

## AVANÇOS CIENTÍFICOS EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL

Anibal de Moraes<sup>(1)</sup>; Jonatas Thiago Piva<sup>(2)</sup>; Laércio Ricardo Sartor<sup>(2)</sup>; Paulo César Faccio de Carvalho<sup>(3)</sup>

(1) Professor Associado, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, UFPR, Curitiba, PR; (2) Doutorando do Programa de Pós Graduação em Agronomia, Produção Vegetal, UFPR, Curitiba, PR; (3) Professor Associado, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, UFRGS, Porto Alegre-RS;



**Resumo** - O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) praticado no sul do Brasil baseia-se no uso de cultura anuais de inverno (principalmente aveias e azevém) sob pastejo e cultivado em sucessão as cultura de lavoura (milho, soja e feijão). Apesar dos diferentes enfoques, os benefícios da ILP têm sido associados invariavelmente à redução de custos, aumento da eficiência do uso da terra, melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, redução de pragas e doenças, aumento de liquidez e de renda da propriedade. Nos últimos anos as pesquisas buscam entender, no sistema de ILP, aspectos relacionados à física, química e biologia do solo, procurando desmistificar que a entrada do animal no sistema seja um problema a produção de grãos. Do contrario, os eventos científicos demonstram que o animal não prejudica os atributos físicos do solo, desde que mantida carga animal moderada; áreas com pastejo apresentam características químicas de solo quando não parecidas, superiores a áreas sem pastejo e o rendimento de grãos superior quando com pastejo no inverno anterior. Também, recentes estudos estão voltados para a emissão de gases de efeito estufa (GEE) dos diferentes sistemas de produção, buscando estratégias que tenham capacidade de mitigar a emissão desses. Enfim, com a preocupação da necessidade eminente em se aumentar a produção de alimento, os sistemas de ILP apresentam-se como uma promissora estratégia. Pois possibilita a produção animal nos momentos em que as áreas permanecem em pousio ou sob cultivo de forrageiras de inverno, sem, no entanto, prejudicar a produção de grãos. Sendo assim, tornar o uso de insumos mais eficiente e garantir renda ao produtor, visto a diversificação de atividades na propriedade.

**Palavras-Chave:** conservação do solo, oferta de forragem, produção animal, produção de grãos, produção do sistema

## SCIENTIFIC ADVANCES ON CROP-LIVESTOCK SYSTEMS IN SOUTHERN BRAZIL

**Abstract**- Crop livestock system (CLS) used in southern Brazil is based on the use of winter annual crops (oats and ryegrass) as forage to grazing animals and summer crops (corn, soybeans and beans) cultivated in succession the winter crops. Despite different approaches, the benefits of CLS have been invariably associated with reduced costs, increased efficiency of land use, improvement of physical, chemical and biological soil traits, reduction of pests and diseases, increased liquidity and income o the farm. In recent years, crop livestock system research seeks to understand the issues related to physics, chemistry and biology of the soil, trying to demystify that the use of animal at grazing systems affect summer crop production. Otherwise, scientific events show that the animal does not affect the physical attributes of the soil, since sustained moderate stocking rate.

Furthermore, grazing areas show soil chemical characteristics similar if not higher than areas ungrazed and higher grain yield at grazed areas in the previous winter. Also, recent studies are focused on the emission of greenhouse gases from the different production systems, seeking strategies with the capacity to mitigate these emissions. Finally, considering the concern with the perceived need to increase the production of food, crop livestock systems are presented as a promising strategy once it allows livestock production in a period in which areas remain on fallow or under cultivation of winter forage, without, however, impair the production of grain. Considering this facts, crop livestock systems may result in a more efficient use of inputs and guarantee income to the producer by the diversification of activities on the farm.

**Keyword:** animal production, cash crop production, herbage allowance, system production, soil conservation,

## 1. INTRODUÇÃO

A região Subtropical da América do Sul, representada no Brasil pela sua Região Sul, manteve durante décadas uma agricultura de monocultura e de exploração convencional, bem como uma pecuária em estágio avançado de degradação. Como a maior área agrícola no Brasil concentrava-se no Rio Grande do Sul, foi neste Estado que se verificaram os primeiros sintomas negativos de uma exploração irracional dos recursos naturais renováveis, e que nesse momento, parecia não ser mais tão renováveis. Com isso muitos agricultores desta região acabaram migrando em busca de novas fronteiras agrícolas que surgiam no País, atraídos pelos baixos preços da terra e solos mais produtivos. A diversificação representa a superação destes e outros problemas, podendo assegurar uma eficiente, produtiva e estável agricultura no futuro. Entre as possibilidades de diversificação, encontra-se a integração lavoura-pecuária, que junto com outras práticas, como a rotação de culturas, plantio direto, uso de genótipos melhorados, permitem maior sustentabilidade do agroecossistema. O termo integração lavoura - pecuária tem sido utilizado de forma genérica para sistemas de produção em que participem atividades agrícolas e pecuárias, com um mínimo de interface entre elas.

A integração da lavoura-pecuária (ILP) como conceito tecnológico é tão antiga quanto a domesticação dos animais e das plantas. Vários países a utilizam, sendo que a combinação de atividades pode ser tão distinta quanto a diversidade dos sistemas de produção existentes. Tomando a Ásia como exemplo, a ILP em pequenas propriedades é o sistema que tende a ser dominante e é utilizado diferentemente dos modelos de integração conhecidos no Subtropical da América do Sul. Alguns exemplos de sistemas de integração cultura anual-animal incluem arroz, trigo, gado, ovelhas e cabras na Índia, arroz, cabras, patos e

peixes na Indonésia; arroz, búfalos, porcos, galinhas, patos e peixes nas Filipinas; arroz, vegetais, porcos, patos e peixes na Tailândia e, no Vietnã, o uso de vegetais, cabras, porcos, patos e peixes (Devendra & Thomas, 2002). Percebe-se, com isso, a diversidade potencial do sistema, podendo ser utilizado de diferentes maneiras nas diferentes partes do mundo.

