

Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas

Crop-livestock system: intensified use of agricultural lands

Alvadi Antonio Balbinot Junior^I Anibal de Moraes^{II} Milton da Veiga^{III}
Adelino Pelissari^{II} Jeferson Dieckow^{IV}

- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

RESUMO

Integração lavoura-pecuária (ILP) se constitui em sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais ou perenes, destinadas à alimentação animal, e culturas destinadas à produção vegetal, sobretudo grãos. O objetivo desta revisão foi discutir os principais fundamentos e as características do sistema ILP na região Sul do Brasil e seus efeitos sobre a qualidade do solo e o rendimento animal e vegetal. A ILP pode proporcionar algumas vantagens para o produtor, tais como maior renda por área, maior diversificação de atividades, menor risco econômico e menor custo de produção. Além disso, pode proporcionar vantagens biológicas, como maior biodiversidade e melhoria da qualidade do solo. Dentre as desvantagens, pode-se relacionar a possibilidade de ocorrência de compactação superficial do solo, em situação de manejo inadequado da pastagem. Para que o sistema ILP tenha êxito, alguns fundamentos devem ser atendidos, como uso de rotação de culturas, do sistema plantio direto e de genótipos de animais e vegetais melhorados, correção da acidez e fertilidade do solo e, principalmente, manejo adequado da pastagem.

Palavras-chave: *renda por área, diversificação de cultivos, qualidade do solo, rendimento animal e vegetal.*

ABSTRACT

Crop-livestock is a production system that succeeds, at the same area, pastures to animal production and vegetal crops, especially cereals. The objective of this work was to

discuss the major presuppositions and characteristics of the crop-livestock system in Southern Brazil, and its effects on the soil quality and animal and vegetal yield. This production system can result in some advantages to farmers such as increase of rent per area, higher diversification, decrease of economic hazards and production costs. Moreover, the crop-livestock system can show biological advantages such as biodiversity increase and improved soil quality. Among the disadvantages, it can point out the possibility of superficial soil compaction in inappropriate pasture management. To success of crop-livestock system some presuppositions must be considered, such as crop rotation, use of no-tillage system, correction of soil acidity and fertility, use of improving vegetal and animal genotypes and, mainly, adequate pasture management.

Key words: *rent per area, crop diversification, soil quality, animal and vegetal yield.*

INTRODUÇÃO

Atualmente, desafios são impostos à agricultura, como a produção de alimentos em elevada quantidade e qualidade, garantindo segurança alimentar, produção de energia, fibra, madeira e outros bens para a humanidade e, ainda, auxiliando na mitigação de gases causadores de efeito estufa. Soma-se a isso a necessidade de atender essas demandas com o mínimo distúrbio ambiental, associado ao

^IEmpresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Canoinhas. BR 280, km 219,5, CP 216, 89460-000, Canoinhas, SC, Brasil. E-mail: balbinot@epagri.sc.gov.br. Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil.

^{III}Epagri, Estação Experimental de Campos Novos, Campos Novos, SC, Brasil.

^{IV}Departamento de Solos, UFPR, Curitiba, PR, Brasil.

reduzido consumo de insumos que apresentam reservas finitas no planeta, como fósforo, potássio e petróleo. Esse cenário agrícola se torna ainda mais complexo com a inserção de fatores sociais. Dessa forma, o grande desafio é a produção de bens que a humanidade demanda de forma crescente, devido ao aumento populacional e aumento de renda *per capita*, com reduzido impacto ambiental e, ao mesmo tempo, permitindo que as famílias de agricultores familiares consigam viver com dignidade no meio rural.

Nesse sentido, a alternativa mais apropriada é o uso de sistemas de produção que ocupem intensamente os recursos disponíveis nos agrossistemas, concomitante à melhoria da qualidade do solo – base da produção vegetal e animal – reduzindo o consumo de insumos e gerando maior renda por área. 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). Nesse contexto, a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) pode auxiliar no alcance desses objetivos, já que pressupõe o uso contínuo das áreas agrícolas e a melhoria da qualidade do solo ao longo do tempo (ENTZ et al., 2002; RAO et al., 2003). A ILP pode ser definida como um sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais ou perenes, destinadas à produção animal, e culturas destinadas à produção vegetal, sobretudo grãos. É importante considerar nesse conceito que a ILP é considerada como um sistema de produção, em que vários fatores biológicos, econômicos e sociais se inter-relacionam e determinam a sua sustentabilidade.

