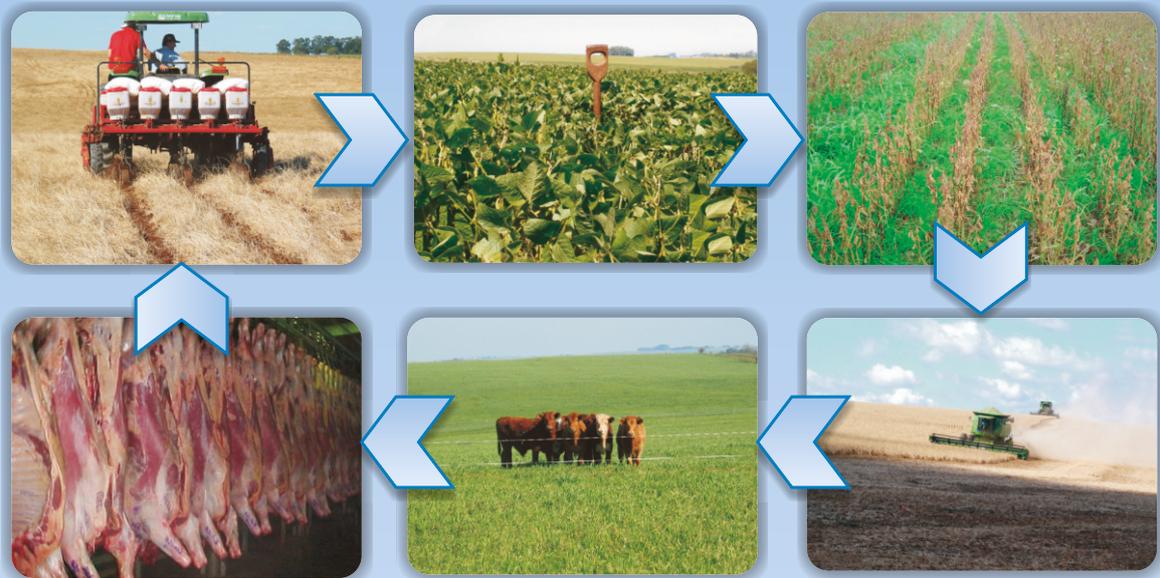


# INTEGRAÇÃO

## SOJA-BOVINOS DE CORTE

### NO SUL DO BRASIL



Grupo de Pesquisa em  
Integração Lavoura-Pecuária da UFRGS

# **INTEGRAÇÃO**

## **SOJA-BOVINOS DE CORTE**

### **NO SUL DO BRASIL**

**Grupo de Pesquisa em  
Integração Lavoura-Pecuária da UFRGS**



# INTEGRAÇÃO SOJA-BOVINOS DE CORTE NO SUL DO BRASIL

## AUTORES

Paulo César de Faccio Carvalho  
Ibanor Anghinoni  
Taise Robinson Kunrath  
Amanda Posselt Martins  
Sérgio Ely V. G. de A. Costa  
Francine Damian da Silva  
Joice Mari Assmann  
Marília Lazzaroto Terra Lopes  
Fernando Machado Pfeifer  
Osmar Conte  
Edicarlos Damacena de Souza

## COLABORADORES

Angelo Antonio Q. Aguinaga  
Carlos Ricardo Trein  
Carolina Baggio  
Christian Bredemeier  
Cristiane de Lima Wesp  
Eric Victor de O. Ferreira  
Guilherme Leite Velleda  
João Paulo Cassol Flores  
Lemar Maciel da Rocha  
Luis Cesar Cassol  
Luisa Fernanda Escobar  
Luis Fernando Chavez  
Renato Levien

Porto Alegre, RS

2011

## UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Faculdade de Agronomia  
Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia  
Departamento de Solos

Av. Bento Gonçalves, 7712  
Bairro Agronomia  
CEP 91540-000, Porto Alegre RS  
Fones: (51) 3308.7402 e 3308.6040  
Correio eletrônico: paulocfc@ufrgs.br e ibanghi@ufrgs.br

Tiragem: 4.000 exemplares  
Diagramação e Impressão: Gráfica RJR Ltda.

CIP – Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia

I61 Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil / Paulo César de Faccio Carvalho ... [et al.]. Porto Alegre, 2011.

60 p.; il.

**ISBN: 978-85-912894-0-0**

1.Sistema de integração lavoura-pecuária 2.Soja 3.Bovino de corte 4.Pastagem 5.Solo 6.Brasil, Região Sul I. Carvalho, Paulo César de Faccio.

CDD: 630

**Todos os direitos reservados.**

Permitida a reprodução total ou parcial, desde que citada a fonte.

## **PREFÁCIO**

*Esta publicação traduz dez anos de dedicação ao entendimento das complexas e intrigantes relações existentes entre os diversos componentes de um sistema de integração lavoura-pecuária. Trata-se de um experimento que produziu muitos resultados, oriundos de trabalhos que foram arduamente executados, todos com muito sucesso. Vale ressaltar a difícil execução dos mesmos, num local distante 480 km da Universidade e implementados em uma propriedade rural, privada, cuja rotina não está focada na condução de experimentos de caráter científico.*

*Em sua leitura, verifica-se que as principais preocupações dos agricultores e técnicos, relacionados à desconfiança quanto ao uso da pecuária associada à lavoura, foram exaustivamente estudados. Isto foi possível, pela concepção inicial do experimento tendo como objetivo a definição de metas de manejo dos animais em pastejo no inverno para a sustentabilidade do sistema.*

*Esta publicação conseguiu reunir informações de um único protocolo de pesquisa, que responde a um paradigma trazido recentemente pela ciência, relacionado à multifuncionalidade das pastagens. Tal tipo de estudo requer abordagem multidisciplinar e em múltiplas escalas no tempo e no espaço. Esses novos desafios da pesquisa foram superados ao longo do trabalho pelas avaliações de todos os componentes do sistema solo-planta-animal, proporcionando resultados consistentes para o entendimento de suas interações e gerando orientações técnicas àqueles que ousarem na condução desse tipo de tecnologia no subtropico brasileiro.*

*As questões relacionadas à associação entre lavouras e pastagens, no contexto de sistemas mistos de produção animal e vegetal, representam interesse na maior parte das regiões do mundo. As diferentes possibilidades de ocupação do solo, de tipos de pastagens e de culturas em nível espacial e temporal permitem alcançar níveis elevados de produtividade e minimizar os impactos ambientais negativos, ligados à intensificação agrícola. Isto ocorre em razão das pastagens permitirem melhor ciclagem de nutrientes, o que reduz os fluxos de perda para a atmosfera e para a hidrosfera, além de incrementar a biodiversidade vegetal, animal e microbiana, que participam da dinâmica da matéria orgânica e mantém a qualidade do solo. Além de seus efeitos positivos diretos sobre o ambiente e a biodiversidade, as pastagens têm seus efeitos indiretos em diminuir os impactos ambientais negativos ligados à intensificação das culturas com as quais estão associadas. Dentre esses efeitos estão a redução de fertilizantes minerais e de risco de poluição associado ao controle das plantas daninhas e à redução do uso de herbicidas, ao controle de pragas e doenças e à redução do uso de inseticidas e fungicidas. É possível afirmar que, para um mesmo nível de intensificação, os impactos ambientais dos sistemas integrados de lavoura-pecuária, pelas interações espaciais e temporais entre as pastagens e as culturas, sejam menores.*

*Tudo isso é tema das pesquisas que deram origem à elaboração desta publicação, que buscam quantificar os benefícios agrônômicos, econômicos e ambientais da integração lavoura-pecuária e ajustar o sistema permitindo a otimização dos efeitos induzidos por suas combinações, adaptando-as na prática ao dia-dia na propriedade. Este objetivo é fundamental numa região do mundo, onde a agricultura se transforma muito rapidamente, com tendência à especialização de sistemas de produção e de uniformização na forma de ocupação do solo em escala de território. Se esse ritmo for mantido, resultará em uma incompatibilidade entre o nível de produção e os impactos ambientais. Espera-se, então que os resultados desta publicação possam orientar soluções operacionais, demonstrando a eficiência econômica e ambiental do sistema de integração lavoura-pecuária.*

*O legado deixado por esse grupo vai além do mérito de ter alcançado grandes avanços científicos. Os conhecimentos gerados no processo de formação das novas gerações de técnicos são repassados aos agricultores na forma de tecnologias aplicáveis, pela realização de vários Dias de Campo, ao longo dos dez anos de existência deste trabalho. Foram mais de dois mil produtores e técnicos que tiveram contato com essas informações, na forma mais direta possível. Esta publicação é decorrência da forte motivação desse grupo de pesquisadores em difundir um trabalho de sucesso e que pode e deve ser conhecido por um público mais amplo. As informações nele contidas serão úteis na atualização de gerações de técnicos, de estudantes das ciências agrárias e de produtores que apresentem um perfil de busca constante pela inovação tecnológica.*

**Anibal de Moraes**

**Professor Associado do Centro de Ciências Agrárias/UFPR – Curitiba PR**

**Gilles Lemaire**

**Pesquisador Aposentado do Instituto Nacional de Pesquisa Agronômica – INRA, Lusignan, França**



# SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1. ATUALIDADES E PERSPECTIVAS PARA A INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E O SISTEMA SOJA-BOVINOS DE CORTE NO SUL DO BRASIL</b> ..... | 9  |
| 1.1. O sistema de integração lavoura-pecuária em perspectiva .....   | 9  |
| 1.2. A integração soja-pecuária no sul do Brasil .....   | 10 |
| <b>2. PROTOCOLO EXPERIMENTAL</b> .....   | 12 |
| 2.1. Histórico e caracterização da área experimental .....   | 12 |
| 2.2. Tratamentos e delineamento experimental .....   | 12 |
| 2.3. Condução do experimento .....   | 13 |
| 2.4. Adubação e calagem .....  | 14 |
| 2.5. Avaliações na área experimental .....   | 15 |
| 2.6. Divulgação do trabalho .....  | 15 |
| <b>3. MANEJO DO PASTO, DOS ANIMAIS E DA SOJA E SEUS EFEITOS NO SISTEMA</b> .....   | 16 |
| 3.1. Produção do pasto .....   | 16 |
| 3.2. Produção e comportamento animal .....   | 21 |
| 3.3. Produção de soja .....  | 26 |
| 3.4. Impactos no solo .....  | 29 |
| 3.4.1. Na compactação e na estrutura .....   | 29 |
| 3.4.2. Na correção da acidez e descida de cátions básicos .....  | 32 |
| 3.4.3. Na evolução dos indicadores de acidez e de disponibilidade de nutrientes .....  | 33 |
| 3.4.4. Nos atributos biológicos .....  | 36 |
| 3.4.5. Nos estoques e frações da matéria orgânica, nitrogênio e fósforo .....  | 37 |
| 3.4.6. Na ciclagem e no balanço de nutrientes .....  | 39 |
| 3.4.7. Na qualidade do solo .....  | 43 |
| 3.5. Desempenho físico e econômico .....   | 44 |
| <b>4. NOVOS DESAFIOS</b> .....   | 48 |
| <b>5. DEPOIMENTO DO PRODUTOR</b> .....   | 50 |
| <b>6. PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS</b> .....   | 51 |
| <b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....   | 52 |
| <b>8. AGRADECIMENTOS</b> .....   | 54 |
| <b>9. ANEXOS</b> .....   | 55 |
| 9.1. Produção técnico-científica .....   | 55 |
| 9.2. Formação de recursos humanos .....  | 59 |
| 9.3. Dias de campo .....   | 60 |



