimento e o desenvolvimento da brachiária e seu aproveitamento como pastagem, não foi usada supressão com herbicidas para diminuir a competição com o milho.

O consórcio de sorgo ou milho + *Brachiaria brizantha* ou *Brachiaria ruziziensis* (Figura 10) foi implantado em uma única operação, com a semeadora empregada para o arroz (semeadora de fluxo contínuo). As sementes foram misturadas na proporção de 5 kg/ha de sementes puras viáveis para a brachiária e 25 kg/ha para o milho ou 15 kg/ha para o sorgo. O objetivo do consórcio de sorgo ou milho + brachiária é aumentar o período de utilização da pastagem durante a



**Figura 9.** Módulo 2 da URT com o consórcio entre milho e *Brachiaria ruziziensis*. Fazenda Certeza, Querência, 01/04/2009.



**Figura 10.** Módulo 3 da URT com o consórcio entre milho e *Brachiaria ruziziensis*. Fazenda Certeza, Querência, 05/08/2009.

estação seca. O sorgo ou milho apresentam crescimento inicial mais rápido do que a brachiária, permitindo antecipar a entrada dos animais na pastagem. Por outro lado, as brachiárias, por serem espécies perenes, rústicas e dotadas de um sistema radicular bastante agressivo e profundo, capaz de tolerar longos períodos de déficit hídrico quando implantada em áreas quimicamente recuperadas como as utilizadas para a produção de soja, permanece em condições de ser pastejada mesmo no auge da estação seca.

Em 2007/08 (módulo 5) e 2008 (módulo 4), empregou-se duas cultivares de *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho e o sorgo: Marandu e Piatã (Tabela 1). Nesses casos, cada cultivar ocupou metade da área do módulo, com o objetivo de comparar o desempenho das mesmas dentro do sistema. A Piatã apresentou algumas vantagens em relação à Marandu, sendo escolhida a partir de 2009 para compor os módulos de pastagem permanente (Tabela 1). Dentre as



vantagens observou-se a preferência dos animais pela *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, evidenciando que essa cultivar apresentou maior palatabilidade. Outra vantagem foi a arquitetura de planta que favorece a sua utilização em sistemas de ILP (formação de touceiras menores, o que facilita a dessecação e, em sequência, a semeadura direta da cultura de grãos).

Para caracterização do processo de formação da área agrícola da Fazenda Certeza, paralelamente às atividades desenvolvidas na URT, foram selecionadas cinco áreas com diferentes tempos de abertura. Essas áreas foram amostradas, em setembro de 2007, com o objetivo de determinar alguns atributos químicos e físicos do solo. A área 1 foi desmatada em 1991, tendo, portanto, no momento da amostragem, 16 anos desde a abertura; a área 2 foi desmatada em 1996 (11 anos desde a abertura); a área 3 foi desmatada em 1998 (9 anos desde a abertura); a área 4 foi desmatada em 2004 (3 anos desde a abertura); e a área 5 era composta por vegetação de mata natural de transição de cerrado para floresta tropical, e foi utilizada como referência. Em todas as áreas cultivadas, a mata natural foi derrubada com correntão e queimada. Em seguida, essas áreas foram limpas por destoca mecânica, enleiramento, e catação mecanizada das raízes. Em todas as áreas o solo foi preparado com grade aradora e grade niveladora, sendo realizado o plantio de arroz nos dois primeiros anos. A partir do terceiro ano, foi adotado o sistema de semeadura direta de soja no verão e a semeadura de milho a lanço com incorporação das sementes com grade niveladora. Todos os anos, em setembro, a grade niveladora foi novamente passada na área para que as sementes de milho contidas nas panículas fossem incorporadas ao solo para a germinação nas primeiras chuvas a partir de setembro (Figura 4).

Em setembro de 2007, foram coletadas em transectos de 100 m de comprimento, nas profundidades de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 40, 40 a 60 e 60 a 80 cm, amostras de solo indeformadas (cilindro de aço inox de 100 cm<sup>3</sup>), em cinco pontos equidistantes de cada área selecionada. Essas amostras foram utilizadas para a determinação da densidade, da porosidade total, da macroporosidade e da microporosidade do solo, seguindo metodologia descrita em Embrapa (1997). Nos mesmos pontos, foram coletadas

amostras de solo para a análise química e granulométrica. As amostras foram compostas por quatro subamostras coletadas em cada uma das quatro paredes de trincheiras com 100 x 100 x 80 cm de largura, comprimento e profundidade, respectivamente. As amostras foram analisadas conforme Embrapa (1997).

Em outubro de 2008, a fertilidade do solo foi avaliada nos módulos ocupados pela agricultura, sendo um módulo cultivado com arroz e os outros dois cultivados com soja. Nesta ocasião, foram coletadas 22 amostras deformadas de solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade. A amostragem foi realizada seguindo os princípios da agricultura de precisão, de modo que a área dos três módulos foi dividida em grades de 3 ha. Dentro de cada grade, foram coletadas aleatoriamente 6 subamostras de solo. As amostras foram analisadas segundo os procedimentos descritos anteriormente.

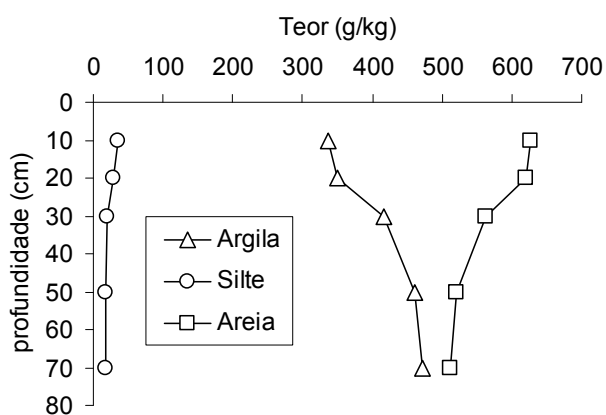
Em dezembro/2008, a qualidade física do solo foi avaliada em três dos cinco módulos que compõem o sistema: pastagem de *Brachiaria brizantha* de 1º ano; pastagem de *B. brizantha* de 2º ano; e soja (nove cultivos sucessivos). Utilizou-se como indicador de qualidade física a resistência do solo à penetração (RP), que foi determinada até 60 cm de profundidade, empregando-se o penetrômetro de impacto descrito por Stolf et al. (1983). Em cada tratamento, as leituras foram realizadas sobre cinco transectos dispostos transversalmente às linhas de semeadura, cada um medindo dois metros de comprimento. O espaçamento entre cada leitura de RP num mesmo transecto foi de 10 cm. Para estimar o conteúdo de água do solo (em base gravimétrica), coletou-se duas amostras junto a cada transecto, uma na camada de 0 a 10 cm e outra na de 10 a 20 cm.

Em agosto de 2009, a fertilidade do solo foi novamente avaliada, desta vez nos cinco módulos que compõem o sistema de ILP estudado. Foram coletadas 46 amostras deformadas de solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade. A amostragem foi realizada seguindo os princípios da agricultura de precisão utilizando uma grade de amostragem de 2,5 ha, com 6 subamostras coletadas aleatoriamente dentro de cada grade. As amostras foram analisadas segundo os procedimentos descritos anteriormente.

## Resultados

### Alterações na fertilidade e na física do solo durante a formação da Fazenda Certeza

Os valores médios da análise granulométrica das diferentes áreas dentro da Fazenda Certeza mostram que, nas camadas até 20 cm de profundidade, o teor de argila era de aproximadamente 350 g/kg, caracterizando um solo de textura média. Com o aumento da profundidade ocorre um aumento gradual no teor de argila, atingindo valores próximos a 500 g/kg na camada de 70 a 80 cm de profundidade (Figura 11).