No Brasil, a ILP sempre foi bastante utilizada, em particular na abertura de fronteiras agrícolas. O sistema Barreirão é um exemplo disto. O que é novo, em termos mundiais e de Brasil, é a aplicação desses conceitos de ILP em sistemas de plantio direto (SPD). Embora haja muitos paradigmas a respeito da entrada de animais em áreas de Sistema de Plantio Direto (Moraes et al., 2002), observa-se forte crescimento na adoção da tecnologia de integração, particularmente no centro-sul do país, com particularidades distintas de cada região. No Cerrado o enfoque da integração está na rotação de culturas, recuperação dos solos e de pastagens degradadas. Já no Subtropical do Brasil o enfoque tem sido também na rotação e diversificação, mas principalmente como alternativa de renda e utilização da terra nos períodos entre as lavouras de verão. Apesar dos diferentes enfoques, os benefícios da ILP têm sido associados invariavelmente à redução de custos, aumento da eficiência do uso da terra, melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, redução de pragas e doenças, aumento de liquidez e de renda.

A região subtropical do Brasil possui uma área cultivada anualmente, com soja (*Glycine max*), de aproximadamente 9,1 milhões de ha. A de milho (*Zea mays*) é estimada em 4,1 milhões de ha, de feijão (*Phaseolus vulgaris*) cerca de 0,7 milhões de ha e a de arroz (*Oryza sativa*) em torno de 1,4 milhões de ha com plantio anual (CONAB, 2011). Nos últimos anos, a área semeada com trigo (*Triticum aestivum*), aveia branca (*Avena sativa*), cevada (*Hordeum vulgare*), triticale (*X triticosecale*

Witt.) e centeio (*Secale cereale*) tem sido de, aproximadamente 2,5 milhões de ha (Tabela 1). O restante da área, 12,8 milhões de ha, fica praticamente sem renda durante o inverno, com áreas de solo descoberto ou simplesmente com culturas de cobertura, quase sempre por plantas forrageiras, no exato período em que falta alimento para toda a pecuária no Sul do Brasil, que é baseada em pastagens naturais ou cultivada de ciclo estival. Não há justificativas, no contexto econômico e social que vivemos atualmente, para que essas áreas não produzam riqueza e empregos ao longo de todo ano.

Tabela 1. Relação da área cultivada anualmente com soja, milho, arroz, feijão e cereais de inverno na região subtropical do Brasil. Fonte: CONAB - Avaliação da Safra Agrícola 2010/2011. Levantamento Junho/2011.

Período	Cultura	PR (milhões ha)	SC (milhões ha)	RS (milhões ha)
Verão	Soja	4,590	0,458	4,084
	Milho	2,413	0,548	1,099
	Arroz	0,039	0,150	1,162
	Feijão	0,519	0,104	0,092
	<b>Total</b>	<b>7,561</b>	<b>1,260</b>	<b>6,437</b>
Inverno	Trigo	1,147	0,088	0,793
	Aveia	0,048	0,018	0,098
	Outras	0,085	0,003	0,068
	<b>Total</b>	<b>1,280</b>	<b>0,109</b>	<b>0,959</b>

A esse modelo é que se baseiam os sistemas de ILP no Sul do Brasil, ou seja, as áreas que no verão são cultivadas por lavoura (milho, feijão, soja, arroz) são destinadas a produção animal no inverno sob pastagens anuais de inverno (aveia, azevém, trigo, centeio). Contudo existem muitos paradigmas a serem desmistificados no meio agropecuário, como o fato de que o animal possa extrair nutrientes do sistema, afetar as características físicas do solo e/ou não proporcionar a manutenção de matéria orgânica ou cobertura vegetal no solo após o pastejo. A pesquisa vem de encontro a esse problema e justifica o fato de que o animal no sistema tende a melhorá-lo, e que os insucessos estão baseados, principalmente, na falta de fertilização das áreas e na excessiva carga animal imposta nos períodos de pastoreio.

## 2. INTEGRANDO LAVOURA-PECUÁRIA

As propriedades agrícolas, em geral, necessitam de alternativas de rotação que possam intensificar o uso da terra, aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção e melhorar a renda. Assim como a degradação foi fruto de um processo histórico movido pelo ser humano, a recuperação também depende de ações humanas efetivas e emergenciais. Nesse sentido, a ILP desenvolveu-se como uma opção para regiões tipicamente agrícolas, sendo uma opção de diversificação que possibilita a utilização na alimentação animal de

plantas de cobertura e/ou pastagens anuais em rotação com cultivos anuais de grãos. Bem como, em áreas tipicamente de pecuária, onde a agricultura entra como uma opção para o estabelecimento ou reforma de pastagens. A utilização da agricultura no processo de recuperação da capacidade produtiva das áreas destinadas às pastagens possibilita controle de invasoras e adoção de fertilização de uma forma mais fácil, além da diversificação da renda das propriedades.