# **1. ATUALIDADES E PERSPECTIVAS PARA A INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E O SISTEMA SOJA-BOVINOS DE CORTE NO SUL DO BRASIL**

## **1.1. O sistema de integração lavoura-pecuária em perspectiva**

A Integração Lavoura-Pecuária (ILP) refere-se a uma associação entre cultivos agrícolas e produção animal que se faz em diferentes partes do mundo, com os mais diferentes propósitos. A ILP não é uma tecnologia nova; seus conceitos há muito estão em uso. Porém, recentemente retoma força no país e no mundo, pela ineficiência dos atuais modelos pecuários e agrícolas. A pecuária, por exemplo, não tem sido hábil em transformar em renda os amplos espaços que ocupa e ainda tem sido responsabilizada por impactos que contribuem para o aquecimento global. Já a agricultura tem sido notabilizada pelo alto risco operacional dos sistemas baseados na monocultura e pelos temores ambientais e econômicos trazidos por uma atividade que é, de forma geral, intensiva, descompromissada com os impactos ambientais e de baixa diversificação.

Nesse contexto, a integração lavoura-pecuária tem sido reconhecida como opção singular de sistema de produção onde se pode almejar, de forma concomitante, intensificação e sustentabilidade. O pilar conservacionista do sistema é o plantio direto, as boas práticas de manejo e a utilização da pastagem em intensidades de pastejo moderadas. A diversificação é aportada pelas rotações agrícolas, associada a uma fase pastagem, cujo arranjo sinérgico recicla melhor os nutrientes e diminui a incidência de pragas e doenças. A eficiência, em nível de propriedade, é trazida pelo melhor aproveitamento dos nutrientes, pela maior eficiência no uso de maquinário e pessoal, pela maior liquidez financeira, pelo incremento de renda na mesma unidade de área e pela diminuição do risco da operação agrícola. O resultado final, em nível de sistema é maior que a soma das contribuições das tecnologias individuais; um sinergismo que resulta em benefícios econômicos e ambientais, produção de alimentos seguros e sustentabilidade na produção. Nesse sentido, a percepção vigente é a de se tratar de um raro sistema de produção, onde o dilema produção versus conservação tem solução compatível com as atuais demandas da sociedade.

Tal tecnologia gera enorme interesse, inclusive em nível político. Por exemplo, o governo brasileiro se comprometeu em reduzir entre 36,1 e 38,9%, as emissões nacionais de CO<sub>2</sub>-equivalente até 2020. Dentre as várias iniciativas nesse sentido, está o fomento à adoção de sistemas ILP no Brasil, com o comprometimento governamental de incrementar em, pelo menos, quatro milhões de hectares as áreas operando nesse tipo de sistema. Iniciativas de fomento, com crédito para a adoção de sistemas de ILP dentro de Programas como o ABC (Agricultura de Baixo Carbono), já se encontram disponíveis no sistema financeiro e tudo indica que sejam ações de longo prazo.

As perspectivas em nível global para a ILP também são promissoras. A FAO reconhece o potencial dos sistemas ILP como via sustentável para se atingir o objetivo de alimentar nove bilhões de pessoas em 2050. Segundo essa agência, os sistemas ILP são capazes de incrementar a resiliência ambiental pelo aumento da diversidade biológica e pela efetiva e eficiente ciclagem de nutrientes, que acarreta melhoria da qualidade do solo, além de prover serviços ecossistêmicos e contribuir para adaptação e mitigação das mudanças climáticas. A FAO também enumera, como benefícios, a melhoria dos processos de produção, incluindo o aproveitamento de mão-de-obra, a resiliência a fatores econômicos e a diminuição do risco. E sob perspectiva sociocultural, a FAO ressalta que os sistemas ILP permitem aos produtores atingirem suas aspirações sociais e almejem dinâmica social equânime (particularmente para mulheres e jovens),

assegurando segurança alimentar enquanto sejam sistemas que se ajustam às aspirações atuais dos consumidores quanto à qualidade dos produtos e dos processos de produção.

No centro do país, a ILP tem sido apresentada como alternativa de recuperação de pastagens degradadas e também como recuperadora dos estoques de carbono das áreas agrícolas. A ILP tem sido justificada até como forma de diminuir a pressão por desmatamento na Amazônia, pois a pecuária sendo conduzida em associação com lavouras, em solos mais férteis e recuperados, não teria porque migrar para novas áreas.

## **1.2. A integração soja-pecuária no sul do Brasil**

No sul do país, a ILP é divulgada como alternativa às rotações que usam cereais de inverno e para o uso eficiente da terra no período entre sucessões de lavouras de verão, diversificando a propriedade, diminuindo o risco da lavoura e melhorando o solo. Na safra 2010/2011, as áreas com soja, milho e arroz ocuparam 6,35 milhões de hectares no RS. Elas sucederam 0,93 milhões de hectares de lavouras de inverno, as quais se constituíram de lavouras de trigo (0,8 milhão de ha), na sua quase totalidade. Estimativas das áreas de lavoura de verão que são ocupadas com pecuária no inverno são dúbias e, normalmente, giram em torno de 1,0 (um) milhão de ha. Isto significa, no mínimo, a existência de milhões de ha que ficam em pousio no inverno ou, mais freqüentemente, com cobertura vegetal visando à produção de palhada para as lavouras de verão. Palha que poderia ser convertida em renda, por exemplo, carne e leite, sem prejuízo à lavoura, como demonstram vários resultados de pesquisa. Nisto, reside a principal oportunidade da tecnologia ILP ser aplicada no RS. Corroborando para tanto, o fato de que essa cobertura vegetal, produtora de palhada, seja na maioria das vezes, constituída por plantas forrageiras de excelente valor nutritivo, como a aveia e o azevém.

Informações da CONAB para a safra 2010/11 estimam a área de soja em 4,08 milhões de hectares, com produtividade de grãos da ordem de 2,84 t/ha. Ainda que sendo a maior produtividade que o RS já tenha alcançado, ela ainda é inferior a média nacional, estimada em 3,12 t/ha. E assim vem sendo sempre. Nos últimos 10 anos, a soja no RS aumentou a área semeada em 24%, enquanto a produtividade aumentou em 38%. No mesmo período, a menor produtividade, registrada na safra 2004/2005, foi de 698 kg/ha, o que caracteriza extremos demasiadamente pronunciados. Se considerarmos os registros da CONAB, a partir da safra 1976/77, o RS acumulou 15 frustrações nas 34 safras, enquanto o PR experimentou nove e o MT apenas cinco frustrações no mesmo período. Deste exemplo, se depreende que sejam muito maiores as variações climáticas a que são submetidas as lavouras no RS. Plantar soja nesse Estado significa, portanto, assumir mais riscos que aqueles produtores que plantam soja nos demais estados. E como a produtividade no RS é, via de regra, inferior, o contexto é de elevado risco. Exemplo disso, o incremento anual de produtividade no MT é aproximadamente três vezes o do RS, indicando que a soja, aqui, esteja perdendo competitividade a cada ano. Não obstante, a logística e os preços têm assegurado a rentabilidade do setor e mantêm o forte interesse dos agricultores gaúchos na cultura da soja. Mas, ainda que não haja crise aparente no horizonte de curto prazo para essa atividade, há muito espaço para incremento de eficiência e renda em nível das propriedades rurais.

Não pensando apenas na soja, mas no modelo agrícola, a alternativa de composição de sistema mais freqüente tem sido o trigo, gerando o conhecido binômio trigo/soja do Planalto Médio do RS. O trigo registrou 16 frustrações nas 34 safras do mesmo período analisado para a soja, o que aliado às instáveis políticas de preços e de comercialização tornam essa, uma atividade que tem atraído poucos agricultores, com extensões quase sempre abaixo de um milhão de ha. O resultado é que a maioria das propriedades

voltadas ao plantio da soja não têm opções de rotação no inverno e usam coberturas, nesse período, para produzirem palha para a lavoura em sucessão. Com isso, têm pouca diversificação e o fluxo de caixa é reflexo integral da colheita da soja; mais um elemento de ineficiência e risco.

Outra característica que ilustra o potencial de aplicação de sistemas de ILP no RS é a matriz da pecuária de cria que se pratica, baseada na utilização extensiva (no sentido de pouco insumo técnico) dos campos naturais. No atual modelo produtivo, as possibilidades de investimento e intensificação são bastante restritas. O sistema sofre com baixos índices produtivos, oriundos essencialmente da inconstância, e insuficiência, de oferta de forragem ao longo do ano. Os períodos de outono e inverno são os mais críticos, justamente quando, nas áreas agrícolas, sob plantio direto, abunda forragem de alta qualidade. Forragem em potencial, mas que de fato não se torna realidade, pois o sistema privilegia o acúmulo de material vegetal para ser posteriormente dessecado, formando palha; um verdadeiro contra censo. Portanto, a possibilidade de resolver o principal problema alimentar da pecuária gaúcha com as extensas áreas dos sistemas agrícolas, onde sobra material forrageiro desperdiçado, reflete o formidável potencial do RS para a adoção de sistemas ILP. Estima-se que, se em cada hectare de cobertura de inverno, não contando as áreas de trigo e outras lavouras dessa estação, se colocasse apenas 1 (um) animal jovem para passar o seu primeiro inverno com pasto abundante, o rendimento equivalente em ganho de peso poderia atingir cifras impressionantes, ao redor de 660 milhões de toneladas de peso vivo, apenas no ciclo hibernal. Desnecessário, portanto, discutir o impacto desse potencial nos índices produtivos da pecuária e na eficiência de uso das áreas de lavoura.