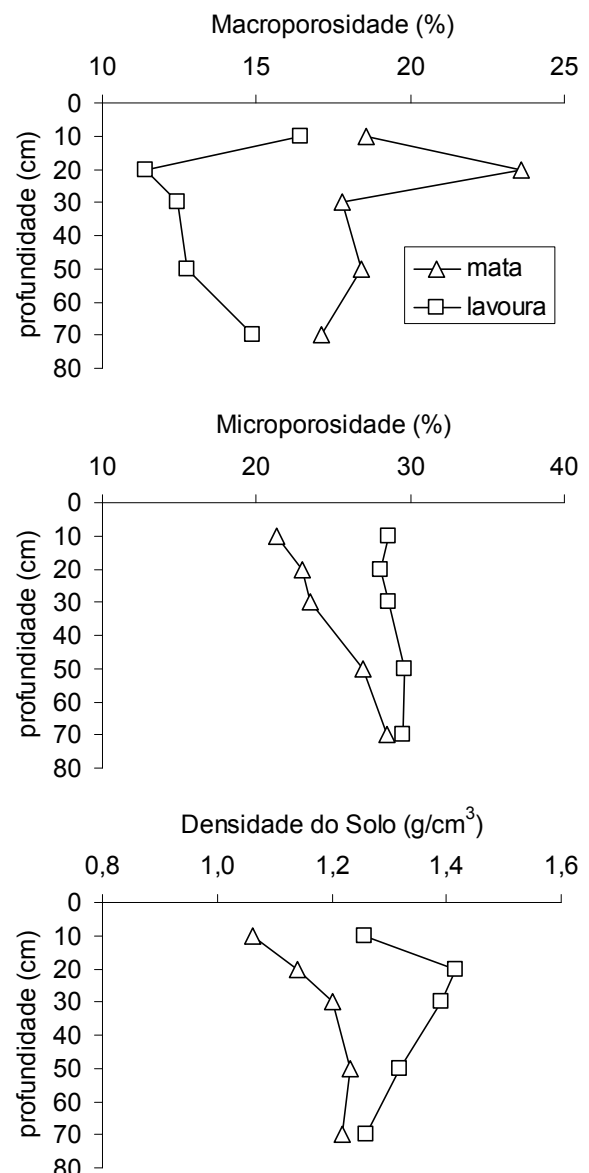


**Figura 11.** Teores médios de areia, silte e argila, em diferentes camadas de solo. Fazenda Certeza, em Querência, 01/09/2007.

Em relação às características físicas do solo após a abertura das áreas para o uso agrícola, observa-se que, independentemente do tempo de abertura e da camada considerada, houve redução da macroporosidade e aumento da microporosidade e da densidade do solo nas áreas agrícolas em relação à área de vegetação natural (Figura 12). Verifica-se também que o acréscimo de densidade do solo, assim como a redução no volume de macroporos, foi mais pronunciado na camada de 10 a 20 cm de profundidade, o que normalmente ocorre devido a essa camada concentrar a pressão transferida pelo tráfego de máquinas na superfície do solo (Genro Junior et al., 2004).

Além das pressões aplicadas pelo tráfego de máquinas e da desagregação do solo provocada pelas operações de preparo, o maior grau de compactação do solo observado nas áreas cultivadas comparativamente à área sob vegetação natural pode ser atribuído à redução nos teores de carbono orgânico do solo ocasionada pelo seu uso agrícola, o que é comprovado pelos

dados apresentados na Figura 13. De acordo com essa Figura, verifica-se que, com o aumento do tempo de abertura da área, houve uma redução no teor de carbono orgânico no solo. Esse efeito foi observado com maior intensidade até 20 cm de profundidade, exatamente a camada de solo mais influenciada pelas operações de preparo do solo. A perda mais expressiva ocorreu na camada de 0 a 10 cm de profundidade, principalmente porque nessa camada está concentrada a maior quantidade de material orgânico na condição de mata (área 5).

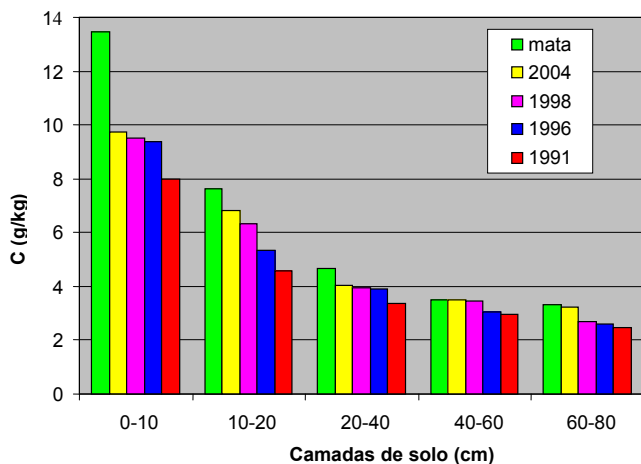


**Figura 12.** Comparações entre os valores médios de atributos físicos do solo nas áreas de lavoura em relação à área sob vegetação natural (mata). Fazenda Certeza, Querência, 01/09/2007.

O aumento da densidade do solo em função da redução do teor de carbono orgânico pode ser associado a dois fatores principais. A diminuição

do teor de carbono orgânico afeta de modo negativo a estrutura do solo, desestabilizando os agregados, especialmente os de maior tamanho (Corrêa, 2002), resultando assim numa diminuição do volume de poros, especialmente os de maior tamanho. Da mesma forma, o carbono orgânico aumenta a resistência do solo à compactação em resposta à aplicação de pressões pelo tráfego de máquinas, devido à elasticidade dos compostos orgânicos e a maior resistência dos agregados à deformação.

É importante considerar ainda que o carbono orgânico estimula a atividade biológica do solo, o que favorece a sua estruturação e resulta na formação de bioporos. Além dos efeitos positivos sobre a estrutura do solo, o carbono orgânico exerce importante papel no aumento da capacidade de troca de cátions do solo e na complexação de elementos tóxicos, bem como favorece a atividade, abundância e diversidade biológica do solo. Diante disso, a redução nos teores de carbono orgânico, conforme observado na Figura 13, indicam uma redução na capacidade produtiva do solo ao longo do tempo.



**Figura 13.** Teores de carbono orgânico no solo em áreas com diferentes tempos de abertura. Fazenda Certeza, Querência, 01/09/2007.

A diminuição do teor de carbono orgânico do solo quando da incorporação de áreas sob vegetação natural ao processo de produção agropecuário já era esperado, uma vez que a retirada da vegetação natural, associada ao preparo do solo para retirada das raízes e adequação para o plantio, acelera o processo de decomposição da matéria orgânica do solo. Ainda influenciam o processo, a mudança das espécies vegetais, a desagregação do solo, a melhoria na fertilidade do solo e o aumento do aporte de N no sistema produtivo, tanto o N

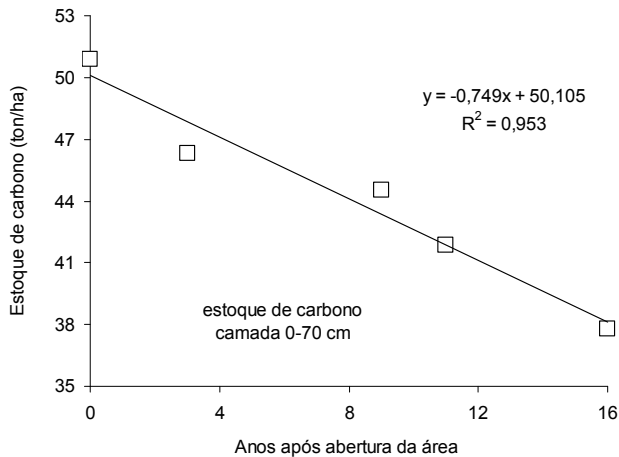
inorgânico aplicado como fertilizante como o N residual biologicamente fixado pela cultura da soja.