Dentre as temáticas de pesquisa de interesse relevante está o estabelecimento de um nível ótimo de biomassa que garanta cobertura de solo e não comprometa o desenvolvimento da lavoura. Em sistemas integrados isto não é tarefa fácil e, dependendo do interesse, esse nível pode ser diferente. Pensando-se apenas no controle da erosão, a existência de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de resíduos, correspondendo a 65% de cobertura do solo, reduziu a erosão em 90 a 95%, em solo com 7,5% de declive (Lopes et al., 1987). Além disso, quando se considera a produção animal, a complexidade aumenta, uma vez que a biomassa aérea define o ganho por animal e o ganho por área, por afetar a ingestão de forragem e oportunizar ao animal a possibilidade de selecionar sua dieta. O nível ótimo de biomassa, para a produção animal (individual e por área), também tem seus pontos ótimos, os quais, muito provavelmente, serão diferentes entre si e dos pontos ótimos para cobertura do solo e rendimento de grãos.

A consequência dessas particularidades da ILP em SPD é que a taxa de lotação animal utilizada no sistema é determinante tanto da produção pecuária quanto agrícola (Figura 1).

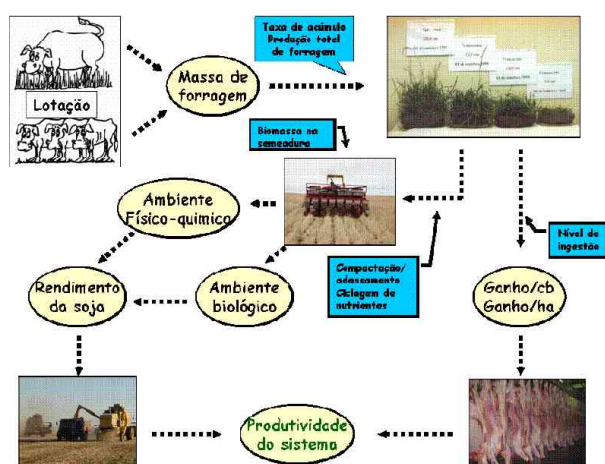


Figura 1. Representação esquemática do modelo conceitual de pesquisa da integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto. O modelo se aplica a rotações típicas com lavouras anuais de verão, exemplificado com soja.

Como pode ser observada, a taxa de lotação tem

importância central em condições de ILP por que afeta indiretamente a quantidade de biomassa presente ao longo do ciclo da pastagem e que será transferida para o ciclo de lavoura. Portanto, as pesquisas dos efeitos da intensidade de pastejo sobre o sistema são da maior relevância, e têm pautado boa parte das investigações no tema na região Sul do Brasil (Lustosa, 1998; Moraes et al. 2002; Cassol, 2003; Flores, 2004; Lang, 2004).

### 3. AVANÇOS CIENTÍFICOS NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.

#### 3.1 Aspectos químicos

Na UNICENTRO, campus de CEDETEG em Guarapuava, com um protocolo iniciado em 2006 onde se verificam influência de doses de nitrogênio aplicadas na pastagem de inverno e na cultura de verão, bem como o uso ou não do pastejo no inverno, em sistema de plantio direto. Nesse experimento, com a implantação do sistema de ILP, nas áreas que foram pastejadas no inverno, os teores de matéria orgânica no solo demonstram ser superiores às áreas não pastejadas (Figura 2) durante todo o período de avaliação (2006 a 2009), exceto em 2007 quando não se observaram diferenças para essa variável.

Nas parcelas com pastejo no inverno, os teores de matéria orgânica foram maiores não apenas na superfície, mas também em maiores profundidades, se comparada às áreas sem pastejo, o que pode ser explicado pela migração em profundidade de ácidos orgânicos que pode ser intensificada pela presença de dejetos animais na área. Quantidade de matéria orgânica, que sugere estimativas de carbono orgânico presente no solo, é muito influenciada pelo manejo imposto durante o pastejo, evitando pastejo excessivo, e pela rotação de culturas no verão com inclusão espécies que produzam altas quantidades de fitomassa, como o milho (Nicoloso et al., 2008). Também se sugere que a maior quantidade de matéria orgânica na superfície advinha da maior produção de raízes, que pode ser aumentada quando em pastejo (Souza et al., 2008) e sua decomposição nessa camada do solo (Corazza et al., 1999). Fatores que contribuem também para o melhor e maior desenvolvimento da microbiota do solo, tornado mais eficiente a ciclagem de nutrientes, podendo afetar os resultados produtivos. Para Tracy & Zhang (2008) o sistema de integração lavoura pecuária pode aumentar as concentrações de carbono orgânico no solo ao longo do tempo devido ao crescimento contínuo de plantas para exploração vegetal, rotação de culturas, incremento da massa produzida por tempo em decorrência do pastejo e maior ciclagem de nutrientes. Também a planta prolonga seu ciclo vegetativo produzindo

mais massa quando com pastejo se comparado a plantas sem pastejo que em menos tempo tende a alongar os entrenós e entrar na fase reprodutiva, destinando os fotoassimilados para a reprodução e cessando o acúmulo de biomassa.

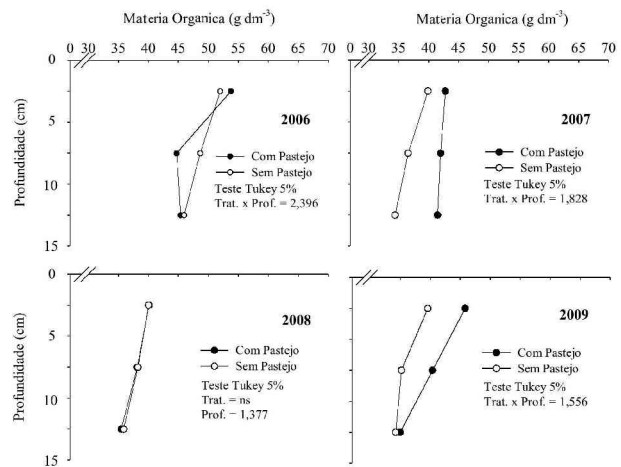


Figura 2 - Teores de matéria orgânica (g dm<sup>-3</sup>) no sistema de integração lavoura pecuária em função de utilização ou não do pastejo no inverno (Avena strigosa, Avena sativa e Lolium multiflorum) e da profundidade (0-5; 5-10; 10-15 cm) nos anos de 2006, 2007, 2008 e 2009. Guarapuava, PR. (Sartor, 2010, em tramitação).