A despeito de toda essa oportunidade latente, muitos produtores e técnicos relutam em aceitar essa tecnologia, sob o argumento mais comum de que os animais pudessem compactar o solo e prejudicar a lavoura em sucessão. Trata-se de um paradigma fortemente sedimentado no meio técnico e produtivo oriundo, em parte, de práticas inadequadas de manejo do gado, em parte da época em que o plantio convencional predominava como técnica de cultivo e muito do desconhecimento das relações solo-planta-animal, que interagem num sistema complexo como o da ILP. Por se tratar de um sistema que associa ações de conservação do solo sob plantio direto, manejo de lavouras e rotação de culturas, além de pastejo pelo animal, os sistemas ILP requerem visão multidisciplinar e sistêmica. Algo raro na formação dos técnicos e raro na aplicação a campo. Quando se desconhece o sistema, é senso comum rejeitar o novo. Assim foi com várias tecnologias em seus estágios iniciais, como espelho o próprio plantio direto. Assim vem sendo com a ILP; e como toda “nova” tecnologia, o tempo mais a consistência dos resultados em nível de pesquisa e em nível de campo, serão os verdadeiros propagadores dessa técnica.

Concluindo, estima-se que este Boletim Técnico constitua peça importante no esclarecimento e divulgação dos sistemas de ILP. Ele apresenta resultados de um experimento de longo prazo que aborda aspectos da integração soja/bovinos de corte. A equipe de pesquisa responsável pelo projeto é ampla e multidisciplinar, contando não somente com esse protocolo experimental, mas com outras iniciativas em sistemas diversos, incluindo outros estados. Isso, para afirmar que os resultados, aqui discutidos, têm se repetido consistentemente nas mais diferentes localidades, tipos de solos e sistemas de produção, o que traduz a firmeza dos conceitos apresentados ao longo dessa publicação.

## 2. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

### 2.1. Histórico e caracterização da área experimental

O experimento está sendo conduzido desde maio de 2001, em área pertencente à Fazenda do Espininho, propriedade de Armando Chaves Garcia de Garcia & Família, localizada no município de São Miguel das Missões. A propriedade abrange também os municípios de Tupanciretã e Jóia – RS, região fisiográfica do Planalto Médio, latitude 29° 03' 10" S, longitude 53° 50' 44" W e altitude de 465 m.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico, da unidade de mapeamento Santo Ângelo, profundo, bem drenado e textura muito argilosa (0,54 kg/kg de argila, 0,27 kg/kg de silte e 0,19 kg/kg de areia). Possui como substrato rochas eruptivas básicas, principalmente basalto. O clima é subtropical úmido, sem estiagem, temperatura média de 19°C e precipitação média anual de 1850 mm. O relevo é ondulado a suavemente ondulado e a localização na paisagem é topo de colina, com declividade entre 0,02 a 0,10 m/m.

Originalmente, a área era um campo nativo típico do Planalto Médio, composto por *Paspalum* spp. e *Axonopus* spp., em sua maioria, em meio a touceiras de *Aristida* spp., típico de solos pobres e ácidos. A área de campo foi convertida em lavoura e cultivada em sistema de plantio direto em 1993. O sistema implantado era a cultura da soja (*Glycine max*) para produção de grãos, no verão, e aveia preta (*Avena strigosa*) para produção de sementes, no inverno. A área foi primeiramente pastejada, e somente por algumas semanas, no outono de 2000, tendo sido semeada uma mistura de aveia + azevém (*Lolium multiflorum* Lam). Em novembro de 2000 o solo foi amostrado (Tabela 1) e a soja implantada.

**Tabela 1. Atributos químicos do Latossolo Vermelho distroférrico em diferentes camadas, antes da implantação do experimento (Novembro de 2000)**

| Camada    | pH-H <sub>2</sub> O | Matéria orgânica | Cátions trocáveis <sup>(1)</sup>               |      |     |      | P <sup>(2)</sup>               | K <sup>(2)</sup> |
|-----------|---------------------|------------------|--|------|-----|------|--------------------------------|------------------|
|           |                     |                  | Ca   | Mg   | Al  | H+Al |                                |                  |
| cm        |                     | %                | ----- cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ----- |      |     |      | ----- mg/dm <sup>3</sup> ----- |                  |
| 0,0-5,0   | 4,9                 | 4,2              | 6,2  | 1,3  | 0,3 | 8,7  | 13                             | 240              |
| 5,0-10,0  | 4,6                 | 3,5              | 4,8  | 1,78 | 0,6 | 9,7  | 10                             | 119              |
| 10,0-15,0 | 4,6                 | 2,6              | 4,1  | 2,2  | 0,7 | 9,7  | 5                              | 88               |
| 15,0-20,0 | 4,6                 | 2,6              | 4,0  | 1,1  | 1,0 | 10,1 | 4                              | 55               |

<sup>(1)</sup>Extração com KCl/1 mol L; <sup>(2)</sup>Método Mehlich 1.

Após a colheita da soja, o experimento foi iniciado em maio de 2001, com a implantação das espécies forrageiras de inverno: aveia preta (100 kg sementes/ha) em adição ao azevém (ressemeadura natural).

### 2.2. Tratamentos e delineamento experimental

A área experimental total é de aproximadamente 22 hectares, com divisão em 12 parcelas, em áreas que variam de 0,8 a 3,6 hectares, aproximadamente, em função dos tratamentos aplicados (Figura 1).

Os motivadores originais do experimento podem ser exemplificados por duas questões principais. A primeira, qual a intensidade de pastejo se pode utilizar no pasto de modo a não compactar o solo e não prejudicar a implantação da soja, em semeadura direta na sequência; e a segunda, quanto de pasto há que se deixar para que o rendimento da soja não seja afetado? Em outras palavras, qual o manejo que se deve dar ao sistema de integração para a sustentabilidade do sistema plantio direto. Além dessas perguntas, relacionadas ao uso das áreas no inverno, questões relativas à aplicação e a dinâmica do

calcário, em situações onde o solo não é revolvido e a vegetação é submetida à pastejo (com efeito direto da desfolhação e de excrementos), também foram postuladas.

Para responder a esses questionamentos, os tratamentos foram constituídos de pastos manejados sob diferentes intensidades de pastejo, representadas por alturas de manejo, a saber: 10 cm (P-10), considerado pastejo intenso, 20 cm e 30 cm (P-20 e P-30), considerados como pastejos moderados, e 40 cm (P-40), tido como pastejo leve, distribuídos num delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições (Figura 1). Entre os blocos alocou-se áreas que ficam isoladas do pastejo (SP), tidas como testemunhas, que representam o sistema plantio direto com plantas usadas apenas como cobertura no inverno. A entrada dos animais na área experimental ocorre quando a pastagem apresenta acúmulo médio de 1500 kg/ha de MS (aproximadamente 25 cm) que, de forma geral, ocorre na primeira quinzena de julho.



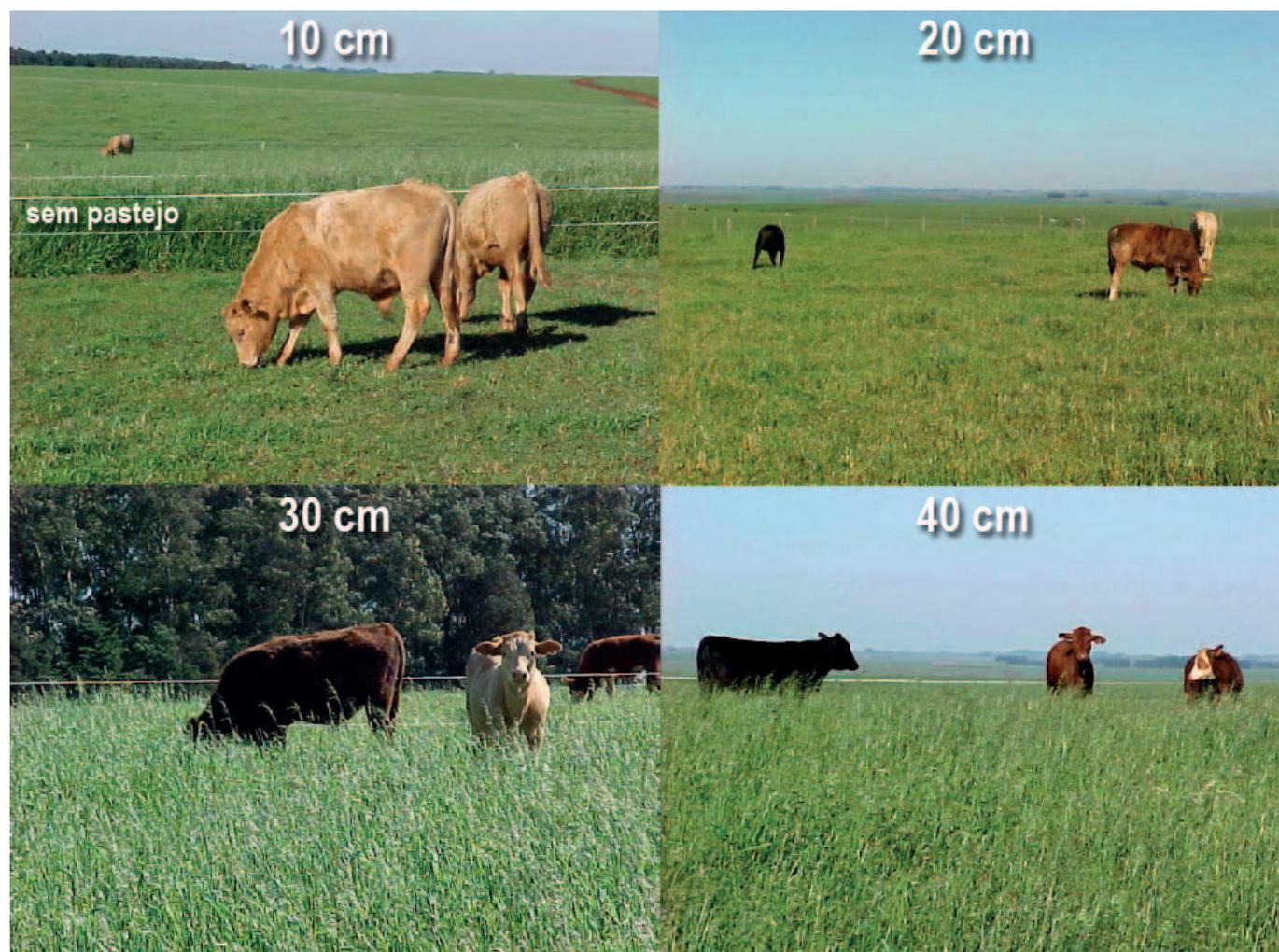
Figura 1. Vista geral da área experimental, com distribuição dos tratamentos de intensidade de pastejo. Fazenda do Espinilho, São Miguel das Missões/ RS.