De forma geral, as espécies florestais apresentam em torno de 60% de sua biomassa dentro do solo, enquanto que, em espécies anuais, esse valor corresponde a apenas 15 a 20%. Um dos principais processos que estabilizam o carbono orgânico do solo é a proteção física proporcionada pelos agregados de solo (Barreto et al., 2009). Nesse sentido, o revolvimento do solo, mesmo quando realizado em baixa intensidade, como no caso de uma gradagem leve, provoca o rompimento dos agregados, expondo os compostos orgânicos à ação dos micro-organismos do solo, o que acelera a sua decomposição. Da mesma forma, em áreas sob cultivo, o N aplicado via fertilizantes ou biologicamente fixado aumenta a atividade dos micro-organismos de solo, o que aumenta a taxa de decomposição da matéria orgânica. Diante do que foi exposto anteriormente, pode-se inferir que a mudança de uso do solo diminui a quantidade de biomassa vegetal introduzida no solo e estabelece condições mais favoráveis aos processos de decomposição dos resíduos orgânicos produzidos no sistema agrícola.

Levando-se em consideração a densidade do solo e o teor de carbono orgânico, foram calculadas as quantidades de carbono orgânico armazenadas no solo até 70 cm de profundidade (Figura 14). No solo de mata, a quantidade de carbono armazenada, foi de aproximadamente 51 t/ha. Essa quantidade foi sendo reduzida gradualmente com o passar do tempo desde a abertura das áreas, até atingir um valor aproximado de 39 toneladas após 16 anos de cultivo, o que representa uma perda de 23,5 % do estoque inicial. A inclinação da reta ajustada indica que, desde a abertura das áreas, vem ocorrendo uma perda média de 750 kg de carbono/ha/ano, equivalendo a 1,5% do estoque de carbono na camada de 0 a 70 cm de profundidade.

Para a preservação dos níveis atuais de carbono, assumindo que a matéria orgânica tenha em média 40% de C, seria necessária a produção aproximada de 1800 kg de matéria orgânica estabilizada a cada ano. Durante o período de um ano, de todo o material orgânico produzido, numa estimativa bastante otimista, não mais do que 10% desse material é incorporado à matéria orgânica do solo. Nessas condições, para manter o estoque atual de carbono, seria necessária a produção





**Figura 14.** Evolução dos estoques de carbono orgânico em função do tempo de abertura das áreas. O estoque de C foi calculado a partir do teor no solo em g/kg x densidade do solo em g/cm<sup>3</sup> x espessura da camada de solo em cm. A área de mata nativa foi considerada como referência. Fazenda Certeza, Querência, 01/09/2007.

de aproximadamente 18 toneladas de material orgânico por ha/ano. Apesar de essa estimativa ter sido realizada de forma aproximada, ela indica que a quantidade de material orgânico produzido anualmente no sistema, desde a abertura das áreas, proporcionado principalmente pela palhada do arroz nos primeiros anos e a palhada da soja e do milho nos anos seguintes, tem sido inferior à quantidade de carbono liberada no sistema. Essa perda gradual de carbono no sistema alerta para o risco de redução do potencial produtivo do solo, pela diminuição da fertilidade do solo e da atividade, abundância e diversidade biológica, bem como pela perda de estrutura e aumento da vulnerabilidade das culturas a períodos de estresse hídrico (veranicos), em função da cobertura insuficiente do solo e menor capacidade de armazenamento de água do solo.

A análise da evolução do estoque de carbono orgânico do solo e dos parâmetros associados à física do solo durante a formação da Fazenda Certeza evidencia que as práticas de manejo do solo que vêm sendo adotadas na região contribuem para o aumento dos riscos para a produção de culturas anuais. Nesse sentido, a ILP se destaca pela intensificação do sistema com a inclusão do milho, do sorgo e do milho em consórcio com forrageiras tropicais e da própria pastagem, aumentando a produção de biomassa e contribuindo para o processo de recuperação da qualidade do solo.

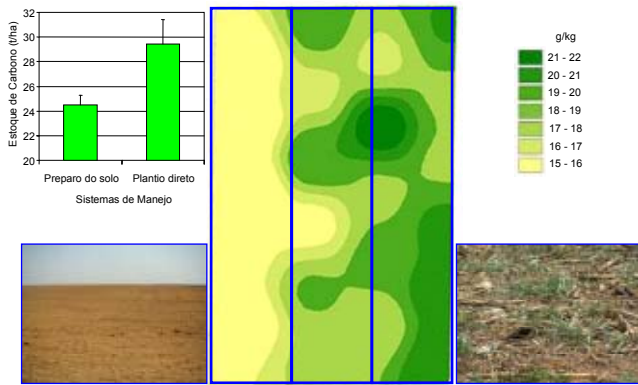
## Alterações na fertilidade do solo na URT após um ano de ILP

Após um ano da implantação da URT, foram observadas alterações na fertilidade do solo nos módulos ocupados pela agricultura. Essas diferenças foram determinadas diretamente pelo preparo do solo para o cultivo do arroz e pela exportação de nutrientes no sistema com a produção de milho na segunda safra (Figuras 15, 16 e 17).

O preparo do solo para o cultivo de arroz no sistema convencional, com duas gradagens pesadas, uma em junho e outra em outubro, e duas gradagens niveladoras em outubro, promoveu grandes perdas de matéria orgânica no solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade (Figura 15). O estoque de carbono nessa camada nos módulos onde foi cultivada a soja no verão seguida de milho em consórcio com *Brachiaria ruziziensis* na segunda safra (os dois módulos à direita na Figura 15) foi de 29,4 t/ha, enquanto que, no módulo cultivado com soja no verão e preparado em junho e outubro para o plantio do arroz (módulo à esquerda na Figura 15), esse valor foi reduzido para 24,5 t/ha. Isso equivale a uma perda de 4,9 t/ha de carbono. Além de incorporar os resíduos vegetais, aumentando seu acesso aos micro-organismos decompositores, o revolvimento do solo, ao fracionar os agregados, expõe a matéria orgânica antes fisicamente protegida no interior dos agregados à ação da microbiota do solo.

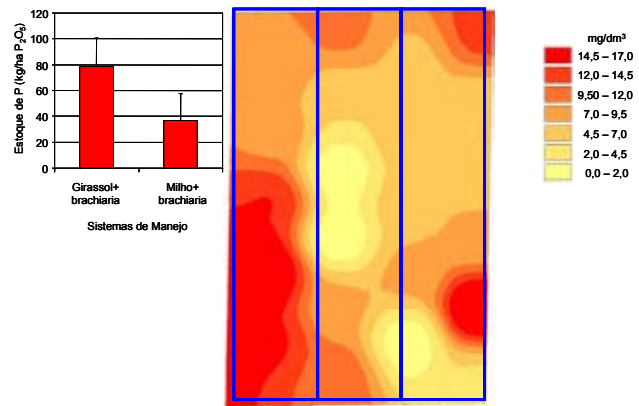
Do ponto de vista ambiental, a quantidade de carbono emitido na área com o preparo do solo equivale àquela emitida pela queima de 7000 litros de óleo diesel. Assim, para um trator com motor de 100 CV que consome 12 L/h, seria possível trabalhar 583 horas seguidas, o que seria suficiente para a semeadura de uma área aproximada de 580 ha. Deste modo, é importante considerar que, para áreas agrícolas já consolidadas, o plantio de arroz precisa ser realizado no SP D, pois, do contrário, as perdas de carbono podem ser bastante expressivas. Os resultados justificam as preocupações atuais da pesquisa em desenvolver o SPD para o arroz de terras altas.