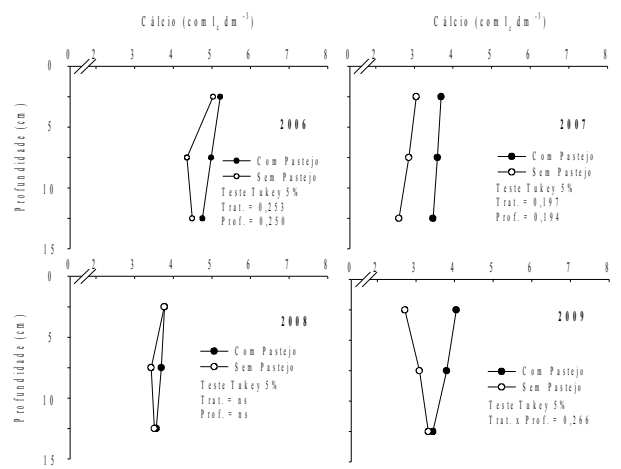


Figura 3 - Concentração de cálcio (cmolc dm<sup>-3</sup>) em um sistema de integração lavoura pecuária em função de utilização ou não do pastejo no inverno e da profundidade (0-5; 5-10 e 10-15 cm) nos anos de 2006, 2007, 2008 e 2009. Guarapuava, PR. (Sartor, 2010, em tramitação)

No mesmo protocolo, as concentrações de Ca são maiores nas áreas com pastejo em dois anos de avaliação (2007 e 2009), ambos após cultivo do feijão (Figura 3). O fornecimento de minerais aos animais durante o período de pastejo e seu retorno via fezes e urina à essas áreas parece estar contribuindo para uma melhoria na disponibilidade de Ca no solo. As maiores concentrações de Ca nas áreas com pastejo estão de acordo aos encontrados por Flores et al. (2008) onde trabalhando com calagem superficial observou maiores

concentrações de Ca nas áreas com pastejo após 24 meses da aplicação do calcário e efeito positivo do animal na correção do solo quanto ao calcário.

Observaram-se teores muito próximos de Ca entre as profundidades amostradas, caracterizando movimentação de Ca no perfil do solo. Isso se deve a liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular a partir da decomposição de resíduos orgânicos, que atuam como ligantes orgânicos, o que se sugere também a partir da decomposição das fezes dos animais (Miyazawa et al., 1993; Franchini et al., 2000).

A H+Al apresentou-se mais elevada nas áreas sem pastejo nos anos de 2007 e 2009 (Figura 4). Onde em profundidade os valores diferiram apenas no ano de 2009 e embora sem interação, verifica-se maior diferença, nesse ano, entre as áreas com e sem pastejo na camada de 5-15 cm para H +Al. Vários mecanismos podem estar envolvidos na mudança da acidez do solo em camadas subsuperficiais, especialmente quando aplicado o calcário em superfície, como nesse trabalho e no sistema de plantio direto (Caires et al., 2000; Flores et al., 2008). Uma possível explicação é a migração de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  para camadas mais profundas de solo (Oliveria & Pavan, 1996). Bem como, resíduos orgânicos desempenham papel fundamental (SIDIRAS & Pavan, 1985) na correção da acidez nas camadas mais profundas, o que pode ser otimizado pelas dejeções dos ovinos em pastejo, assim como observado por Flores et al. (2008) quando a presença de bovinos em pastejo incrementou o efeito em profundidade da calagem superficial.

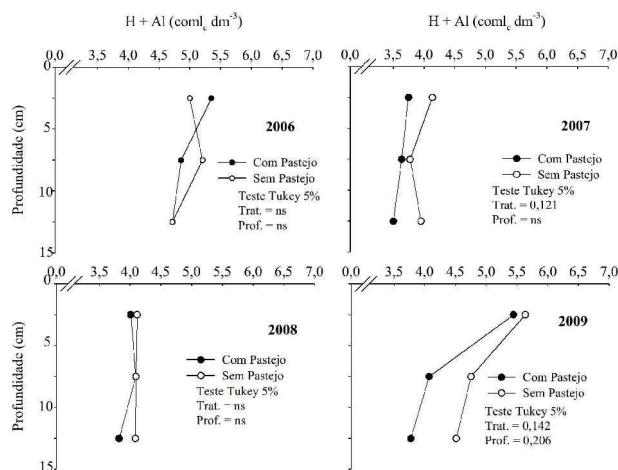


Figura 4 - Acidez potencial (cmolc dm<sup>-3</sup>) em um sistema de integração lavoura pecuária em função de utilização ou não do pastejo no inverno e da profundidade (0-5; 5-10 e 10-15 cm) nos anos de 2006, 2007, 2008 e 2009. Guarapuava, PR.