### 2.3. Condução do experimento

O sistema consta da produção integrada de bovinos de corte em pastejo no inverno, e soja no verão, em plantio direto. Têm-se utilizado bovinos jovens (Figura 2), com idade ao redor de dez meses (na entrada da pastagem), machos e castrados, oriundos de cruzamentos entre as raças Angus, Hereford e Nelore, sem grau de sangue definido e com peso vivo médio inicial entre 190 e 200 kg. O experimento tanto pode simular um sistema de integração com o objetivo de recriar novilhos(as), ou de terminar animais jovens. A altura do pasto é determinada por meio de um bastão graduado (*Sward stick*), cujo marcador corre por uma “régua” até tocar a primeira lâmina foliar, procedendo-se então à leitura da altura. O controle da altura do pasto é feito em intervalos de 15 dias, aproximadamente. A leitura é realizada em 100 pontos dentro de cada parcela, em caminhamento aleatório, a fim de definir a altura média do pasto (altura entre a superfície das folhas e o solo). O método de pastoreio adotado é o contínuo com lotação variável, com três animais-teste por parcela (permanentes) e animais reguladores conforme necessidade, buscando as alturas desejadas pela retirada de parte dos animais das parcelas quando a altura real está menor que a pretendida, e vice-versa. De forma geral, os animais iniciam o ciclo de pastejo na primeira quinzena de julho, o qual se estende até a primeira quinzena de novembro, totalizando 110 dias de pastejo, em média.

Em dezembro, procede-se a semeadura da soja, com sementes inoculadas na dose recomendada para o produto. A soja é colhida em maio do ano seguinte. A partir do outono de 2002 e até o presente

momento repetiu-se o mesmo procedimento na implantação da pastagem e manejo dos animais, seguidos da implantação e condução da cultura da soja.



**Figura 2. Tratamentos de altura de manejo do pasto (aveia preta + azevém) em sistema de integração soja-bovinos de corte.**

## **2.4. Adubação e calagem**

Ao final do primeiro ciclo de pastejo e antecedendo a implantação do primeiro ciclo da soja (novembro de 2001), 4,5 t/ha de calcário (PRNT 62%) foram aplicadas na superfície do solo de toda a área pastejada. Essa dose corresponde à recomendada pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS RS/SC, 2004) para elevar o pH do solo até 5,5 na camada de 0 – 10 cm, na condição de plantio direto consolidado. Na área sem pastejo, algumas parcelas receberam calcário na dose equivalente ao restante do experimento (SP-4,5), enquanto outras permaneceram sem calcário (SP-0). No outono de 2010, antecedendo ao pastejo, o calcário foi reaplicado na superfície do solo, em sub-parcelas (20 x 30 m) localizadas dentro das parcelas, na dose de 3,6 t/ha, novamente com o objetivo de elevar o pH do solo a 5,5 na camada de 0 – 10 cm, conforme CQFS RS/SC (2004).

A adubação consta, basicamente, da aplicação de nitrogênio na pastagem, e de fósforo e potássio na soja, em doses para produtividades entre 4,0 e 7,0 t/ha de matéria seca de pasto e de 4,0 t/ha de grãos de soja (CQFS RS/SC, 2004), considerando-se os valores de análise do solo. Na implantação da pastagem (maio/2001), apenas aproveitou-se o residual da adubação e a contribuição da ciclagem da soja da safra anterior (2000/01). A adubação de cobertura foi realizada 40 dias após a implantação da pastagem, utilizando-se 45 kg de N/ha, tendo como fonte a uréia, e de 60 kg  $P_2O_5$ /ha, como superfosfato simples. Na introdução do segundo cultivo da pastagem, em maio de 2002, foram aplicados 60 kg  $P_2O_5$ /ha (adubação de base), na forma de superfosfato simples, e 40 dias após a semeadura, efetuou-se

adubação nitrogenada de cobertura, de 45 kg de N/ha, na forma de uréia. Em dezembro de 2002, no segundo cultivo da soja, utilizou-se a mesma adubação de base, constituída de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha e 90 kg  $K_2O$ /ha (300 kg/ha da fórmula 0-20-30 (N- $P_2O_5$ - $K_2O$ ), além da adição de inoculante às sementes. A partir de 2002, continuou-se a aplicação anual de 45 kg/ha de N em cobertura na pastagem, antes da entrada dos animais, exceção feita ao ano de 2003, quando se aplicou 90 kg/ha de N. Já na semeadura da soja utilizou-se 300 kg/ha das fórmulas 5-20-20, 0-20-30 e 0-20-30, respectivamente, nas safras 2003/04, 2004/05 e 2005/06, mais a adição de inoculante às sementes. A partir da safra 2006/07, a adubação da soja passou a ser de 240 kg/ha da fórmula 0-25-25, em cobertura após a semeadura.

## **2.5. Avaliações na área experimental**

No ciclo da pastagem, têm sido efetuadas avaliações periódicas do crescimento do pasto e sua qualidade, bem como do ganho de peso dos animais e a quantificação do resíduo após pastejo. Na soja, além da massa vegetal e do rendimento de grãos, tem sido determinada a quantidade dos resíduos remanescentes. No solo, amostras têm sido retiradas periodicamente para a avaliação de atributos físicos (densidade, porosidade, umidade e estado de agregação), em três camadas (0-5,0; 5,0-10 e 10-20 cm); mecânicos (resistência à penetração e compressibilidade), também em três camadas; e químicos (pH em água, necessidade de calcário, matéria orgânica, fósforo e potássio disponíveis e cálcio, magnésio e alumínio trocáveis e capacidade de troca de cátions), em nove camadas até a profundidade de 25 cm e, a partir, de 2009, em 12 camadas até a profundidade de 40 cm. Nos anos de 2003, 2005 e 2008, foi também avaliada a qualidade de carcaça, em frigorífico. No quarto ano iniciou-se o trabalho na área de Mecanização Agrícola (Relação Solo-Máquina), para avaliar a eficiência de sulcadores de semeadoras de plantio direto nas diferentes condições de compactação do solo e, a partir do sétimo ano, o estudo da variabilidade espacial de atributos químicos (indicadores de fertilidade do solo), físico (resistência à penetração) e mecânico (esforço de tração em hastes sulcadoras) e seu efeito no rendimento da soja. A partir do sexto ano, passou-se a estudar as formas, o estoque, bem como a disponibilidade e a ciclagem de nutrientes (carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) e, ainda, o estado de agregação do solo em função dos diferentes aportes de resíduo da pastagem, da soja, dos animais e da adubação utilizada. O rendimento físico e econômico do sistema de integração, determinado para cada ciclo anual de produção e para o conjunto dos anos de execução do trabalho, vem sendo apresentado e discutido com os proprietários, que utilizam as recomendações geradas em toda propriedade.

## **2.6. Divulgação do trabalho**

Os resultados práticos do trabalho vêm sendo apresentados anualmente em Dias de Campo, com a presença de técnicos e produtores do Rio Grande do Sul e de outros Estados (SC e PR), além de estudantes de graduação e de pós-graduação de seis universidades gaúchas. O modelo de produção foi, desde 2008, inserido no Programa Integrado de Sistemas Agropecuários em Microbacias Hidrográficas (PISA) do MAPA, com mais de 400 participantes, nos últimos anos (Anexo 9.3). O experimento tem sido utilizado como base experimental de trabalhos de iniciação científica, de mestrado e de doutorado para a elaboração de seus trabalhos de conclusão e publicamente disponibilizados na forma de dissertações, teses, capítulos de livros, artigos científicos e resumos de trabalhos apresentados em eventos científicos (Anexos 9.1 e 9.2).

### 3. MANEJO DO PASTO, DOS ANIMAIS E DA SOJA E SEUS EFEITOS NO SISTEMA

#### 3.1. Produção do pasto

O conhecimento dos principais fatores que condicionam o desenvolvimento e o crescimento das culturas é fundamental para nortear práticas de manejo. Em sistemas de integração lavoura-pecuária, essa tarefa torna-se ainda mais desafiadora, pois há necessidade de conciliar a produção do pasto e a do animal em pastejo, além da lavoura em sucessão.

O manejo correto do pasto em sistemas integrados é decisivo, não somente para a obtenção de elevados rendimentos na fase da produção animal, mas também para garantir a alta produtividade da cultura de verão. Os animais devem ser colocados em áreas onde haja pasto em oferta adequada, para que possam se alimentar de forma a não causarem prejuízos ao solo e ao sistema. Se o intuito for colher benefícios da presença do animal, é fundamental ter como meta adequar a taxa de lotação a disponibilidade de forragem. Excesso de animais prejudica o crescimento do pasto e penaliza o seu desempenho, enquanto lotações muito baixas são ineficientes em transformar pasto em renda. O “bom pastejo” deve remover uma quantidade de área foliar tal que não prejudique a interceptação de luz, além de otimizar o crescimento do pasto e a produção animal. No caso de um sistema de integração lavoura-pecuária, essa meta vai além, pois a área mesmo depois de pastejada ainda tem que ter cobertura vegetal satisfatória para a lavoura em sucessão.

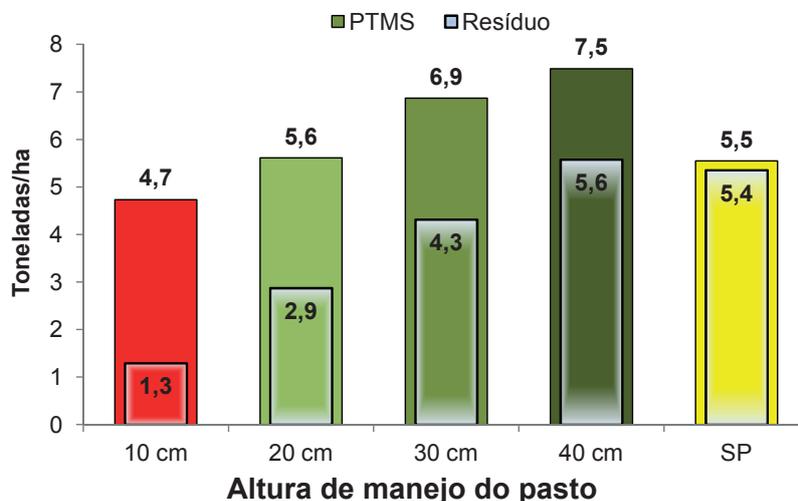
Para se avançar no conceito do que seria o “bom pastejo”, ilustra-se o efeito de diferentes intensidades de pastejo na mistura de aveia e azevém do experimento (Figura 3).