No caso do P, foi observada uma redução de seus teores no solo nos módulos cultivados com milho em consórcio com *Brachiaria ruziziensis* em relação



**Figura 15.** Teor de matéria orgânica e estoque de carbono associados ao preparo do solo e plantio direto, nos módulos ocupados por lavoura do sistema ILP. Amostragem na camada de 0 a 20 cm realizada em 15/10/2008. O módulo à esquerda foi cultivado com soja na estação chuvosa e com o consórcio girassol + *Brachiaria ruziziensis* na segunda safra, sendo submetido ao preparo do solo com grade aradora e niveladora durante a estação seca para o cultivo do arroz. Os dois módulos à direita foram cultivados com soja na estação chuvosa e com o consórcio de milho com *Brachiaria ruziziensis*, na segunda safra, no sistema de plantio direto. A foto à esquerda ilustra a área preparada para a semeadura do arroz, enquanto a foto à direita mostra a área sob plantio direto após o cultivo de milho em consórcio com *Brachiaria ruziziensis*. O estoque de C foi calculado a partir do teor no solo em g/kg x densidade do solo em g/cm<sup>3</sup> x espessura da camada de solo em cm. Fazenda Certoza, Querência.

ao módulo ocupado pelo consórcio girassol + *Brachiaria ruziziensis* e que foi preparado com grade aradora para o cultivo do arroz (Figura 16). Transformando a quantidade de P disponível em kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, observa-se que o módulo preparado para o cultivo de arroz apresentou uma quantidade de 78 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, enquanto que, nos módulos cultivados com o consórcio de milho com *Brachiaria ruziziensis*, esse valor caiu para 37 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, o que equivale a uma redução de 42 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Considerando que o milho extrai, em média, 6,9 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/1000 kg de grãos, e que a produtividade desta cultura foi de 4200 kg/ha, houve uma exportação de 29 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. O restante do P provavelmente tenha ficado retido na palhada do milho e da *Brachiaria ruziziensis* que permaneceu na área. É importante ressaltar que, no caso do módulo submetido ao preparo de solo com grade aradora e niveladora para o cultivo do arroz de sequeiro, o desenvolvimento da cultura do girassol foi comprometido em virtude da competição com a *Brachiaria ruziziensis*, de forma que essa oleaginosa não foi colhida. Assim, não houve exportação de nutrientes via grãos nesse módulo. Por outro lado, a decomposição dos resíduos da



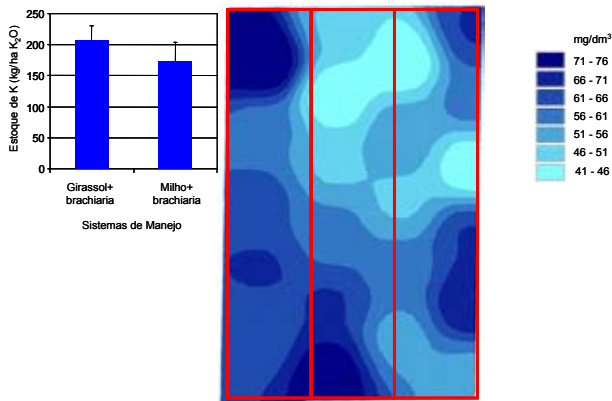
**Figura 16.** Teores e estoques de fósforo no solo nos módulos de lavoura do sistema ILP. Amostragem na camada de 0 a 20 cm realizada em 15/10/2008. O módulo à esquerda foi cultivado com soja na estação chuvosa e com o consórcio girassol + *Brachiaria ruziziensis* na segunda safra, sendo submetido ao preparo do solo com grade aradora e niveladora durante a estação seca para o cultivo do arroz. Os dois módulos à direita foram cultivados com soja na estação chuvosa e com o consórcio de milho com *Brachiaria ruziziensis*, na segunda safra, no sistema de plantio direto. O estoque de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi calculado a partir do teor de P no solo em mg/dm<sup>3</sup> x densidade do solo em g/cm<sup>3</sup> x espessura da camada de solo em cm x 2,29 (fator para conversão de P em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Fazenda Certoza, Querência.

brachiária foi acelerada em função da incorporação pelo preparo do solo, de modo que o P contido nos mesmos foi rapidamente liberado para o solo.

Assim como observado para o P, também houve uma redução nos teores de K no solo nos módulos cultivados com milho em consórcio com *Brachiaria ruziziensis*, em relação ao módulo que foi preparado para o cultivo do arroz (Figura 17). A conversão dos teores de K disponível em kg de K<sub>2</sub>O/ha demonstra que o módulo preparado para o cultivo de arroz apresentou uma quantidade de 207 kg de K<sub>2</sub>O/ha, enquanto que, nos módulos cultivados com o consórcio de milho + *Brachiaria ruziziensis*, esse valor foi reduzido para 174 kg K<sub>2</sub>O/ha. Isso corresponde a uma diferença de 33 kg K<sub>2</sub>O/ha. Considerando que o milho extrai cerca de 8 kg de K<sub>2</sub>O por cada tonelada de grãos, para uma produtividade de 4200 kg/ha, tem-se uma exportação de 33 kg K<sub>2</sub>O/ha. No caso do K, a diferença entre os módulos pode ser atribuída exclusivamente à exportação do nutriente pelos grãos de milho.

Os resultados obtidos em relação à fertilidade do solo indicam que a diversificação e a intensificação do sistema com o cultivo de milho afetam a dinâmica dos nutrientes no solo. Dessa forma, o sistema de ILP, assim como os sistemas

tradicionais de lavoura e pecuária isolados, exige o monitoramento da disponibilidade de nutrientes no solo e das necessidades de reposição de nutrientes. Esse aspecto será reforçado quando os módulos de lavoura forem comparados aos módulos de pastagem permanente com relação à disponibilidade de nutrientes, o que é descrito mais a frente neste trabalho.