O objetivo desta revisão foi discutir os principais fundamentos e as características do sistema ILP na região Sul do Brasil e seus efeitos sobre a qualidade do solo e o rendimento animal e vegetal.

DESENVOLVIMENTO

O sistema ILP nas propriedades rurais do Sul do Brasil

O sistema ILP pode ser utilizado com sucesso em pequenos e em grandes estabelecimentos rurais. No caso de grandes áreas, a produção animal geralmente é representada por bovinos de corte, e a produção vegetal é constituída por culturas altamente mecanizadas, como a soja, por exemplo. Já em propriedades que não dispõem de extensas áreas agrícolas, como é o caso da maioria dos estabelecimentos rurais da região Sul do Brasil, a produção animal, em geral, é representada por bovinos destinados à produção de leite e, em alguns casos, por

ovinos e caprinos para produção de carne. Por sua vez, a produção vegetal é constituída por culturas como o fumo, o feijão e o milho, este último destinado à produção de silagem e grãos.

No Sul do Brasil, o sistema ILP pode ser adotado sob três estratégias básicas, considerando o tipo de pastagem utilizada no sistema:

1) uso de pastagens anuais de inverno e culturas para produção vegetal no verão. Essa estratégia possui elevada importância no Sul do Brasil, pois há várias culturas para uso do solo no verão, como a soja, o milho, o feijão, o fumo e o arroz irrigado, enquanto que, no inverno, há carência de alternativas de cultivos agrícolas economicamente viáveis (BRUM et al., 2005; BALBINOT JR., 2007). Na região Sul do Brasil, na safra 2006/07, a área cultivada com as principais culturas de verão superou em aproximadamente 13 milhões de ha a área de trigo, principal cultura de outono/inverno (SÍNTESE..., 2007), o que demonstra a elevada disponibilidade de área para cultivo de pastagens anuais de inverno. Ao mesmo tempo, existem espécies de pastagens anuais de inverno que apresentam adequado rendimento e qualidade e são adaptadas às condições edafoclimáticas do Sul do Brasil (ASSMANN et al., 2004), como aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), aveia branca (*Avena sativa* L.), centeio (*Secale cereale* L.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e ervilhacas (*Vicia* sp.) (SANTOS et al., 2002). Nessa região, essas espécies fornecem alimento aos animais no período de maior escassez de forragem oriunda de campos naturais e naturalizados (CÓRDOVA et al., 2004) e de pastagens perenes melhoradas de verão. No caso do arroz irrigado, é comum a integração com a criação de bovinos, os quais são mantidos na resteva da cultura no período de pós-colheita ao preparo do solo para a safra seguinte ou durante o pousio da área, que geralmente tem duração de um a dois anos (MARCHEZAN et al., 2003).

2) uso de pastagens anuais de verão e culturas para produção vegetal no inverno. Essa estratégia possui pouca expressão, pois, no verão, a maioria das áreas agrícolas está ocupada com culturas destinadas à produção vegetal, embora, em alguns casos, a cultura de verão possa ser colhida precocemente, disponibilizando a área para cultivo de espécies de pastagens anuais de verão, como, por exemplo, o milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke).

3) uso de pastagens perenes por alguns anos, intercalando um ou mais anos com culturas anuais. Nesse caso, as pastagens perenes mais utilizadas no Sul do Brasil são as que exibem maior acúmulo de massa no verão, como, por exemplo, capim-Hemarthria (*Hemarthria altissima* (Poir.) Stapf & Hubbard), capim-

Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), capim-Missineira gigante (*Axonopus catharinensis*), capim-Braquiária (*Brachiaria* sp.), capim-Mombaça e capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov & Gregory). Torna-se importante considerar que a longevidade dessas forrageiras, sobretudo daquelas propagadas vegetativamente, deve ser longa, devido ao custo elevado para formação (KLUTHCOUSKI et al., 2003). Além disso, a introdução de lavouras em áreas de pastagens perenes degradadas é uma estratégia eficiente para recuperação do rendimento dessas áreas (DIAS-FILHO, 2005).

Vantagens do sistema ILP

O sistema ILP pode proporcionar vantagens biológicas e econômicas em relação a sistemas de produção não-integrados, que apresentam somente produção vegetal ou animal de forma isolada (ENTZ et al., 1995; ENTZ et al., 2002; MORAES et al., 2004; RUSSELLE et al., 2007; SULC & TRACY, 2007).