**Figura 3. Estrutura de pastos de inverno sob pastejo intenso (altura de manejo de 10 cm) e moderado (altura de manejo  $\geq$  20 cm), em sistema de integração soja-bovinos de corte.**

O pastejo intenso é resultado da condução do pasto com alturas baixas (10 cm), enquanto o pastejo moderado é conseqüência do uso de taxas de lotação controladas para manter os pastos em alturas maiores ou iguais a 20 cm. Os resultados demonstram haver relação entre a altura de manejo e a produção de forragem (Figura 4). É possível verificar que o aumento na altura de manejo do pasto ocasiona

aumento da massa de forragem. Como consequência, existe maior área foliar para interceptar a radiação solar, o que incrementa a capacidade das plantas em transformar radiação em crescimento vegetal. Com isso, as taxas de acúmulo diário de forragem são maiores quando o pastejo é moderado, resultando em maior produção total de forragem (somatório das taxas de acúmulo com a massa de forragem do início do pastejo). Assim, a manutenção de massas de forragem adequadas é indispensável para assegurar rápida rebrota do pasto, de modo a sustentar taxas de acúmulo condizentes com a demanda de forragem pelos animais.



**Figura 4. Produção total de matéria seca (PTMS) e resíduo de forragem (massa de forragem na saída dos animais) sobre o solo em diferentes intensidades de pastejo (Média de 10 anos).**

No caso de sistemas em plantio direto, a palhada tem função capital na proteção do solo e no controle de plantas invasoras. Quando não existe o animal em pastejo, como é o caso do sistema SP, a massa de forragem acumulada acima do solo, no momento do plantio da lavoura, reflete o acúmulo de biomassa aérea que ocorreu no ciclo anterior. No entanto, essa lógica aplicada nas áreas pastejadas conduz ao erro de se achar que quanto maior a quantidade de animais em pastejo, menor a quantidade de biomassa acumulada no sistema. Esse equívoco está representado na Figura 4, onde se quantifica e se separa exatamente o que é acúmulo, do que é produção.

Como se pode verificar, ocorre que sob uma determinada massa de forragem que existe ao longo do ciclo da pastagem, os animais estão permanentemente consumindo pasto, e os pastos estão permanentemente rebrotando em resposta à desfolhação. Em áreas pastejadas há, portanto, um tipo de dinâmica bastante distinta daquelas com cobertura sem pastejo. Com isso, em áreas pastejadas, a forragem acumulada no final do ciclo do pastejo não reflete o total de matéria seca que circulou no sistema.

Resulta que, em locais onde o pasto é consumido de forma moderada (em verde, na Figura 4), a produção total de forragem da parte aérea é igual ou superior as áreas sem pastejo (em amarelo). Na média dos anos, as áreas sem pastejo produziram 5,5 toneladas de MS/ha, enquanto onde a altura de manejo é de 20 cm, ou acima, esses valores vão de 5,6 a 7,5 toneladas de MS/ha. Já quando do uso de lotações excessivamente altas (pastejo intenso em vermelho na Figura 4), essa produção foi menor (4,7 t MS/ha), na medida em que pastos baixos chegam a apresentar solo descoberto e baixa área foliar, a ponto de comprometer seu potencial de crescimento.

A altura é uma das principais características estruturais do pasto, uma vez que possui elevada relação com a produção, tanto das plantas (matéria seca) como dos animais (ganho de peso). O impacto da altura de manejo na área foliar influencia diretamente a capacidade de interceptação luminosa do pasto, afetando seu crescimento e também outras características estruturais, como a relação folha:colmo e a composição botânica, dentre outras. As Figuras 5 e 6 ilustram o quanto pastos de inverno, com a mesma implantação e adubação, podem se tornar estruturalmente diferentes sob o único efeito da altura de manejo.



Figura 5. Diferenças na estrutura dos pastos: pastejo moderado (esquerda) e pastejo intenso (direita).



Figura 6. Animais pastejando misturas de aveia + azevém: pastejo intenso (A – 10 cm), pastejo moderado (B – 20 a 30 cm) e pastejo leve (C – 40 cm).

A relação entre altura do pasto e a massa de forragem constitui importante ferramenta de manejo, pois ao gerenciarmos a altura, manejamos indiretamente inúmeros componentes do sistema. No caso de pastos mistos de aveia e azevém, na média do período de utilização da pastagem, cada centímetro de altura no pasto corresponde a, aproximadamente, 85 kg de matéria seca na biomassa aérea (Figura 7).

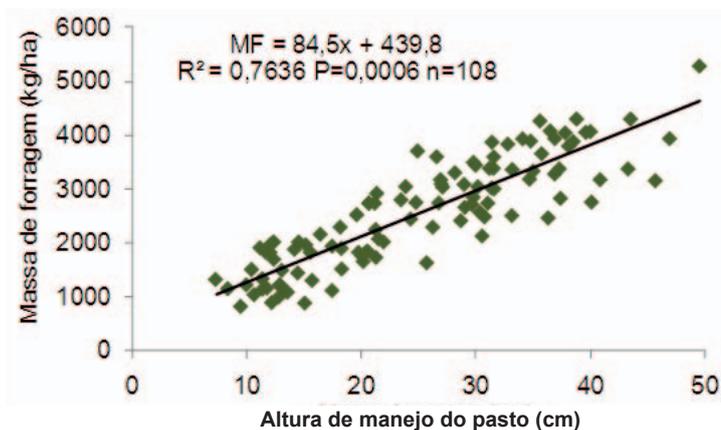


Figura 7. Relação entre altura e massa de forragem de pastos de azevém e aveia (média de dez anos).

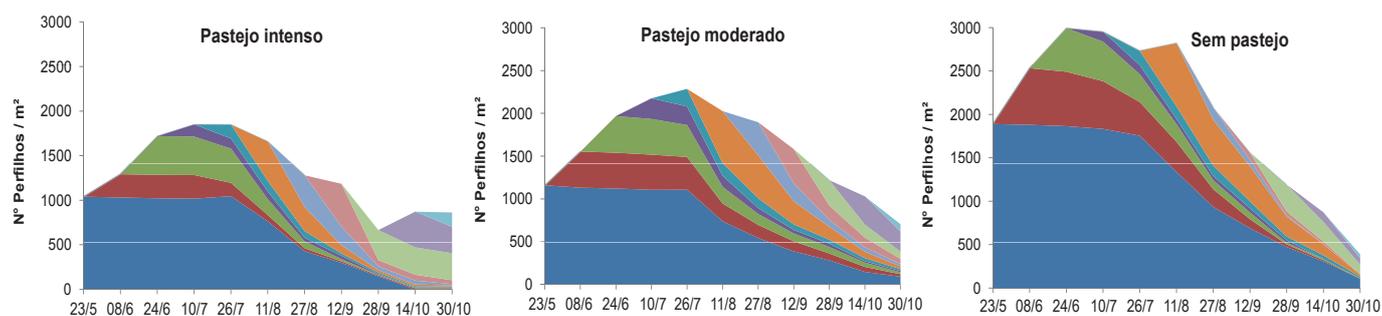
A título de ilustração, cada novilho utilizado no experimento tem consumo médio diário estimado em 7 kg de matéria seca. Exemplificando com um cálculo simplista, cada centímetro a mais na altura dos pastos pode alimentar um novilho por aproximadamente 12 dias. Ainda que haja uma relação inversa entre a altura dos pastos e sua qualidade, a Figura 7 ilustra a quantidade de forragem estocada na medida em que se trabalha com alturas maiores de manejo. Isso indica a necessidade de se buscar um equilíbrio entre altura de manejo e qualidade da forragem oferecida, bem como a importância de aferir o manejo do pasto na escala de poucos centímetros.

Ainda com relação ao impacto da altura de manejo sobre a estrutura dos pastos, pastejos intensos ou moderados promovem mudanças na densidade populacional dos perfilhos<sup>(1)</sup> de aveia e de azevém, como pode ser observado na Figura 8. Quando submetidos a pastejo intenso, a redução na população dos perfilhos é significativa e está particularmente relacionada com a mortalidade de perfilhos de aveia.

<sup>(1)</sup> Perfilhos são unidades vegetativas (folha, colmo, meristemas) que constituem uma planta de gramínea.

Isto ocorre porque todos os animais entram no experimento em meados de julho, com a pastagem bem implantada e já atingindo alturas em torno de 25 cm (para todos os tratamentos). Como os perfilhos de aveia são mais altos nesse momento, o pastejo se dá sobretudo sobre eles, e em intensidade elevada, pois a taxa de lotação na entrada dos animais, neste tratamento, é dimensionada para levar o pasto a ficar em 10 cm. O resultado, é a elevada mortalidade dos perfilhos de aveia, como pode ser notado na Figura 8A, a partir do final de julho. Segue-se um interstício até setembro, quando os perfilhos de azevém ressurgem, a ponto de manterem uma população de perfilhos quase exclusiva de azevém, na média insuficiente, entre setembro e o final de outubro. O resultado final é o início de um processo de degradação, com aumento da presença de plantas invasoras (Item 3.3) e incremento da superfície com solo descoberto e sujeito a processos erosivos e de compactação superficial do solo.

Em contraste às áreas intensivamente pastejadas, as áreas sem pastejo apresentam dinâmica bem distinta (Figura 8C). A inexistência de pastejo faz com que a população de perfilhos siga evoluindo positivamente até meados de agosto. No entanto, essa população decresce vertiginosamente a partir de então. Isto ocorre, porque a ausência de pastejo promove redução do perfilhamento do azevém pelo sombreamento da aveia. Além disso, o auto-sombreamento da aveia também afeta negativamente a própria aveia. Em decorrência, os perfilhos de aveia, por não receberem pastejo, evoluem rapidamente para o estágio reprodutivo, florescendo e deixando de perfilhar. Resulta que a população total de perfilhos no final de outubro se reduz em aproximadamente 90%, indicando uma cobertura vegetal “morta” no final do ciclo, que não está crescendo.