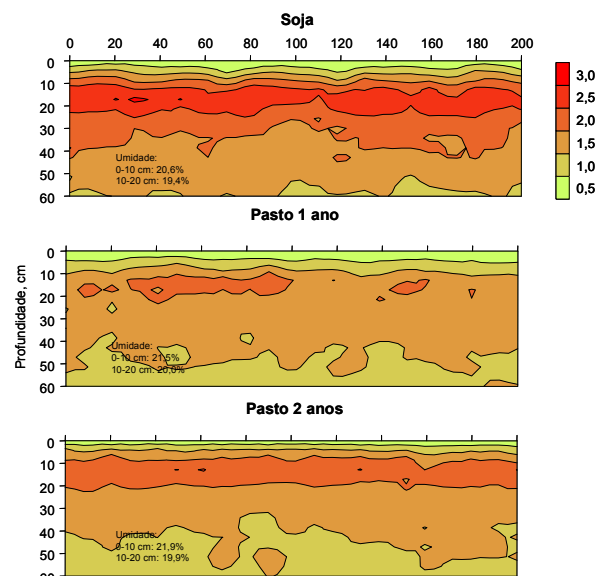
**Figura 17.** Teores e estoques de potássio no solo nos módulos de lavoura do sistema ILP. Amostragem na camada de 0 a 20 cm realizada em 15/10/2008. O módulo à esquerda foi cultivado com soja na estação chuvosa e com o consórcio girassol + *Brachiaria ruziziensis* na segunda safra, sendo submetido ao preparo do solo com grade aradora e niveladora durante a estação seca para o cultivo do arroz. Os dois módulos à direita foram cultivados com soja na estação chuvosa e com o consórcio de milho com *Brachiaria ruziziensis*, na segunda safra, no sistema plantio direto. O estoque de  $K_2O$  foi calculado a partir do teor de K no solo em  $mg/dm^3 \times$  densidade do solo em  $g/cm^3 \times$  espessura da camada de solo em cm  $\times 1,2$  (fator para conversão de K em  $K_2O$ ). Fazenda Certoza, Querência.

## Evolução da qualidade física na URT após um ano de ILP

Os perfis de RP (média de cinco repetições) são apresentados na Figura 18. Verifica-se que o módulo cultivado com soja por nove anos sucessivos apresentou valores de RP superiores à pastagem de 1º ano, o que foi mais evidente na camada de 10 a 40 cm. Esses resultados podem ser atribuídos principalmente à ação do sistema radicular da *Brachiaria brizantha* que, devido a sua agressividade e vigor, é capaz de romper camadas com maior densidade, descompactando o solo biologicamente, sem a necessidade de intervenção mecânica. Além disso, em áreas exploradas por longos períodos exclusivamente sob lavouras anuais, as pressões aplicadas pelos rodados durante o tráfego de máquinas agrícolas tendem a se acumular na camada de 10 a 15 cm, levando à compactação da mesma (Genro Junior et al., 2004). Isso não ocorre em áreas sob pastagem, onde o tráfego de máquinas agrícolas é praticamente

eliminado. Considerando que, para o tipo de penetrômetro utilizado, o valor de RP acima do qual o crescimento radicular da soja começa a ser prejudicado corresponde a cerca de 3,5 MPa (Torres & Saraiva, 1999), pode-se inferir que o módulo cultivado com soja por nove anos consecutivos apresentou um nível de compactação na camada de 10 a 20 cm capaz de restringir o crescimento radicular desta cultura (Figura 18). Observa-se ainda que os valores de RP medidos na pastagem de 2º ano foram maiores comparativamente à pastagem de 1º ano, considerando a camada de 10 a 20 cm (Figura 18). Esses resultados podem ser relacionados principalmente à redução do vigor do sistema radicular da pastagem a partir do 2º ano de implantação, em conjunto com o acúmulo das pressões aplicadas pelo pisoteio animal. Mesmo assim, a RP (10 a 40 cm) nesse tratamento continua sendo inferior à observada na área cultivada com soja por nove anos consecutivos.

Assim, os resultados obtidos por meio da determinação da RP evidenciaram que o uso de forrageiras tropicais em sistemas de ILP melhorou a qualidade física do solo, proporcionando, em um ano, a eliminação de camadas compactadas produzidas pelo uso contínuo do solo com soja.

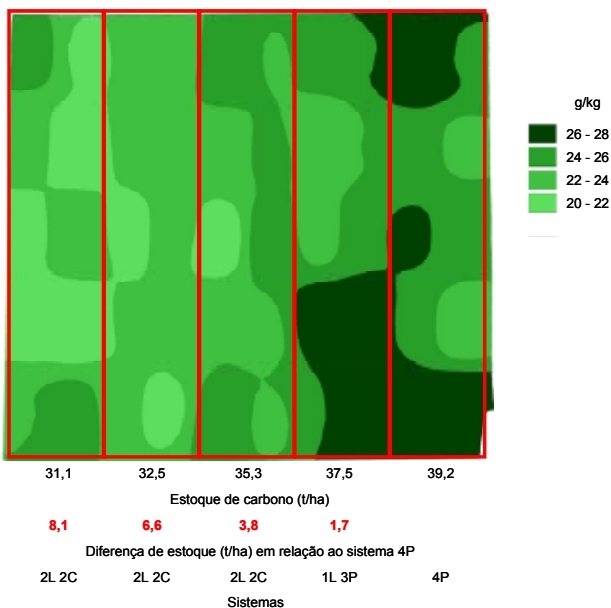


**Figura 18.** Resistência do solo à penetração em diferentes fases do sistema de ILP. Dados representam a média de 5 transectas de 2 metros com intervalo de 10 cm entre leituras. Fazenda Certoza, Querência, 10/12/2008.



## Alterações na fertilidade do solo na URT após dois anos de ILP

Após dois anos sob diferentes sistemas de ILP, foram observadas alterações na fertilidade do solo. A introdução de espécies forrageiras tropicais permanentes na área afetou diretamente os teores de carbono no solo e a dinâmica de nutrientes em função da ausência de adubação nas pastagens e da extração de nutrientes pelos animais. Foi observado um aumento do teor de matéria orgânica do solo nos módulos de pecuária em relação aos módulos de lavoura (Figura 19). Esse aumento foi de até 8,1 t de C/ha quando comparado o módulo que permaneceu durante dois anos com pastagem em relação ao módulo que foi ocupado por duas lavouras de grãos e dois consórcios no mesmo período e que, também, foi submetido ao preparo do solo para o cultivo de arroz. Comparando-se os módulos ocupados por pastagem permanente, verifica-se que o maior estoque de C ocorreu para a área que permaneceu por mais tempo ocupada por pastagem permanente de *Brachiaria brizantha*.



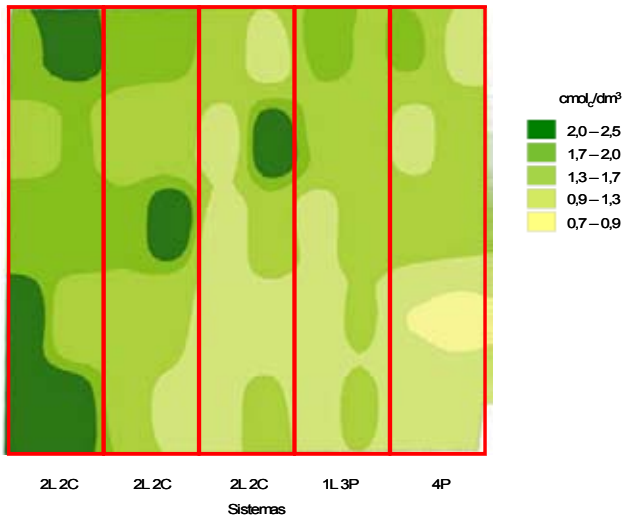
**Figura 19.** Teor de matéria orgânica e estoque de carbono, na URT de ILP. Amostragem na camada de 0 a 20 cm realizada em 05/08/2009. Área de 22 ha para cada módulo do sistema de ILP. Grade de amostragem de 2,5 ha, 46 pontos de amostragem com 6 subamostras por ponto. O estoque de C foi calculado a partir do teor no solo em g/kg x densidade do solo em g/kg x espessura da camada de solo em cm. L: lavoura; C: consórcio de lavoura+pastagem na segunda safra; P: pastagem permanente. Fazenda Certeza, Querência.