As principais vantagens biológicas que o sistema ILP pode proporcionar são:

- Elevada velocidade de ciclagem de nutrientes. Os animais em pastejo representam agentes aceleradores da ciclagem de nutrientes. Grande parte dos nutrientes ingeridos retorna ao solo via fezes e urina, os quais são liberados à solução do solo em curto intervalo de tempo, estando disponíveis para novamente serem absorvidos pelas raízes das plantas. Isso ocorre porque a mastigação e a digestão aceleram a mineralização dos nutrientes contidos na massa vegetal (POWELL & WILLIAMS, 1993). Essa aceleração de ciclagem de nutrientes pode reduzir as perdas por lixiviação e erosão (BUSCHBACHER, 1987). É importante enfatizar que os animais devolvem ao solo, via fezes e urina, cerca de 70 a 95% dos nutrientes que ingerem (RUSSELLE, 1997), dependendo da qualidade da forragem ingerida e da categoria, idade e condição corporal dos animais. A porcentagem de exportação de nutrientes ingeridos é maior no caso de animais destinados à produção de leite em relação a animais destinados à produção de carne, já que as retiradas diárias de leite implicam exportação de nutrientes. No caso do nitrogênio, torna-se importante salientar que parte desse nutriente que é excretada via urina pode ser perdida por volatilização. Devido ao retorno de nutrientes ingeridos, é crucial que a excreta dos animais seja alocada na área manejada no sistema ILP, a fim de evitar exportação de nutrientes para outras áreas, via fezes e urina. Outro ponto a ser considerado é a distribuição irregular de dejetos na área (WILKINSON & LOWREY, 1973), sendo recomendado que os pontos de concentração de

animais, como saleiros e bebedouros, sejam alocados no interior das áreas agrícolas.

- Melhoria da qualidade do solo. O sistema ILP pode aumentar as concentrações de carbono orgânico no solo ao longo do tempo, devido ao crescimento contínuo de plantas na área, seja pastagem ou culturas para exploração vegetal, rotação de culturas, incremento da massa produzida por tempo em decorrência do pastejo e maior ciclagem de nutrientes (TRACY & ZHANG, 2008). O teor de carbono orgânico (matéria orgânica) é um atributo que pode servir de indicador de qualidade do solo (SINGER & EWING, 2000; CONCEIÇÃO et al., 2005), já que este afeta diretamente os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Ou seja, altos teores de carbono orgânico podem proporcionar maior capacidade do solo em gerar bens para a humanidade e desempenhar suas funções no ambiente.

No tocante às vantagens econômicas, cita-se:

- Diversificação de renda, resultante da produção vegetal e animal na mesma área (FONTANELI et al., 2000);
- Redução de riscos de insucesso econômico, já que há maior diversificação de atividades econômicas (AMBROSI et al., 2001);
- Aumento da renda por área se comparado a sistemas não-integrados (FONTANELI et al., 2000). Isso ocorre devido ao uso contínuo das áreas agrícolas, ao aumento de rendimento vegetal e/ou animal (ASSMANN et al., 2003; MORAES et al., 2004) e à redução de custos de produção ocasionados pelas vantagens biológicas. Enfatiza-se que o aumento da renda por área é uma das principais necessidades da agricultura de base familiar.

Fundamentos do sistema ILP

Embora o sistema ILP possa apresentar vantagens em relação a sistemas não-integrados de produção, seu sucesso depende de adequado conhecimento sobre o sistema como um todo. O manejo da propriedade deve ser realizado com o objetivo de obtenção de elevados rendimentos, seja no componente animal como no vegetal. Sistemas que envolvem a interação solo-planta-animal são mais complexos do que sistemas que envolvem somente a interação solo-planta. Esse conhecimento deve servir de subsídio para o planejamento das ações a serem desenvolvidas nas propriedades.