**Figura 8. Densidade e dinâmica populacional de perfilhos de aveia e azevém sob diferentes intensidades de pastejo: intenso (A – 10 cm), moderado (B – 20 a 30 cm) e sem pastejo (C) (Dados do inverno de 2010).**

Já em pastejo moderado, o que acontece é um meio termo entre o que foi descrito para a situação de pastejo pesado e a de sem pastejo. Quando os animais entram em meados de julho, com os pastos em torno de 25 cm de altura, segue-se um pastejo que remove moderadamente os perfilhos mais altos da aveia, sem causar elevada mortalidade. Ao mesmo tempo, o pastejo moderado abre a comunidade para a incidência de radiação solar em camadas mais próximas ao solo, promovendo o perfilhamento da própria aveia, bem como do azevém que se estabelece nas camadas próximas ao solo. A Figura 8B ilustra essa situação, onde se verifica um decréscimo mais brando da população de perfilhos (segue havendo mortalidade de perfilhos de aveia), mas com uma população final maior e mais equilibrada entre perfilhos de aveia e de azevém. Como consequência, o solo permanece sempre coberto e protegido com perfilhos ativos, que estão em crescimento até o final do período de utilização do pasto. Esse crescimento nos estádios avançados do ciclo é mais observado no manejo com 20 cm de altura do que nos de 30 e 40 cm.

Numa condição de manejo adequado, o pastejo resulta em maior renovação de perfilhos, reduzindo a idade média dos mesmos, aumentando as taxas de aparecimento e alongamento de folhas e, conseqüentemente, de acúmulo de forragem. Por isso, a produção total de matéria seca (Figura 4) é maior nos tratamentos com alturas de manejo de 20, 30 e 40 cm. Além disso, perfilhos mais jovens produzem forragem de melhor valor nutritivo, condição favorável para a obtenção de elevados níveis

de desempenho animal, além de responderem melhor à adubação nitrogenada, potencializando os benefícios do uso de insumos. Basicamente, o que se precisa é assegurar o equilíbrio entre o pastejo, a morte e o aparecimento de perfilhos, como forma de manter a estabilidade da população de plantas na área, boa cobertura vegetal e garantir a alta produção animal. Condições atendidas pelo uso de taxas de lotação moderadas.

Tudo o que se observa acima do solo também acontece abaixo dele, no sentido de que o crescimento das raízes está diretamente relacionado com o crescimento da parte aérea. Toda vez que a planta é estimulada a produzir uma nova folha, ela também é estimulada a produzir uma nova quantidade de raízes para suprir as necessidades desse perfilho. Essa produção, geralmente, é esquecida porque não está “a vista”. Pois a Figura 9 traz a luz este importante componente no momento da saída dos animais, quando se registrou massas secas de raízes da ordem de 1,4; 1,3; 1,2; 1,0 e 0,7 t/ha, respectivamente para as alturas de manejo de 10, 20, 30, 40 cm, e SP. Como se pode depreender, a massa de raízes é maior quanto menor a altura de manejo, porque esse momento reflete o envelhecimento da pequena população de perfilhos de aveia predominantes nos tratamentos SP e nas maiores alturas de manejo, bem como a maior população de perfilhos de azevém ativos nos tratamentos de menor altura. Essa resposta reflete exatamente o que foi descrito pela dinâmica de perfilhamento. Em áreas com pastejo leve ou sem pastejo não há renovação da parte aérea e, com isso, não há mais produção e crescimento de raízes.

Uma questão que também deve ser levada em consideração é a manutenção do banco de sementes no solo, quando o azevém deve compor a pastagem. Em intensidades de pastejo leves e moderadas, as plantas vão completando seu ciclo e produzindo sementes que são depositadas no solo. As áreas rejeitadas por existência de dejetos ou fenologia avançada são suficientes para garantir a ressemeadura para o ano seguinte. Já quando a intensidade de pastejo é elevada, as plantas não conseguem florescer e deixar sementes. Isso provoca a degradação da pastagem, aumentando o custo do sistema com a necessidade de semeadura anual. Os resultados de dinâmica populacional indicam que pastos manejados com alturas superiores a 20 cm mantêm o azevém em ressemeadura natural no sistema, sem necessidade de diferimento. Já pastos manejados com altura de 10 cm esgotam o banco de sementes, que nem chega a bem se constituir, exigindo nova semeadura a cada ano.

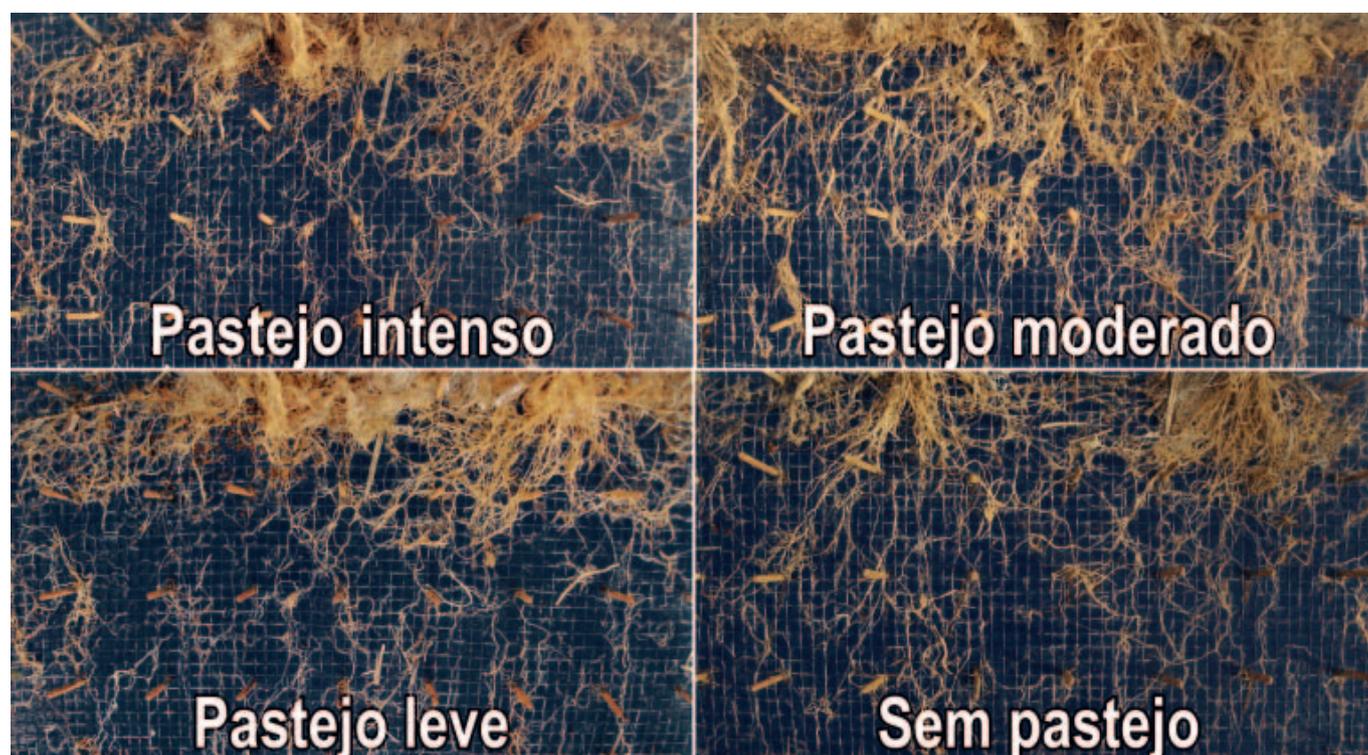


Figura 9. Distribuição de raízes do pasto sob intensidades de pastejo em plantio direto (Novembro de 2007).

Como se pode concluir, em sistemas de integração lavoura-pecuária em plantio direto, o aporte diferenciado de resíduos do pasto, tanto na superfície (Figura 4) como no perfil do solo pelas raízes (Figura 9), é definido pela altura de manejo. Por isso, o controle das taxas de lotação e as metas de pastejo moderado são tão importantes ao sistema. Além disso, existem ainda os dejetos dos animais (esterco e urina) e os resíduos da lavoura de soja. O acúmulo e a manutenção de resíduos vegetais na superfície reduzem substancialmente as perdas de solo e de nutrientes pelos processos erosivos, e promove melhorias em diversos atributos, tais como atividade biológica (Item 3.4.4), aumento dos estoques de carbono (Item 3.4.5), ciclagem de nutrientes (Item 3.4.6), estado de agregação e qualidade do solo (Item 3.4.7), dentre outros. A cobertura do solo pelos resíduos vegetais também se traduz em maior armazenamento de água no solo, proporcionado pelo aumento na taxa de infiltração e pela diminuição da evaporação na superfície do solo.

Além dos impactos previamente discutidos, a altura de manejo que constitui o “bom pastejo” é extremamente importante para diminuir o efeito do casco dos animais sobre a estrutura do solo (Item 3.4.1), evitando a compactação. Com a presença de um “colchão” de resíduos, o impacto dos cascos não ocorre de forma direta sobre o solo, mas sobre o resíduo vegetal (Figuras 3, 5 e 6). Os resultados demonstram que a presença dos animais, desde que sob intensidades de pastejo moderadas, permite a manutenção de quantidades importantes de massa de forragem e de resíduo, protegendo o solo.

As questões aqui discutidas demonstram a importância de se considerar a fase pastagem como um ecossistema complexo e dinâmico, cujo caráter multidisciplinar requer abordagem sistêmica e integração de conhecimentos dos diferentes compartimentos (solo-planta-animal), que compõem esse sistema. Numa perspectiva de integração, o manejo da fase pastagem deve, não somente atender aos requerimentos do plantio direto e da lavoura de soja, mas também remunerar o sistema com produção animal de alta qualidade. Nesse sentido, o impacto das alturas de manejo do pasto no desempenho dos novilhos da fase pastagem é apresentado a seguir.