Os dados obtidos na URT confirmam os resultados observados em sistemas de ILP similares desenvolvidos sob condição de Cerrado, como os estudos desenvolvidos na Embrapa Agropecuária

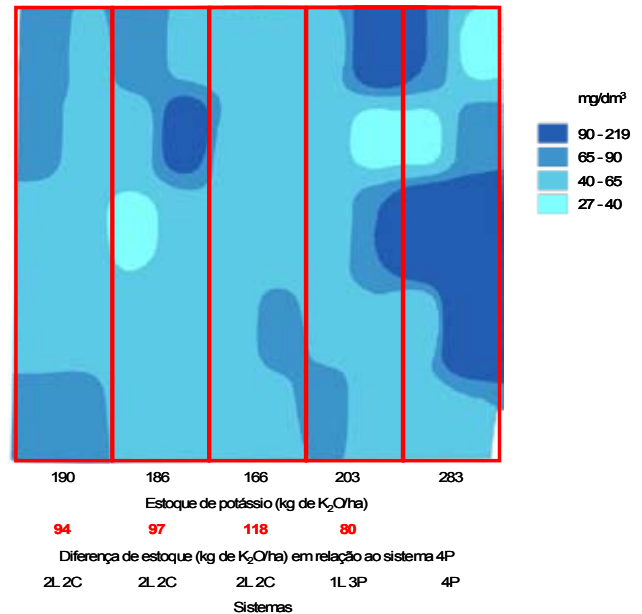
Oeste (Salton et al., 2005). O aumento do estoque de C em áreas sob pastagem de *Brachiaria brizantha* está relacionado principalmente ao aporte de massa seca da parte aérea e raízes, assim como ao não revolvimento da superfície do solo durante o período em que a área é ocupada pela pastagem. Neste sentido, avaliações do sistema radicular de forrageiras tropicais conduzidas pela Embrapa Soja têm demonstrado que espécies de *Brachiaria brizantha* podem produzir até 9 t de matéria seca de raízes/ha quando mantidas por mais de um ano em sistemas de ILP. Associado à produção de raízes, forrageiras tropicais perenes, como a *Brachiaria brizantha*, apresentam elevada capacidade de produção de massa seca da parte aérea, de modo que, mesmo sob pastejo intensivo, a palhada remanescente pode atingir valores superiores a 8 t de matéria seca/ha. Nessas condições, a pastagem tem alto potencial para recuperar os níveis de matéria orgânica do solo mesmo sob condições favoráveis ao processo de decomposição do material orgânico, como é o caso das regiões tropicais.

A variabilidade espacial dos teores de Ca na URT de ILP é representada no mapa da Figura 20. Verifica-se que os módulos ocupados por pastagem permanente de *Brachiaria brizantha* apresentaram os menores teores de Ca. Essa redução possivelmente esteja associada à exportação do nutriente na carcaça dos bovinos, já que o mesmo é componente importante dos ossos. Conforme mostra a Figura 21, em média, são necessários 6 kg de Ca por cada 450 kg de peso vivo produzido (Ball et al., 2007), o que corresponde a aproximadamente 13 kg de Ca por tonelada. O Ca pode ser repostado no sistema com a aplicação de gesso ou calcário, dependendo do manejo e da distribuição dos nutrientes no perfil do solo.

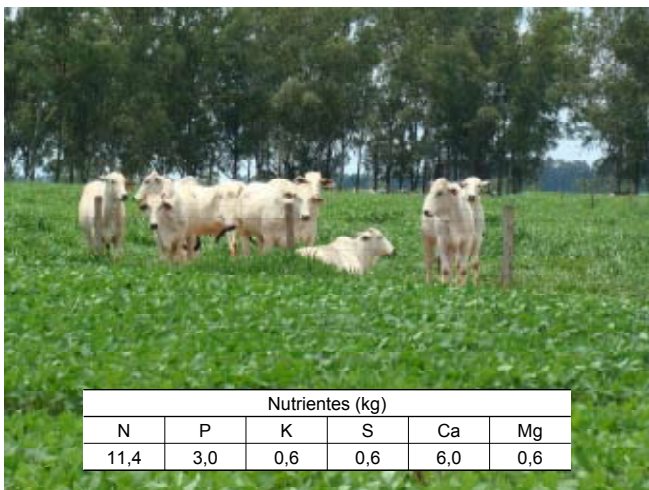
A variabilidade espacial dos teores de K na área correspondente à URT de ILP é mostrada na Figura 22. Nota-se que os teores de K foram maiores no módulo de pastagem permanente com dois anos comparativamente aos demais módulos. Quando foram calculados os estoques de K no solo, a quantidade equivalente de  $K_2O$  acumulada na pastagem após dois anos variou entre 80 a 118 kg de  $K_2O$ /ha. Os resultados ressaltam o papel importante das pastagens na reciclagem do nutriente, uma vez que a demanda dos animais



**Figura 20.** Teores de cálcio na URT de ILP. Amostragem na camada de 0 a 20 cm realizada em 05/08/2009. Área de 22 ha para cada módulo do sistema de ILP. Grade de amostragem de 2,5 ha, 46 pontos de amostragem com 6 subamostras por ponto. L: lavoura; C: consórcio de lavoura+pastagem na segunda safra; P: pastagem permanente. Fazenda Certeza, Querência.



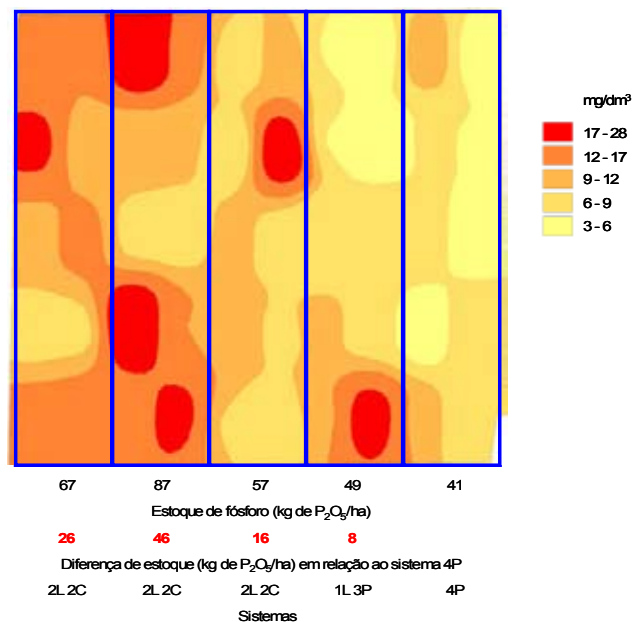
**Figura 22.** Teor e estoque de potássio na URT de ILP. Amostragem na camada de 0 a 20 cm realizada em 05/08/2009. Área de 22 ha para cada módulo do sistema de ILP. Grade de amostragem de 2,5 ha, 46 pontos de amostragem com 6 subamostras por ponto. O estoque de K<sub>2</sub>O foi calculado a partir do teor de K no solo em mg/dm<sup>3</sup> x densidade do solo em g/cm<sup>3</sup> x espessura da camada de solo em cm x 1,2 (fator para conversão de K em K<sub>2</sub>O). L: lavoura; C: consórcio de lavoura+pastagem na segunda safra; P: pastagem permanente. Fazenda Certeza, Querência.



**Figura 21.** Remoção de nutrientes em um novilho de 450 kg de peso vivo (Ball et al., 2007).

por K é pequena (Figura 21) e o sistema radicular profundo das espécies forrageiras pode absorver o nutriente em maiores profundidades, aumentando a sua eficiência de uso.