O sistema ILP pressupõe a prática de cinco fundamentos básicos:

- Correção da acidez e fertilidade do solo. Sabe-se que a maioria dos solos da região Sul do Brasil possui

elevada acidez (ABREU JR. et al., 2003) e concentrações baixas de fósforo (SOCIEDADE..., 2004). A correção da acidez do solo com uso de calcário, em doses recomendadas para elevar o pH do solo para a faixa de 5,5 a 6,0, bem como o aumento da concentração de fósforo, são práticas fundamentais para garantir alto rendimento da maioria das pastagens e das culturas destinadas à produção vegetal;

- Uso de sistema plantio direto. A manutenção do solo estruturado e coberto com plantas vivas ou com palha é fator chave para que o solo suporte a ação mecânica do pisoteio de animais, sem que haja compactação. Por um lado, a palha dissipa parte da energia do impacto mecânico do pisoteio (BRAIDA et al., 2006); por outro lado, o solo estruturado possui maior resistência à deformação plástica decorrente da aplicação de cargas sobre a superfície;

- Rotação de culturas. Assim como em qualquer sistema de produção vegetal, a rotação de culturas é imprescindível para a sustentabilidade do sistema ILP, pois melhora a qualidade e a conservação do solo, reduz a incidência de pragas, doenças e plantas daninhas e aumenta a diversificação temporal da exploração econômica na propriedade rural;

- Uso de genótipos de animais e vegetais melhorados que apresentem elevado rendimento com parâmetros qualitativos e de rusticidade desejados. Um dos requisitos para que o sistema ILP seja sustentável é a obtenção de rendimentos elevados, seja de animais ou vegetais; e

- Manejo correto da pastagem, principalmente em termos de adubação e altura da pastagem. O manejo apropriado da pastagem é fator imperativo para o sucesso do sistema ILP (CARDOSO et al., 2007). Em relação à adubação, é inegável que a maioria das espécies forrageiras exibe elevada resposta produtiva frente à melhoria da disponibilidade de nutrientes. A deficiência de nitrogênio (N) limita o rendimento forrageiro, principalmente em gramíneas, – base da produção de pastagens no Brasil (SOARES & RESTLE, 2002; GARAY et al., 2004). A adubação nitrogenada, além de aumentar o rendimento de forragem, pode melhorar o desempenho de culturas semeadas em sucessão, devido ao aproveitamento de N residual, como observado em trabalho desenvolvido por ASSMANN et al. (2003). Além do N, têm sido comum pastagens com deficiência de fósforo e potássio. No tocante à altura da pastagem, independentemente do sistema utilizado, rotacionado ou contínuo, a manutenção de alturas de plantas recomendadas para cada espécie é importante para obtenção de alto rendimento e qualidade forrageira e, ao mesmo tempo, melhoria da qualidade do solo e redução de

compactação imposta pelo pisoteio. Cada espécie forrageira apresenta altura mais adequada de pastejo, dependendo das suas características morfofisiológicas. Em alturas de plantas muito elevadas, há reduzidos teores de proteína bruta e energia e elevado teor de fibra bruta, o que reduz o consumo e a digestibilidade da forragem, além de haver perda de folhas e caules devido à senescência, reduzindo o nível de utilização da pastagem pelos animais. Por outro lado, pastagem pastejada em excesso exibe reduzido Índice de Área Foliar (IAF), o que compromete a interceptação de radiação solar pelo dossel e, conseqüentemente, há redução da fotossíntese líquida da pastagem e comprometimento do rebrote. Além disso, pastagens que apresentam baixa cobertura do solo devido ao pastejo excessivo permitem infestações de plantas daninhas e ocorrência de erosão hídrica. A altura da pastagem é de fácil determinação em campo e, por isso, tem sido empregada em maior intensidade no manejo da pastagem em comparação com a oferta, que é a massa seca disponível para cada 100kg de peso vivo por dia, variável de difícil determinação no campo.

A compactação superficial do solo no sistema ILP

A possibilidade de haver compactação superficial do solo manejado em plantio direto, devido ao pisoteio imposto pelos animais criados no sistema ILP, é a principal preocupação dos agricultores que usam esse sistema. A compactação altera a estrutura do solo, aumenta a resistência mecânica ao crescimento de raízes e reduz a porosidade total, a macroporosidade, a disponibilidade de água e nutrientes e a difusão de gases (TAYLOR & BRAR, 1991; MATERECHERA et al., 1992).