Também, a deposição de excrementos de origem animal, promove maior atividade microbiana do solo, gerando grande quantidade de bioporos no

interior do solo (Edwards et al., 1988), por onde pode se dar o deslocamento de partículas de calcário, favorecendo a correção da acidez do solo em subsuperfície (Flores et al., 2008). Outro fator possível é o deslocamento mecânico de partículas de calcário ou mesmo de nutrientes pelos canais formados por raízes mortas, uma vez que em pastejo a proporção de raízes tende a ser maior que sem pastejo (Souza et al., 2008).

### 3.2 Aspectos físicos

Os atributos físicos do solo no sistema de ILP sofrem maiores prejuízos quanto mais se eleva a carga animal. Verifica-se que as pastagens conduzidas sem pastejo ou em pastejo bastante leve (40 cm de altura da pastagem) foram as que apresentaram menores valores de resistência à penetração. Isto significa que a lotação respectiva, ou seja, 1 novilho ha<sup>-1</sup>, mantém o solo em condições praticamente idênticas às áreas sem pastejo. Além disso, apesar das condições de umidade do solo afetar a resistência do solo à penetração, a referência para a ocorrência de prejuízo ao crescimento das plantas seria quando da observância de valores acima de 2.000 kPa, limite este que sequer foi atingido mesmo no tratamento de maior intensidade de pastejo (10 cm de altura da pastagem), conforme Cepik et al. (2005), apresentados na Figura 5.

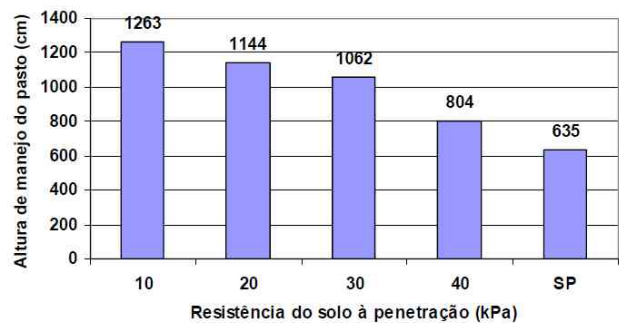


Figura 5. Resistência do solo à penetração (kPa) avaliada na profundidade de 0-12 cm após o quarto ciclo de pastagem em áreas sem pastejo ou com diferentes alturas de manejo da pastagem no inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto (adaptado de Cepik et al., 2005). Tupaciretã – RS.

No protocolo de Guarapuava nas fases após a colheita do feijão e após o pastoreio (Tabela 2) não ocorreu diferença significativa entre os resultados com pastejo e sem pastejo nas três camadas (0-5, 5-10 e 10-15cm) de solo estudadas (Andreolla, 2010). Os valores médios de densidade do solo não atingiram valores limitantes de acordo com a classe textural do solo da região (1,25 – 1,3 Mg m<sup>-3</sup>) e desta forma não interferiram no desenvolvimento da cultura do milho, bem como da forragem, o que está de acordo com os resultados obtidos por Reinert et al. (2006). No trabalho de Andreolla (2010),



comparando a área com e sem pastejo, os valores de densidade do solo, não aumentaram com a presença dos animais e a carga animal encontrada foi em média de 591, 726, 843, 846 kg peso vivo ha<sup>-1</sup>, para os tratamentos com 0, 75, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Afirmações que corrobora para desmistificar o fato de que a presença de animais no inverno em áreas de lavoura é prejudicial à cultura subsequente.

Tabela 2 – Densidade do solo (Mg m<sup>-3</sup>) nas camadas de 0 - 5, 5 - 10 e 10 - 15 cm, nas fases experimentais, em respostas as condições com e sem pastejo, 2008, Guarapuava, PR. (Andreolla, 2010)

Tratamentos Doses de N (kg. ha <sup>-1</sup> )	Fase 3 Após colheita do feijão		Fase 4 Pastoreio		Fase 5 Após colheita do milho	
	Camada de 0 - 5 cm					
	Com Pastejo	Sem Pastejo	Com Pastejo	Sem Pastejo	Com Pastejo	Sem Pastejo
0	1,09 a	1,11 a	1,06 a	1,04 a	0,89 a	0,97 a
75	1,11 a	1,11 a	1,02 a	1,01 a	0,95 a	0,87 a
150	1,09 a	1,05 a	1,04 a	1,03 a	0,96 a	0,97 a
225	1,14 a	1,12 a	1,05 a	1,05 a	0,96 a	0,92 a
<b>Médias</b>	<b>1,11 a</b>	<b>1,10 a</b>	<b>1,04 a</b>	<b>1,03 a</b>	<b>0,94 a</b>	<b>0,94 a</b>
	Média geral= 1,10; CV (%) = 4,64; DMS = 0,05		Média geral= 1,03; CV (%) = 5,65; DMS = 0,07		Média geral= 0,95; CV (%) = 12,73; DMS = 0,15	
Camada de 5 - 10 cm						
0	1,11 a	1,08 a	1,07 a	1,09 a	1,02 a	1,03 a
75	1,13 a	1,10 a	1,05 a	1,08 a	0,99 a	0,97 a
150	1,14 a	1,14 a	1,07 a	1,10 a	0,84 a	1,10 <sup>a</sup>
225	1,17 a	1,08 b	1,08 a	1,07 a	1,08 a	1,02 a
<b>Médias</b>	<b>1,14 a</b>	<b>1,10 b</b>	<b>1,07 a</b>	<b>1,08 a</b>	<b>0,98 a</b>	<b>1,02 a</b>
	Média geral= 1,12; CV (%) = 2,89; DMS = 0,06		Média geral= 1,07; CV (%) = 3,55; DMS = 0,045		Média geral= 1,00; CV (%) = 10,33; DMS = 0,22	
Camada de 10 - 15 cm						
0	1,08 a	1,08 a	1,10 a	1,08 a	1,02 a	0,89 a
75	1,15 a	1,13 a	1,13 a	1,08 a	1,01 a	0,97 a
150	1,14 a	1,13 a	1,06 a	1,07 a	1,05 a	0,98 a
225	1,11 a	1,14 a	1,09 a	1,07 a	1,02 a	1,02 a
<b>Médias</b>	<b>1,12 a</b>	<b>1,12 a</b>	<b>1,08 a</b>	<b>1,06 a</b>	<b>1,01 a</b>	<b>0,97 a</b>
	Média geral= 1,12; CV (%) = 4,12; DMS = 0,09		Média geral= 1,07; CV (%) = 5,14; DMS = 0,08		Média geral= 0,99; CV (%) = 8,58; DMS = 0,10	