Por outro lado, os teores de P no solo foram menores nos módulos ocupados por pastagem permanente quando comparados aos módulos de lavoura (Figura 23). A ausência de adubação na pastagem durante dois anos, associada ao requerimento de P pelos animais (Figura 21) e ao processo de indisponibilização gradual do nutriente com o tempo, conhecido como processo de envelhecimento do P, podem ser citados como os principais fatores envolvidos no processo de redução na disponibilidade do nutriente no solo nos módulos de pastagem. O cálculo dos estoques



**Figura 23.** Teor e estoque de fósforo na URT de ILP. Amostragem na camada de 0 a 20 cm realizada em 05/08/2009. Área de 22 ha para cada módulo do sistema de ILP. Grade de amostragem de 2,5 ha, 46 pontos de amostragem com 6 subamostras por ponto. O estoque de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi calculado a partir do teor de P no solo em mg/dm<sup>3</sup> x densidade do solo em g/cm<sup>3</sup> x espessura da camada de solo em cm x 2,29 (fator para conversão de P em P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). L: lavoura; C: consórcio de lavoura+pastagem na segunda safra; P: pastagem permanente. Fazenda Certeza, Querência.

de P no solo nos diferentes módulos mostra que, em média, houve um consumo de P equivalente a 25 kg de  $P_2O_5$ /ha nos módulos de pastagem em relação aos módulos de lavoura. O modelo de ILP proposto nessa URT leva em consideração a necessidade de reposição do P no sistema após o uso da área com pecuária em períodos de 2 anos. Na prática, não significa que a pastagem tenha que ser renovada a cada dois anos, mas sim que o P, assim como o N, precisam ser repostos por fertilizantes para melhor manutenção das pastagens. Dentro desse contexto, a reposição dos nutrientes exportados pode ser feita diretamente através da adubação da pastagem, ou então, pela adubação das lavouras implantadas em rotação às forrageiras como é o caso de sistema de ILP.

### Exemplos de adoção das Tecnologias vinculadas a ILP na região do Vale do Rio Xingu

Até o momento, foram realizados 6 cursos e 15 dias de campo para capacitar técnicos e agricultores da região em SPD, manejo integrado de pragas, otimização do uso de agroquímicos, manejo de pastagens, ILP e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), atingindo um público aproximado de 1800 pessoas no período de 2 anos.

Durante o projeto, foram levantadas experiências locais desenvolvidas pelos produtores da região dentro do contexto de produção sustentável e de diversificação e integração das atividades de lavoura e pecuária. Várias iniciativas foram identificadas indicando que já existe na região a preocupação com a melhoria do sistema produtivo tanto agrícola quanto pecuário.

Em Canarana, em março de 2007, na propriedade do Sr. Claudir Signorini, foi realizado um dia de campo para divulgação do sistema de ILP desenvolvido na propriedade. O sistema consiste no uso de *Brachiaria ruziziensis* solteira ou em consórcio com o milho após a cultura da soja visando à produção de alimento para o gado na estação seca e à produção de palhada para o SPD. O aspecto visual de uma das áreas de *Brachiaria ruziziensis* implantada em sucessão à soja na fazenda é mostrado na Figura 24. Observa-se que, mesmo no final da estação seca, as plantas de *Brachiaria ruziziensis* permanecem verdes e com bom desenvolvimento, podendo ainda ser



**Figura 24.** *Brachiaria ruziziensis* no final da estação seca. Fazenda de Claudir Signorini, Canarana, 06/09/2007.

pastejadas e, mesmo, assim, produzir palha para o SPD. Isso comprova que, em áreas de solo corrigido, como as que vêm sendo utilizadas para a produção de soja, as forrageiras tropicais apresentam grande potencial de produção de forragem durante toda a estação seca.

Em Querência, a fazenda Agropecuária Lima utiliza o sistema de sobressemadura da *Brachiaria ruziziensis* na cultura da soja, com o mesmo objetivo de alimentar o gado e produzir cobertura para o SPD (Figura 25). A prática é desenvolvida em uma área aproximada de 500 ha, todos os anos. A área de *Brachiaria ruziziensis* mostrada na Figura 25 foi semeada de avião quando a soja estava no estágio R5, utilizando-se 8 kg/ha de sementes puras viáveis. O objetivo da sobressemadura é antecipar o estabelecimento da pastagem, proporcionando assim que a forrageira se desenvolva por mais tempo sob melhores condições de disponibilidade hídrica.



**Figura 25.** *Brachiaria ruziziensis* formada por sobressemadura na cultura da soja, com avião. Agropecuária Lima, Querência, 05/06/2008.



Outra prática bastante utilizada na região é o uso de crotalária como planta de cobertura e adubação verde visando o manejo de nematoides. A ocorrência de nematoides na região é um dos grandes problemas do sistema produtivo associados à monocultura com a soja. Outras opções de rotação também foram observadas, como o sorgo forrageiro ou granífero e o milho de segunda safra, seja solteiro ou em consórcio com brachiárias. Nesse sentido, foi introduzida na região, por iniciativa da Secretaria da Agricultura de Querência, uma variedade de milho desenvolvida pela Embrapa com grande adaptação a condições de baixa disponibilidade hídrica, e que apresenta, ainda, baixa exigência nutricional (Milho Catingueiro, Figura 26) como opção de segunda safra. Esse sistema está em expansão na região, e tem a vantagem dos produtores poderem produzir suas próprias sementes.



**Figura 26.** Consórcio de milho variedade Catingueiro com *Brachiaria ruziziensis*. A variedade foi introduzida na região por iniciativa da Secretaria de Agricultura de Querência. Querência, 06/06/2008.

É importante ressaltar que, no início do projeto em 2006, existiam poucas áreas de produção de milho de segunda safra na região. Atualmente, as estimativas para a segunda safra de 2010 apontam para a semeadura de uma área aproximada de 40.000 ha. A produção de milho, seja em consórcio com forrageiras tropicais ou solteiro, está criando a perspectiva para o desenvolvimento na região de iniciativas que agregam valor aos produtos agropecuários, como a avicultura, a suinocultura e o confinamento de bovinos. Esse processo de transformação foi o mesmo observado em outras regiões do Brasil, como o oeste catarinense, o oeste do Paraná, o sudoeste de Goiás e o médio norte matogrossense, para citar alguns exemplos.

Também em Querência, esta em expansão o uso de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) como opção de cultura para a segunda safra. Essa cultura também é interessante para o sistema por ser uma espécie fixadora de nitrogênio, assim como a soja, o que permite o aporte desse nutriente ao sistema e permite a diversificação.

É muito comum hoje o uso da *Brachiaria ruziziensis* como planta de cobertura em substituição ao milho. Nesse caso, o produtor não se utiliza da forrageira para alimentar o gado, apenas para a recuperação do solo e produção de palhada para o SPD. No entanto, isso já significa uma mudança de mentalidade e abre a perspectiva para a introdução do componente pecuário no sistema produtivo.

É importante ressaltar que outras duas URTs foram instaladas em Canarana (Figura 27) e Nova Xavantina e cujos resultados oportunamente também serão apresentados. A URT de Canarana segue o mesmo modelo de Querência, porém está voltada para as condições de cerrado. A URT de Nova Xavantina introduz o componente florestal no sistema, abrindo novas perspectivas para um produto nobre, a madeira. Atualmente, existe um grande mercado para a madeira com certificado de origem, muito demandada na região para a secagem de grãos.