Na literatura, há resultados discrepantes quanto ao efeito de pisoteio na compactação de solos cultivados em sistema ILP. Em parte, isso ocorre devido à ambigüidade do conceito de compactação. Para alguns autores, como, por exemplo, HAKANSSON & VOORHEES (1998), um solo está compactado quando sua densidade se encontra em níveis superiores ao estado natural desse solo, considerado como referência. Por outro lado, para MANTOVANI (1987), um solo está compactado quando a proporção do volume total de poros é insuficiente para o adequado crescimento de raízes, afetando o rendimento de culturas agrícolas. Agronomicamente o último conceito é mais apropriado, pois relaciona a compactação com o desempenho de culturas. SILVA et al. (1994) propuseram um indicador de qualidade física do solo, denominado Intervalo Hídrico Ótimo (IHO), que engloba em uma variável a resistência à penetração, a disponibilidade de água e a aeração do solo. Esse

indicador define que, em solos não-compactados, a restrição ao crescimento das plantas ocorre apenas por déficit hídrico e, na medida em que o grau de compactação aumenta, essa restrição pode ocorrer pela falta de aeração e pelo aumento da resistência do solo à penetração. Além disso, resultados distintos quanto ao efeito do pisoteio sobre a compactação do solo podem ser explicados facilmente pelas diferenças de características edáficas e de manejo empregadas no sistema ILP.

De acordo com MAPFUMO et al. (1999), a presença de animais em áreas cultivadas pode provocar compactação do solo, especialmente na camada superficial (0 a 10cm). A superficialidade da compactação decorrente do pisoteio ocorre porque a profundidade de efeito de uma pressão aplicada na superfície do solo é proporcional à sua área de contato (SOEHNE, 1958). Em solos argilosos, o pisoteio animal pode compactar a camada superficial e restringir o crescimento de raízes e o rendimento de culturas (ALBUQUERQUE et al., 2001). Segundo TREIN et al. (1991) e ALBUQUERQUE et al. (2001), uma das principais causas de degradação em áreas cultivadas é a compactação do solo, causada pelo intenso tráfego de máquinas e pelo pisoteio animal em áreas de ILP manejadas no sistema plantio direto. De acordo com LANZANOVA et al. (2007), em pastagem formada pelo consórcio de aveia preta e azevém, cujo período de descanso foi de 14 dias, houve redução da taxa de infiltração de água no solo em relação à ausência de pastejo. Nesse caso, a taxa de infiltração de água no solo foi uma variável utilizada para representar o grau de compactação deste.

Por outro lado, em pastagem de aveia consorciada com azevém, a presença de bovinos ocasionou pequeno aumento na densidade do solo, na camada superficial, comparativamente à área não pastejada, porém isso não resultou em redução do rendimento da cultura de soja semeada em sucessão, comprovando que o pisoteio bovino não causou compactação em níveis prejudiciais (FLORES et al., 2007). É certo que a manutenção de altura correta da pastagem é fator imperativo para que não haja compactação do solo devido ao pisoteio (FIDALSKI et al., 2008). Em condição de elevada interceptação de radiação, a pastagem possui elevado crescimento de folhas e raízes, o que confere ao solo maior capacidade de suporte de carga, no caso o pisoteio, sem sofrer deformação plástica, ou maior capacidade de recuperação após eventual compactação. O elevado crescimento de raízes é fator importante para reduzir a compactação decorrente de pressões mecânicas exercidas sobre o solo.

Outras práticas podem ser utilizadas com sucesso no sistema ILP para reduzir a deformação plástica decorrente do pisoteio, tais como: plantio direto da pastagem; uso de quantidade adequada de sementes forrageiras; e retirada dos animais da área 20 a 30 dias antes da dessecação realizada para estabelecimento de culturas destinadas à produção vegetal e retirada dos animais da área conduzida sob sistema ILP em dias em que o solo possui umidade acima da capacidade de campo (dias chuvosos), colocando-os em áreas de pastagens perenes. De acordo com rendimentos médios de pastagens anuais de inverno (ASSMANN et al., 2004; SANTOS et al., 2002) e pastagens perenes de verão (BOTREL et al., 2002; SCHEFFER-BASSO et al., 2008), indica-se que as últimas ocupem de 20 a 30% da área cultivada da propriedade rural para manter o rebanho durante o ano.

Nesse contexto, sob adequado manejo da pastagem, seja anual ou perene, a ação mecânica do pisoteio não ocasiona, necessariamente, compactação do solo, o que viabiliza o estabelecimento, em plantio direto, de culturas para produção vegetal em sucessão às pastagens.

Produção animal e vegetal em sistema ILP

Nos últimos anos, a produção de carne e leite à base de pasto vem ganhando importância, já que resulta em maior renda líquida, em comparação com sistemas que utilizam alimentos concentrados como base da alimentação, imprime melhor bem-estar animal e, ainda, apresenta menor concentração de excrementos, os quais podem causar contaminação do ambiente.