Nota: Para cada fase, médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

## 4. NOVOS AVANÇOS NO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

### 4.1 Acúmulo de Carbono

A dinâmica do carbono em sistemas agrícolas pode ser entendida na Figura 6, onde na etapa um, sob vegetação natural ou pastagem o estoque de carbono no solo é elevado e esta em equilíbrio. No momento que se inicia os processos de uso e preparo do solo de forma mais intensiva, começa a diminuir os estoques de carbono no solo (etapa 2). Mantendo esse sistema de manejo e uso intensivo do solo, a concentração estabiliza em valores bem inferiores (etapa três) aos observados numa vegetação natural. A partir do momento que se inicia a implantação de sistemas de uso e manejo do solo mais conservacionista, como sistemas plantio direto, ocorre um aumento gradual dos teores de C no solo sendo mais evidente ao longo dos anos de implantação dos sistemas conservacionistas.

Atualmente é sabido que sistemas de plantio direto na palha, com rotação de culturas, têm capacidade elevada de sequestrar o CO<sub>2</sub> atmosférico. Bem como, fixar esse carbono na matéria orgânica do solo, isso ocorre através da fotossíntese que tem papel fundamental (Bayer, 2004). Sendo que esse processo pode ser acelerado quando ocorre nessas

áreas de plantio direto a introdução do sistema de ILP, que, como já discutido, aumenta a quantidade de material vegetal adicionado através dos ciclos de pastejo e rebrote.

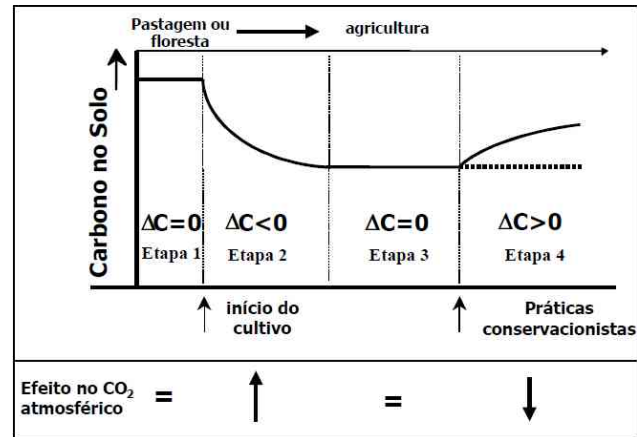


Figura 6: Dinâmica do Carbono em sistemas de manejo do solo. (Adaptado de Amado et al., 2003).

Estoque de C e taxas de sequestro: 9 anos de rotação lavoura-pecuária Latossolo Vermelho distroférrico – Dourados-MS

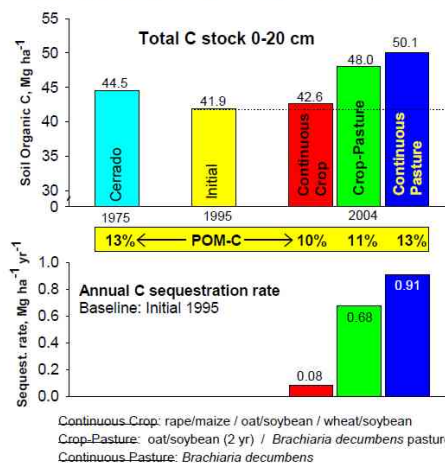


Figura 7 – Estoque e taxa de sequestro de carbono em diferentes sistemas de uso do solo num Latossolo vermelho distroférrico, Dourados – MS. (Adaptado de Salton, 2005).

Com isso, a ILP sob plantio direto pode ser uma boa alternativa de sistema conservacionista para aumentar os teores de C no solo, chegando a valores que podem até superar os teores dos sistemas naturais. As pastagens possibilitam um incremento nos teores de carbono em função do alto desenvolvimento vegetal, tanto na parte aérea como nas raízes, o que é observado em sistemas de ILP sob plantio direto (Franzluebbers & Stuedemann, 2008). A inclusão da forrageira no sistema proporciona uma melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, sendo mais evidente ao longo dos anos de implantação dos sistemas de ILP. Salton (2005), avaliando o carbono orgânico sob diferentes sistemas de uso do solo no cerrado, observou que sistemas integrados e de

pastagens tem alto potencial em acumular carbono, podendo até mesmo superar os valores iniciais da vegetação do cerrado (Figura 7).

#### 4.2 Emissão de gases de efeito estufa

Nas últimas décadas tem aumentado a preocupação da sociedade mundial com as mudanças climáticas ocorridas no planeta, que são decorrentes do aquecimento global. Isso se deve principalmente ao aumento na concentração dos principais gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, dentre esses CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Tal aumento é devido principalmente a ações antrópicas, seja de forma direta pelo aumento do uso de combustíveis fósseis, aumento da poluição industrial, aumento das queimadas, ou indiretamente pelo uso irracional dos recursos naturais.