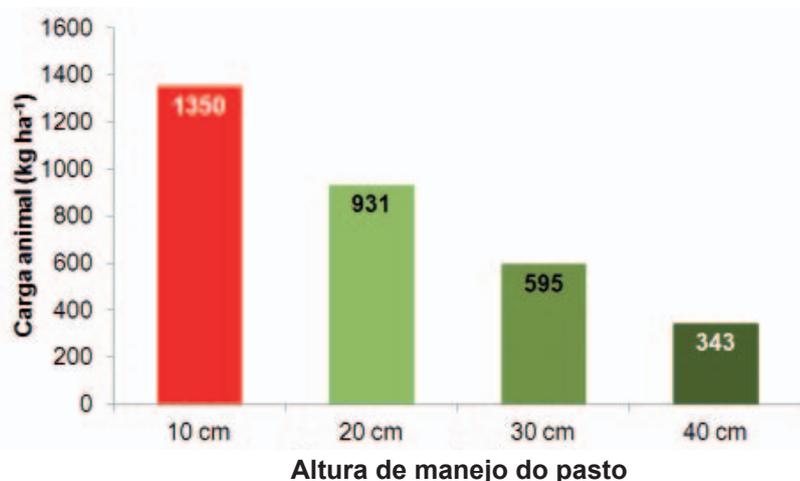
### **3.2. Produção e comportamento animal**

A diversificação assume grande importância na lavoura de soja, por ser uma atividade onde os riscos de estiagem estão particularmente presentes no RS. Além disso, granizos e vendavais, associados a custos crescentes e flutuação de preços de venda, compõem cenário de elevado risco. O animal, neste caso, entra como opção de aumento de renda ao produtor, especialmente quando colocado em coberturas de inverno (com espécies forrageiras) já existentes no sistema. Entretanto, a adoção do sistema de ILP ainda sofre resistências, pelo paradigma estabelecido de que o pastejo dessas áreas prejudica a produção da soja, por problemas de compactação do solo. Este é o maior receio do produtor de grãos, o que se tem denominado de “a lenda do casco”. No Planalto Médio do RS é comum a afirmação de que áreas sob pastejo produzem 5 (cinco) sacos de soja a menos quando comparadas a áreas sem pastejo. Por essa razão, esse é um dos principais focos do presente protocolo experimental. Na medida em que diferentes alturas de manejo do pasto são geradas por taxas de lotação variáveis, que buscam manter o pasto nas alturas pretendidas, resulta que a carga animal média utilizada é maior quanto menor a altura de manejo pretendida (Figura 10).

Como se pode observar, a carga animal (peso vivo – PV) aplicada tem sido da ordem de 1.350 kg de PV/ha para manter a pastagem em torno de 10 cm, e de 931, 595 e 343 kg de PV/ha para manter o pasto em torno de 20, 30 e 40 cm de altura, respectivamente. Essas cargas se traduzem em taxas de lotação de, aproximadamente, 5,5; 3,6; 2,3 e 1,3 animais/ha (novilhos jovens na categoria dente de leite). Cabe ressaltar que a carga animal e a taxa de lotação sejam reflexos das taxas de acúmulo que os pastos apresentam. Em situações onde a pastagem sucede a lavoura de soja, ou seja, em solos razoavelmente corrigidos e férteis, é comum que a magnitude desse crescimento seja determinada pelo nível de aplicação de N na fase pastagem. No caso, as cargas descritas refletem o aporte de aproximadamente 45 kg/ha de N, conforme descrito anteriormente. Para manter as mesmas alturas em pastos que não recebem N

deve-se utilizar cargas animais inferiores, pois o crescimento do pasto é menor. Essa situação é comum em pastos que sucedem culturas, havendo a crença de que a pastagem deva se beneficiar da adubação residual da lavoura, o que acaba por limitar o potencial de crescimento do pasto. Por outro lado, se o nível de adubação nitrogenada for superior<sup>(2)</sup>, as cargas animais também serão maiores, pois as taxas de acúmulo aumentam em resposta a pastos com adequadas condições de fertilidade para crescimento.

É importante ressaltar que as médias apresentadas na Figura 10, pouco variam ao longo dos anos. As cargas animais são bastante estáveis entre anos, refletindo a constância produtiva da fase pastagem. Numa situação de plantio direto consolidado, as variações climáticas na fase hiberna jamais são extremas a ponto de afetarem significativamente a produção do pasto e as cargas utilizadas para a manutenção das alturas de manejo. Além disso, as taxas de lotação também são pouco variáveis ao longo do ciclo de utilização da pastagem. Isto porque, enquanto as taxas de acúmulo de forragem aumentam do inverno para a primavera, aumenta também o peso médio dos animais no período, o que se traduz num sincronismo, resultante do aumento do crescimento do pasto e concomitante ao aumento do consumo de forragem pelos animais.

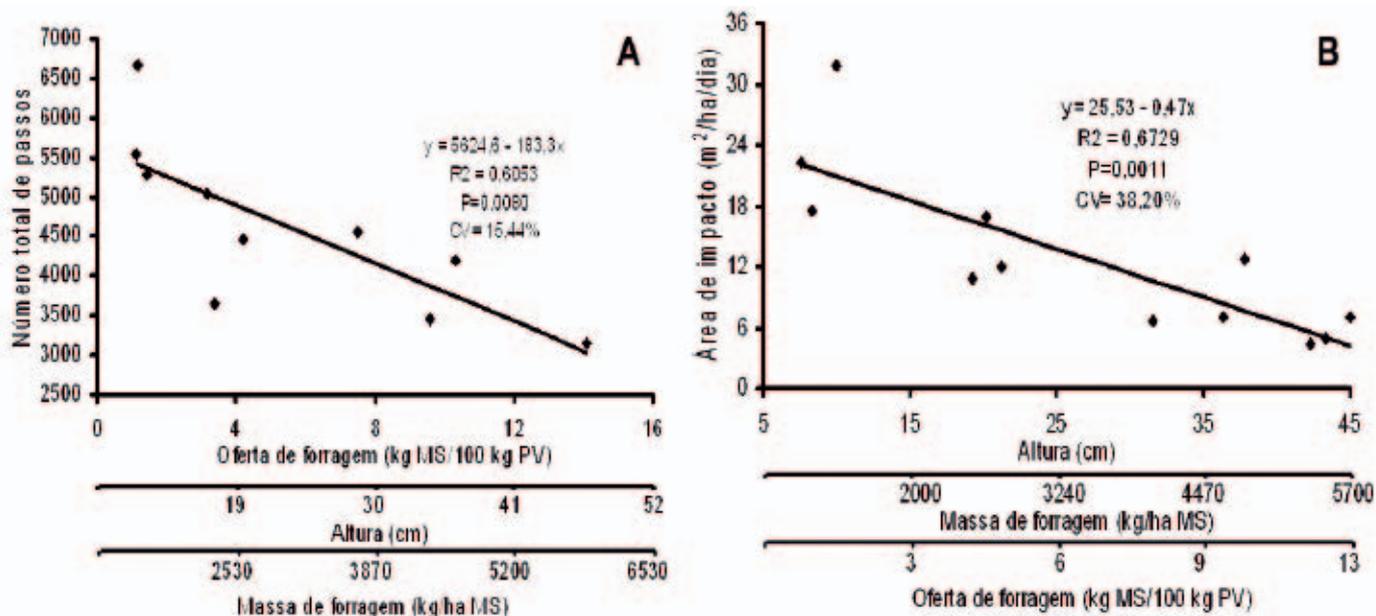


**Figura 10. Relação entre a carga de bovinos de corte e a altura de manejo do pasto (Média de 10 anos).**

das intensidades de pastejo empregadas. Nesse sentido, a opção pela manutenção de alturas baixas leva a condições de superpastejo, como apresentado adiante (Item 3.4. Impactos no solo). Como será visto, quando essa compactação ocorre, ela é específica e somente nas cargas altas. Além disso, é restrita à camada superficial do solo e retorna à condição inicial, ao final do ciclo da soja, seja pela ruptura da camada compactada quando da ação da semeadora, seja pela ação regeneradora das raízes da soja ao longo do seu ciclo. Por outro lado, se a intensidade de pastejo for moderada, é possível detectar efeito na densidade e porosidade do solo, porém, sem comprometer o desenvolvimento das plantas (Item 3.4.1).

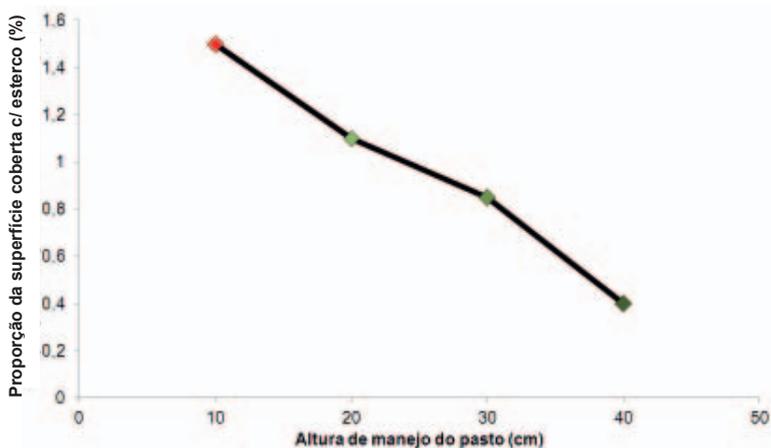
A falta de cobertura adequada, além de expor o solo diretamente ao efeito compactador dos cascos dos animais, torna-o mais suscetível ao impacto causado pelas gotas de chuva e dos equipamentos agrícolas, levando aos processos erosivos e de compactação do solo. Para que essa situação não se estabeleça, o controle da intensidade de pastejo é fundamental, não somente por definir a quantidade de pasto acima do solo que o protegerá do casco, mas também por influir em quanto um animal em pastejo caminha na busca pelo seu alimento (Figura 11).

<sup>(2)</sup> Avaliações do Índice de Nutrição Nitrogenada da pastagem de inverno apontam que o nível atual de adubação nitrogenada, com doses de 45 kg/ha de N aplicados antes da entrada dos animais, não atende às exigências dessas forrageiras para crescimento. Os resultados sugerem que essa adubação devesse ser pelo menos o dobro, 90 kg/ha de N, para que as plantas pudessem crescer sem limitação de N. Com isso, a manutenção das alturas de manejo seria obtida com cargas animais superiores àquelas descritas na Figura 10, afetando positivamente o ganho de PV/ha.