No Sul do Brasil, vários trabalhos de pesquisa comprovaram o elevado potencial de produção de carne em pastagens anuais de inverno, em cultivo solteiro ou em consórcios, como, por exemplo, em aveia preta (LESAMA & MOOJEN, 1999; ROSO & RESTLE, 2000; ASSMANN et al., 2004; NICOLOSO et al., 2006), aveia branca, azevém (LESAMA & MOOJEN, 1999; ROSO & RESTLE, 2000; SOARES & RESTLE, 2002; ASSMANN et al., 2004; NICOLOSO et al., 2006), triticale (SOARES & RESTLE, 2002; ROSO & RESTLE, 2000), centeio (ROSO & RESTLE, 2000). Além dessas gramíneas, as ervilhacas também podem ser utilizadas para engorda de bovinos no inverno (SANTOS et al., 2002).

Há variações expressivas em termos de ganho de peso vivo por área e velocidade de acabamento de carcaça em pastagens anuais de inverno, já que o desempenho animal está associado a todos os fatores que afetam a produção forrageira, a utilização pelos animais da massa vegetal produzida e a conversão

da massa vegetal consumida em carne. Vale destacar que a produção de carne com base em gramíneas anuais de inverno é expressivamente afetada pela fertilização nitrogenada (SOARES & RESTLE, 2002). No entanto, há dificuldades em determinar doses cuja eficiência econômica seja máxima, pois o preço dos fertilizantes nitrogenados e da carne afeta o cálculo.

No caso da produção de leite, as pastagens anuais de inverno podem gerar alimento de elevada qualidade em termos de consumo, digestibilidade e composição bromatológica (SANTOS et al., 2002). SOUTO (2006) verificou que, em pastagem de aveia preta consorciada com azevém e com suplementação concentrada de apenas 20% das necessidades para manutenção e produção de 28kg de leite por dia, a produção de leite por vaca por dia não diferiu daquela em que se utilizou 100% de suplementação com concentrado (23kg dia⁻¹). Isso demonstra a oportunidade de produção de leite em pastagens anuais de inverno, cultivadas em sistema ILP.

Ainda em relação à produção animal obtida em sistema ILP, deve-se considerar o uso de pastagens perenes. Nesse caso, as pastagens podem se beneficiar de adubações residuais de culturas anuais e, conseqüentemente, exibir alta produção forrageira que pode ser convertida em carne ou leite (KLUTHCOUSKI et al., 2003).

No tocante às culturas, há resultados de pesquisa que comprovam que, quando o sistema ILP é conduzido seguindo seus fundamentos, a produção é igual ou superior a sistemas constituídos somente com esse componente. ASSMANN et al. (2003) verificaram que o pastejo de aveia branca e azevém no inverno não afetou o desempenho do milho semeado em sucessão, comparativamente às áreas não pastejadas. De acordo com NICOLOSO et al. (2006), há redução de rendimento de milho semeado em sucessão à pastagem de inverno somente quando há elevada frequência e pressão de pastejo. Nesse estudo, os autores determinaram que o uso de pastagem de aveia preta consorciada com azevém, manejada com alturas de 10 a 40cm, não afetou o estabelecimento e o rendimento da soja cultivada em sucessão, em relação às áreas não pastejadas. LUNARDI et al. (2008) verificaram que a soja cultivada após pastagem de inverno apresentou rendimento de grãos superior à soja cultivada após cobertura do solo, sem pastejo. No milho, verificou-se similar estabelecimento e rendimento de grãos quando a cultura foi semeada após pastagem ou cobertura do solo, ambas compostas pelo consórcio de aveia preta, azevém, ervilhaca e trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi.) (BALBINOT JR., 2007).

Esses resultados comprovam que o sistema ILP pode gerar elevados rendimentos, seja do componente animal ou vegetal. O alto rendimento e a redução de custos de produção são fatores-chave para que o sistema ILP seja economicamente interessante (FONTANELI et al., 2000) e exiba menor risco de insucesso econômico ao longo do tempo (AMBROSI et al., 2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema ILP intensifica o uso de áreas agrícolas na região Sul do Brasil, proporcionando vantagens biológicas e econômicas, o que pode se refletir em aumento de rendimento e redução de custos de produção. No entanto, para o adequado funcionamento, alguns fundamentos devem ser atendidos, como o uso de rotação de culturas e sistema plantio direto, a correção da acidez e fertilidade do solo, o emprego de genótipos melhorados, bem como o manejo correto da pastagem, em especial no que tange a sua fertilização e à manutenção de altura adequada da mesma. Para que esses fundamentos sejam adotados com sucesso, são necessários conhecimento e planejamento das ações a serem desenvolvidas na propriedade.