A agricultura mundial e em especial a brasileira tem contribuído grandemente para a emissão de GEE. Essa emissão ocorre principalmente pelos desmatamentos e queimadas, que são realizados na abertura de novas áreas para a implantação de pastagens e culturas de grãos, e também pela degradação de áreas já existentes, principalmente de pastagens.

Assim, buscam-se estratégias, dentro dos sistemas de produção agropecuários, que tenham capacidade de mitigar a emissão de GEE. E dentro dos sistemas de uso do solo destaca-se a ILP sob plantio direto. Além, dos benefícios químicos, físicos e biológicos do solo que esse sistema proporciona já descritos anteriormente, traz a vantagem de ter um alto potencial em seqüestrar e acumular C-CO<sub>2</sub> no solo, devido a alta produção de matéria seca tanto superficial como abaixo do solo através da massa de raízes (Lal, 2002; Fujisaka et al., 1998), tornando o balanço final desse sistema de uso e manejo favorável a mitigação dos GEE.

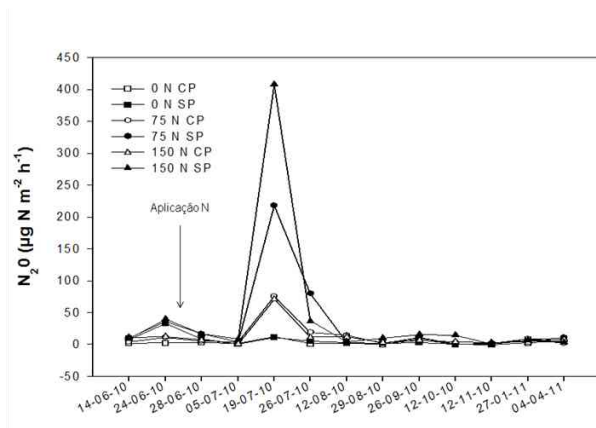


Figura 8. Taxa de emissão de N<sub>2</sub>O em sistema de integração lavoura-pecuária sob diferentes doses de nitrogênio (0, 75 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N), com (CP) e sem pastejo (SP). Guarapuava-PR. (Piva et al., 2011, em preparação).

No entanto, como esse tema é mais recente existem poucos estudos no Brasil e principalmente no Sul do Brasil avaliando o potencial desses sistemas em emitir ou mitigar os gases de efeito estufa. Piva et al. (2011, em preparação) avaliando a emissão de GEE em sistemas de ILP e sem pastejo com doses de nitrogênio observaram uma tendência de picos de emissões de N<sub>2</sub>O nas áreas sem pastejo nas maiores doses de nitrogênio (Figura 8).

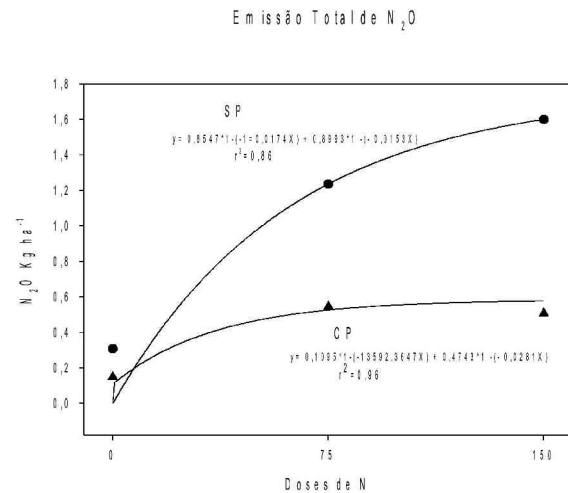
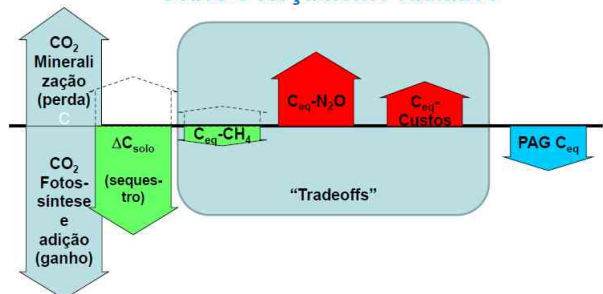


Figura 9. Emissão total de N<sub>2</sub>O em sistema de integração lavoura-pecuária, com crescentes doses de N (0, 75 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), no período avaliado entre 14 de Junho de 2010 a 04 de Abril de 2011. CP= Com pastejo; SP= Sem Pastejo. (Piva et al., 2011, em preparação).

#### Contabilidade Completa do impacto sobre o forçamento radiativo



Potencial de Aquecimento Global do Sistema de Manejo

$$PAG-liq = (C_{eq-CH_4}) + (C_{eq-N_2O}) + (C_{eq-Custos}) - (\Delta C_{solo})$$

Figura 10. Representação do potencial de aquecimento global de um sistema de manejo e uso do solo.