**Figura 27.** Módulos de lavoura (no primeiro plano com a cultura da soja) e pecuária (no segundo plano, com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) no segundo ano do sistema. Fazenda Três Passos, Canarana, 14/02/2009.

## Considerações finais

A perspectiva para a ILP na bacia do Rio Xingu é extremamente favorável, uma vez que existem na região áreas extensas de pastagens degradadas com possibilidade de recuperação utilizando sistemas integrados de produção envolvendo as culturas da soja, do milho, do sorgo e do arroz. Os resultados obtidos até o momento indicam que a ILP tem papel importante na intensificação do uso da terra com grande potencial para elevação dos níveis de produtividade das lavouras e da pecuária. A soja tem um papel importante no processo de desenvolvimento da ILP como cultura com alto valor de mercado, e do ponto de vista ambiental, sendo uma leguminosa que fixa nitrogênio e participa com a melhoria da fertilidade do sistema produtivo, contribuindo para a sustentabilidade do sistema. A elevação dos níveis de matéria orgânica e a melhoria da qualidade física do solo com a introdução das pastagens em áreas agrícolas com níveis adequados de fertilidade, demonstra que a ILP tem potencial para reduzir o impacto ambiental das atividades produtivas reduzindo as emissões de gases de efeito estufa, dando maior estabilidade à produção das culturas anuais e melhorando o aproveitamento da água e nutrientes. Os resultados também apontam para a necessidade do desenvolvimento do S PD para a cultura do arroz de terras altas, já que sua participação no sistema é essencial por se tratar de um alimento básico para a população brasileira e com a sua produção sendo cada vez mais restrita em novas áreas.

As atividades do projeto iniciado em 2006 têm sua continuidade garantida até 2011 através do projeto da Embrapa "Transferência de tecnologia para sistemas de ILPF", permitindo que os estudos continuem e gerem informações de interesse para toda a região.

## Agradecimentos

Ao Secretário de Agricultura de Querência, Daltr Barbosa, e à Secretária de Agricultura de Canarana, Eliane Felten, pelo apoio irrestrito às atividades desenvolvidas na região. Ao CNPq, Finep/MCT e Embrapa pelo apoio financeiro aos projetos. A Valter José Peters, da Embrapa Transferência de Tecnologia (Escritório de Negócios de Rondonópolis), pelo apoio à realização dos dias de

campo na região. Aos parceiros privados, Pioneer, Sinagro, Plantagro, Unipasto e Semear Agrícola, pelo fornecimento de insumos e assessoria técnica para o desenvolvimento das URTs. À Aprosoja, na pessoa do presidente da regional Leste Marcos da Rosa, pelo acompanhamento e suporte técnico às atividades do projeto. Aos Técnicos Marcelo Raphael Volf, Ricardo Luis Jantsch, Fernando dos Santos Silva e Cleyton Dias de Souza, bolsistas do CNPq, pelo empenho na condução e desenvolvimento das URTs. Aos Técnicos da Embrapa João Ribeiro de Macedo, Donizete Aparecido Loni, Antonio Aparecido Jacobino, Agostinho Aparecido Silva e Ildefonso Acosta Carvalho, pelo trabalho dedicado na coleta de informações nas diferentes fases do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Querência. Ao proprietário da Fazenda Três Passos, Neldo Weirich, da Fazenda Certeza, Neuri Wink e da Fazenda Gaúcha, Flávio Breitenbach, pela disponibilização das áreas para implantação das URTs. À BUNGE pelo apoio financeiro ao projeto de Transferência de Tecnologia em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. Ao Instituto Sócio Ambiental pelo apoio e incentivo às atividades do projeto.

## Referências

- ALLISON, L.E. Organic carbon. In: Black, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part II. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin, 1965. p.1367-1378.
- BALL, D.M.; HOVELAND, C.S.; LACEFIELD, G.D. **Southern forages** : modern concepts for forage crop management. 4th Ed. Norcross, GA: Potash & Phosphate Institute and the Foundation for Agronomic Research, 2007. 332 p.
- BARRETO, R. C.; MADARI, B. E.; MADDOCK, J. E. L.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J.; COSTA, A. R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO<sub>2</sub> in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.132, n.3-4, p.243-251, 2009.
- CORRÊA, J. C . **Diagnóstico dos sistemas de produção em propriedades agrícolas no município de Querência, MT**. Planaltina : Embrapa Cerrados, 1999. 79 p. (Embrapa Cerrados, Documentos, 2).
- CORRÊA, J. C . **Manejo do solo no município de Querência/MT**. Planaltina : Embrapa Cerrados, 2000. 40 p. (Embrapa Cerrados, Documentos, 26).
- CORRÊA, J. C . Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n.2, p. 203-209, 2002.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C. A.; EVANS, D. D.; ENSMINGER, L. E.; WHITE, J. L.; CLARK, F. E. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v.1, p. 545-567.

EMBRAPA. **Manual de métodos e análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412 p.

EMBRAPA. **Marco referencial em integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. Brasília: EMBRAPA, 2010. (no prelo)

EMPAER. **Querência-MT: estudo da realidade**. Cuiabá: EMPAER, 1996. 21 p.

EUROPEAN SPACE AGENCY. ESA earthnet: ENVISAT. Disponível em: <<http://envisat.esa.int>> . Acesso em: 24. Set. 2007.

GENRO JUNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 477-484, 2004.

IBGE. **Contagem da população 2007** – população recenseada e estimada, segundo os municípios – Mato Grosso – 2007. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem\\_final/tabela1\\_1\\_25.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final/tabela1_1_25.pdf)>. Acesso em: 31/03/2010a.

IBGE. **Produção agrícola municipal** – cereais, leguminosas e oleaginosas 2007. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pamclo/2007/default\\_shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pamclo/2007/default_shtm)>. Acesso em: 31/03/2010b.

IBGE. **Produção da pecuária municipal** – 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2008/default\\_shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2008/default_shtm)>. Acesso em: 31/03/2010c.

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).

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsur-Stolf. **STAB-Açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.1, n.3, 1983.

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

Este projeto contou com o apoio financeiro de



### Circular Técnica, 77

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

#### Embrapa Soja

Rod. Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Cx. Postal: 231  
860001-970 Londrina - PR

Fone: (43) 3371 6000 - Fax: 3371 6100

Home page: [www.cnpso.embrapa.br](http://www.cnpso.embrapa.br)

e-mail: [sac@cnpso.embrapa.br](mailto:sac@cnpso.embrapa.br)

1ª edição

1ª impressão 04/2010: tiragem 1.000 exemplares



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento  
Governo  
Federal

### Comitê de Publicações

**Presidente:** José Renato Bouças Farias

**Secretária Executiva:** Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite

**Membros:** Adeney de Freitas Bueno, Adilson de Oliveira Junior, Clara Beatriz Hoffmann Campo, Francismar Correa Marcelino, José de Barros França Neto, Maria Cristina Neves de Oliveira, Mariângela Hungria da Cunha, Norman Neumaier.

### Expediente

**Coordenador de editoração:** Odilon Ferreira Saraiva

**Normalizador bibliográfico:** Ademir Benedito Alves de Lima

**Editoração eletrônica:** Marisa Yuri Horikawa

Apoio:

### Embrapa Transferência de Tecnologia

Parque Estação Biológica - PqEB s/n.  
Av. W3 Norte (final) - Edifício Sede, Térreo  
CEP 70770-901 - Brasília, DF  
Tel: (61) 3448 4522 / Fax: (61) 3347 9668  
[www.embrapa.br/snt](http://www.embrapa.br/snt)