O cultivo de pastagens anuais de inverno em áreas agrícolas subutilizadas representa grande oportunidade de uso econômico mais intenso dessas áreas. Por outro lado, o aprimoramento do sistema ILP já usado nas propriedades, seguindo fundamentos técnicos, eleva a lucratividade da atividade vegetal e animal. Além disso, a adoção correta do sistema ILP propicia melhoria na qualidade do solo, por meio de aumento da incorporação de carbono orgânico no solo e da ciclagem de nutriente, sem que haja compactação deste. Nesse contexto, o sistema ILP é importante para a sustentabilidade da agropecuária na região Sul do Brasil.

Enfatiza-se que há reduzido número de pesquisas sobre sistema ILP no Sul do Brasil, devido, em especial, à complexidade envolvida na investigação científica desse sistema, pois há necessidade de conhecimento sobre a interação solo-planta-animal, o que se reflete em dificuldades metodológicas. Além disso, pesquisas sobre sistema ILP, em geral, são de longa duração e ocupam áreas extensas. Nesse sentido, há necessidade de intensificação de pesquisas interdisciplinares sobre esse tema, contemplando diferentes espécies forrageiras e de culturas agrícolas, categorias animais, sistemas de pastejo e características edafoclimáticas.

REFERÊNCIAS

- ABREU JR., C.H. et al. Relationship between acidity and chemical properties of Brazilian soils. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.2, p.337-343, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162003000200019&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Doi: 10.1590/S0103-90162003000200019.
- ALBUQUERQUE, J.A. et al. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.717-723, 2001.
- AMBROSI, I. et al. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1213-1219, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001001000001&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-204X2001001000001.
- ASSMANN, T.S. et al. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.675-683, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000400012&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-06832003000400012.
- ASSMANN, A.L. et al. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.37-44, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982004000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S1516-35982004000100006.
- BALBINOT JR., A.A. **Uso do solo no inverno: propriedades do solo, incidência de plantas daninhas e desempenho da cultura de milho**. 2007. 150f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Paraná.
- BOTREL, M.A. et al. Potencial forrageiro de gramíneas em condições de baixas temperaturas e altitude elevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.393-398, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000300021&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-204X2002000300021.
- BRAIDA, J.A. et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.4, p.605-614, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832006000400001&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-06832006000400001.
- BRUM, A.L. et al. A competitividade do trigo brasileiro diante da concorrência argentina. O comércio internacional e a competitividade pelo custo de produção. **Revista Galega de Economía**, Santiago de Compostela, v.14, n.1-2, p.1-15, 2005.
- BUSCHBACHER, R.J. Cattle productivity and nutrient, fluxes on an Amazon pasture. **Biotropica**, Storrs, v.19, n.3, p.200-207, 1987.
- CARDOSO, R.R. et al. O manejo do pastejo e seu impacto nos atributos físicos de um argissolo vermelho em integração lavoura-pecuária. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007. CD-ROM.
- CONCEIÇÃO, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.777-788, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000500013&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-06832005000500013.
- CÓRDOVA, U.A. et al. **Melhoramento e manejo de pastagens naturais no Planalto Catarinense**. Florianópolis: Grafine, 2004. 274p.
- DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 173p.
- 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.
- ENTZ, M.H. et al. Rotational benefits of forages crops in Canadian prairie cropping systems. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.8, n.4, p.521-529, 1995.
- ENTZ, M.H. et al. Potential of forages to diversify cropping systems in the Northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, n.1, p.204-213, 2002.
- FIDALSKI, J. et al. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.11, p.1583-1590, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2008001100018&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-204X2008001100018.
- FLORES, J.P.C. et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p.771-780, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832007000400017&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-06832007000400017.
- FONTANELI, R.S. et al. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2129-2137, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000001100002&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-204X2000001100002.
- GARAY, A.H. et al. Nitrogen fertilization and stocking rate affect stargrass pasture and cattle performance. **Crop Science**, Madison, v.44, n.4, p.1348-1354, 2004.