A emissão total de N<sub>2</sub>O em kg ha<sup>-1</sup> no período avaliado foi bem superior nas áreas sem pastejo (Figura 9). Nas áreas com ILP o nitrogênio é mais dinâmico no sistema solo-planta, sendo mais cíclico que em áreas sem pastejo, onde com a aplicação das doses de nitrogênio pode ter ocorrido um efeito “priming” que estimulou a mineralização do nitrogênio da matéria orgânica (Jenkinson et al., 1985). Esses resultados mostram que se corretamente manejados os sistemas de ILP sob

plântio direto tem potencial para mitigar os gases de efeito estufa, salientando que mais estudos devem ser conduzidos no Brasil para verificar o potencial de aquecimento global (PAG) dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

Uma forma mais eficiente de avaliar e comparar sistemas de uso e manejo do solo é através do PAG (Figura 10). O PAG representa o resultado de um balanço entre emissões e remoções de GEE da atmosfera proporcionado por um determinado sistema. Entende-se que esse balanço é uma forma mais exata de avaliar o potencial de mitigação de um determinado sistema de manejo, em vez de usar somente o sequestro de carbono ou somente a emissão total de GEE, sendo expresso em C-equivalente (Ceq).

### 4.3 Sustentabilidade e qualidade ambiental

Os sistemas de uso e manejo do solo podem contribuir para a manutenção e melhoria da qualidade do solo, garantindo com isso a sustentabilidade do sistema agrícola. Dentre os atributos que determinam a qualidade do solo, a matéria orgânica exerce papel fundamental, pois, desempenha várias funções tanto nas propriedades químicas, físicas e biológicas. Sendo portadora, fonte de nutrientes para as plantas, agindo na retenção desses cátions, complexação de elementos tóxicos, aumenta a estabilidade dos agregados e melhora a taxa de infiltração e retenção de água, além de ser fonte de energia para os microrganismos (Bayer & Mielniczuk, 2008). Assim, sistemas de produção agrícolas para serem considerados sustentáveis têm que ter a capacidade de manter e aumentar os teores de carbono no solo.

### REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C.; LOVATO, T.; SPAGOLLO, E. Potencial de sistemas de manejo no sequestro de carbono. In: **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo** – Ribeirão Preto, 13-18 de julho de 2003. CD ROOM

ANDREOLLA, V.R.M. Integração lavoura-pecuária: atributos físicos do solo e produtividade das culturas do feijão e milho. 2010. 139p. **Tese (Doutorado)** Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BAYER, C. Potencial de práticas agrícolas em mitigar as emissões de gases de efeito estufa para atmosfera. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 15., 2004, Santa Maria. Palestras. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 1 CD ROOM.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: **SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica**. Porto Alegre, ed. Metrópole. 2 ed., 2008. p 7-18.

CASSOL, L.C. Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície. 2003. 143 f. **Tese (Doutorado em Ciência do Solo)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CEPIK, C.T.C. Parâmetros de solo e máquinas em semeadura direta com doses de cobertura e configurações de deposição de fertilizante. 2006. 104 f. **Tese (Doutorado em Ciência do Solo)** -

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Avaliação da Safra Agrícola 2006/2007 -**Levantamento- Junho/2007**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 01 de agosto de 2011.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.425-432, 1999.

DEVENDRA, C.; THOMAS, D. Smallholder farming systems in Asia. **Agricultural Systems**, Amsterdam, v.71, p.17-25, 2002.

EDWARDS, W.M.; NORTON, L.D.; REDMOND, C.E. Characterizing macropores that affect infiltration into nontilled soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, p.483-487, 1988.

FLORES, J.P.C. Atributos de solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plântio direto com calcário na superfície. 2004. 84 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FLORES, J.P.C.; CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plântio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2385-2396, 2008.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.459-467, 2000.

FRANZLUEBBERS, A.J.; STUEDEMANN, J.A. Early Response of Soil Organic Fractions to Tillage and Integrated Crop-Livestock Production. **Soil Science Society of America Journal**, v.72, p.613-625, 2008.

FUJISAKA, S.; CASTILLA, C.; ESCOBAR, G.; RODRIGUES, V.; VENEKLAAS, E. J.; THOMAS, R.; FISHER, M. The effects of forest conversion on annual crops and pasture: Estimates of carbon emissions and plant species loss in Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.69, p.17-26, 1998.

JENKINSON, D.S.; FOX, R.H.; RAYNER, J.H. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen - the so-called "priming effect". **J. Soil Sci.**, v.36, p.425-444, 1985.

LAL, R.; Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental pollution**, Oxford, 1v.16:353-362, 2002

LANG, C. R. Pastejo e nitrogênio afetando os atributos químicos do solo e rendimento de milho no sistema de integração lavoura-pecuária. 2004. 89 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhadas uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.71-75, 1987.

LUSTOSA, S.B.C. Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema de plântio direto. Curitiba, 1998. 84p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 1998.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.411-416, 1993.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; CARVALHO, P.C.F.; CASSOL, L.C. Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: MELLO, N.A., ASSMANN, T.S. (Eds.). **I Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil**. p.3-42. 2002.

NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M.E. Balanço de carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **Revista Brasileira**



de *Ciência do Solo*, v.32, p.2425-2433, 2008.

OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil Tillage Research*, v.38, p.47-57, 1996.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.V.; SUZUKI, L.E.A.S. Qualidade física dos solos. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**. 16, Aracaju. Palestras. Aracaju, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. CD-ROM.

SALTON, J.C. Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical. **Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p. 158.

SARTOR, L.R.; SANDINI, I.E.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; NOVAKOWSKI, J.H. Atributos químicos de um solo em sistema

de integração lavoura-pecuária sob doses de adubação nitrogenada, com e sem pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2010 (em tramitação).

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.249-254, 1985.

SOUZA, E.D. de.; COSTA, S.E.V.G. de A.; LIMA, C.V.S. de.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARVALHO, P.C.F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.1273-1282, 2008.

TRACY, B.F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated croplivestock system in Illinois. **Crop Sci.** v.48, p.1211-1218, 2008.