- HAKANSSON, I.; VOORHEES, W.B. Soil compaction. In: LAL, R. et al. **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Rotan : CRC, 1998. p.167-179.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p.
- LANZANOVA, M.E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.1131-1140, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832007000500028&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-06832007000500028.
- LESAMA, M.F.; MOOJEN, E.L. Produção animal em gramíneas de estação fria com fertilização nitrogenada ou associadas com leguminosa, com ou sem fertilização nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.1, p.123-128, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781999000100022&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0103-84781999000100022.
- LUNARDI, R. et al. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.795-801, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000300032&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0103-84782008000300032.
- MANTOVANI, E.C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.52-55, 1987.
- MAPFUMO, E. et al. Soil compaction under grazing of annual and perennial forages. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.79, n.1, p.191-199, 1999.
- MARCHEZAN, E. et al. Dinâmica do banco de sementes de arroz-vermelho afetado pelo pisoteio bovino e tempo de pousio da área. **Planta Daninha**, Viçosa, v.21, n.1, p.55-62, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582003000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0100-83582003000100007.
- MATERECHERA, S.A. et al. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.144, n.2, p.297-303, 1992. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/x844606436684213/>>. Doi: 10.1007/BF00012888.
- MORAES et al. Integração agropecuária em sistema plantio direto: integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 9., 2004, Chapecó, SC. **Anais...** Ponta Grossa: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2004. 120p. p.19-22.
- NICOLOSO, R.S. et al. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1799-1805, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000600020&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S0103-84782006000600020.
- POWELL, J.M.; WILLIAMS, T.O. **Livestock, nutrient cycling and sustainable agriculture in the West African Sahel**. London: International Institute for Environment and Development, 1993. p.7.
- RAO, S.C. et al. Potential grain and forage production of early maturing pigeonpea in the Southern Great Plains. **Crop Science**, Madison, v.43, n.6, p.2212-2217, 2003.
- ROSO, C.; RESTLE, J. Azevia preta, triticale e centeio em mistura com azevém. 2. Produtividade animal e retorno econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.29, n.1, p.85-93, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982000000100012&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S1516-35982000000100012.
- RUSSELLE, M.P. Nutrient cycling in pasture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. 471p. p.235-266.
- RUSSELLE, M.P. et al. Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, n.2, p.325-334, 2007. Disponível em: <<http://agron.sci journals.org/cgi/content/abstract/99/2/325>>. Doi: 10.2134/agronj2006.0139.
- SANTOS, H.P. et al. **Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142p.
- SCHEFFER-BASSO, S.M. et al. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: cultivar Tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.11, p.1940-1946, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008001100006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S1516-35982008001100006.
- SILVA, A.P. et al. Characterization of the least limiting water range. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.6, p.1775-1781, 1994.
- SINGER, M.J.; EWING, S. Soil quality. In: SUMNER, M.E. **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC, 2000. p.G271-G298.
- SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA – 2006-2007. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2007. V.1, 282p.
- SOARES, A.B.; RESTLE, J. Produção animal e qualidade de forragem de pastagem de triticale e azevém submetida a doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.908-917, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982002000400014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Doi: 10.1590/S1516-35982002000400014.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, RS: SBSC/ Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 394p.

- SOEHNE, W. Fundamentals of pressure distribution and soil compaction under tractor tires. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.39, n.1, p. 276-281, 1958.
- SOUTO, M.S. **Pastagem de aveia e azevém na integração lavoura-pecuária: produção de leite e características do solo**. 2006. 80f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná.
- SULC, R.M.; TRACY, B.F. Integrated crop-livestock systems in the U.S. corn belt. **Agronomy Journal**, Madison, v.99, n.2, p.335-345, 2007. Disponível em: <<http://agron.sciijournals.org/cgi/content/abstract/99/2/335>>. Doi: 10.2134/agronj2006.0086.
- TAYLOR, H.M.; BRAR, G.S. Effect of soil compaction on root development. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.19, n.2-3, p.111-119, 1991. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TC6-491572G-FY&_user=687358&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=0ac149b1b4efbc15ed0b3c3a86919437>. Doi: 10.1016/0167-1987(91)90080-H.
- TRACY, B.F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop-livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v.48, n.3, p.1211-1218, 2008.
- TREIN, C.R. et al. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, n.1, p.105-111, 1991.
- WILKINSON, S.R.; LOWREY, R.W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: BUTLER, G.W.; BAILLEY, R.W. **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic, 1973. p.247-315.