**Figura 11. Deslocamento (A) e área de impacto (B) de bovinos no solo em função da intensidade de pastejo.**

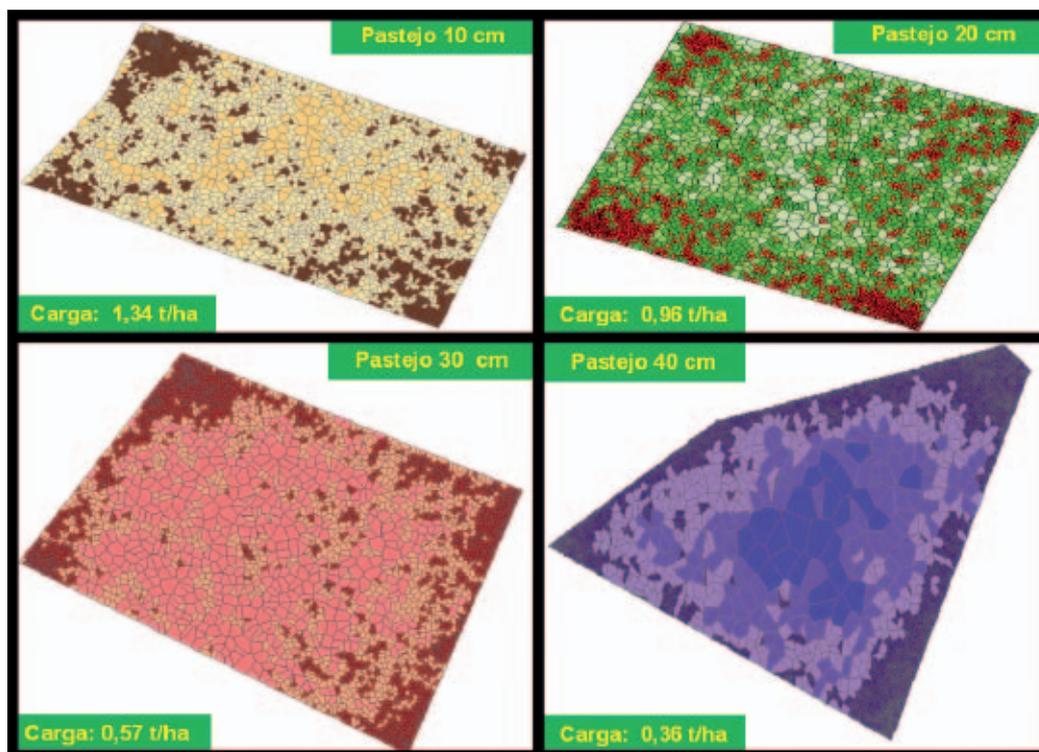
As observações sobre o comportamento ingestivo dos animais em pastejo indicam que enquanto os animais que pastejam pastos com altura de manejo de 40 cm registram 3000 passos ao longo do dia, aqueles animais que estão sob alturas de manejo de 10 cm chegam a caminhar quase o dobro na busca pela forragem escassa (Figura 11A). Os animais não somente caminham mais, mas também pastejam por mais tempo. Entre as alturas de manejo de 40 e de 10 cm, para cada centímetro a menos na altura do pasto, aumenta-se o tempo de pastejo dos animais em 14 minutos. O resultado é que em pastos baixos, com taxas de lotação altas para manterem o pasto a 10 cm, tem-se mais animais por unidade de área, cada um deles caminhando mais e por mais tempo. O resultado final disso, é que a superfície de área impactada quando se utiliza intensidades de pastejo altas chega a ser quatro vezes maior.



**Figura 12. Superfície da pastagem coberta com placas de esterco ao final do seu ciclo em função da altura de manejo (Novembro de 2010).**

No que diz respeito a fase pastagem de sistemas ILP, o animal em pastejo impõe heterogeneidade no solo, no espaço e no tempo. Essa variabilidade pode afetar a representatividade e o mapeamento dos indicadores de fertilidade do solo (Item 3.4.3), que afetarão as recomendações de adubação e o próprio rendimento da cultura comercial, no caso a soja (Item 3.3). Assim, a partir da distribuição georreferenciada das placas de esterco dos bovinos, no ciclo de pastejo em 2010, encontrou-se 1,50; 1,11; 0,86 e 0,44 % da superfície da pastagem coberta pelas placas para os tratamentos 10, 20, 30 e 40 cm, respectivamente (Figura 12), porém distribuídos preferencialmente próximo às cercas e aguadas (Figura 13).

Isso faz com que os nutrientes retornados na forma de fezes e de urina sejam díspares nos diferentes tratamentos. Portanto, a presença do animal causa alterações nas vias e fluxos de nutrientes, bem como na sua natureza e magnitude, modificando o funcionamento do sistema.



**Figura 13. Distribuição de placas de esterco nas diferentes alturas de manejo ao final do ciclo de pastejo (Novembro de 2010).**

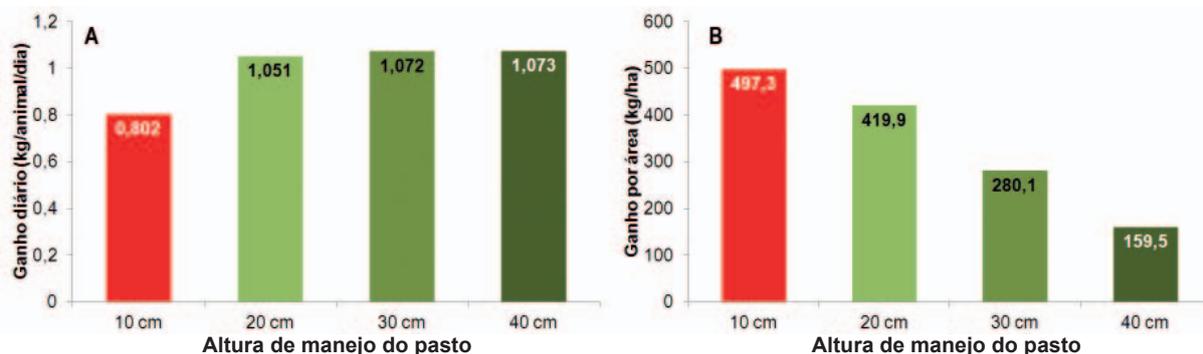
O ganho de peso médio diário varia entre 0,802 e 1,073 kg/animal com o aumento da altura de manejo do pasto (Figura 14A). Como se pode verificar, os ganhos de peso são menores na altura de manejo de 10 cm, e equivalentes entre as demais. Na altura de manejo de 10 cm, o pasto é insuficiente em quantidade e estrutura. O número diário de bocados chega a aproximadamente 25 mil, enquanto os animais na altura de manejo de 40 cm desferem menos de 10 mil bocados por dia. Os resultados sugerem que em alturas de manejo de 10 cm, ainda que os ganhos de peso sejam razoáveis, os animais estão consumindo menos do que gostariam. Há pasto em quantidade insuficiente e ainda apresentado aos animais em uma estrutura que lhes é de difícil captura, gerando consumo abaixo do potencial. Já em pastos com altura de manejo superior a 20 cm, a equivalência no ganho de peso é explicada pela relação negativa entre altura do pasto e qualidade

Quanto maior a altura de manejo do pasto, maior a massa de forragem mas menor a relação folha: colmo, pois os perfilhos que vão predominando são aqueles florescidos ou induzidos ao florescimento. Resulta que a massa proporcional de lâminas foliares diminui, assim como aumenta a dificuldade do animal em colhê-la no perfil do pasto. Assim, entre as alturas de manejo acima de 20 cm, o consumo de nutrientes acaba se equivalendo.

Os ganhos de peso acima de 1 (um) kg/dia refletem a capacidade potencial do pasto e da genética animal local, pois os animais somente têm a sua disposição pasto e sal mineral. No caso do planejamento de sistemas de ILP, é importante frisar que na média de 10 anos esses resultados, mais uma vez, pouco variam. Com isso, é possível programar metas de recria ou de terminação de animais destinados ao abate, cujo arranjo pode, inclusive, minimizar a necessidade de outras áreas durante o verão, para essa finalidade. Isto é importante para, se for o caso, evitar a competição direta da pecuária com a lavoura de grãos.

O ganho de PV por área é inversamente proporcional às alturas de manejo do pasto (Figura 14B). Ele é resultado do ganho médio diário dos animais e da taxa de lotação do pasto. Como o ganho médio diário não é muito diferente entre as alturas de manejo, particularmente nas alturas acima de 20 cm, a consequência é que a produção por área seja reflexo direto da carga animal utilizada (Figura 10). Em última análise, o aumento da taxa de lotação (de 1,3 a 5,5) define o aumento de produção por área - o

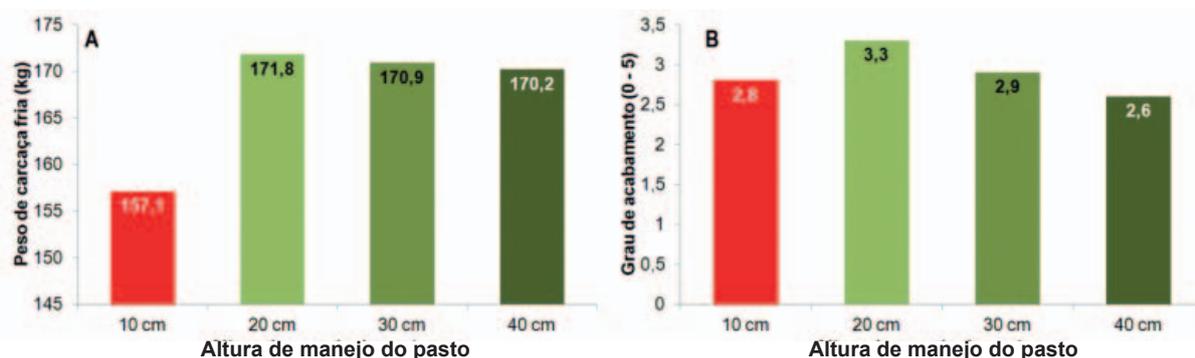
que é bom economicamente, porém, a produção individual dos animais é reduzida em alturas de manejo inferiores a 20 cm, como mostra a Figura 14A. Essa relação deve ser bem compreendida, para que as pastagens fiquem em condições de manejo capazes de proporcionar a maior produção por hectare possível, mas sem comprometimento da persistência da pastagem, do grau de acabamento animal e da qualidade do solo.



**Figura 14. Relação entre o ganho de peso médio diário (GMD) (A) e o ganho de peso por área (B) por bovinos de corte e a altura de manejo do pasto (Média de 10 anos).**

Se do ponto de vista da máxima eficiência técnica, para a produtividade animal, fosse observado tão somente o desempenho por área, a melhor altura de manejo da pastagem teria sido de 10 cm. Entretanto, o sucesso da integração lavoura-pecuária depende de resultados do sistema e não dos seus componentes individuais.

Como o produto final da fase pecuária é a carne, o esforço de aumento em produtividade deve também resultar em carne de qualidade desejável pelo consumidor (Figura 15). Essa avaliação mostra que animais terminados entre os 14-16 meses são mais eficientes no aproveitamento do pasto do que aqueles terminados com 24 meses, o que reduz o custo por unidade de produto e oferece um produto que satisfaz às exigências dos frigoríficos (peso e acabamento adequados) e dos varejistas, que dão prioridade à carne macia. Neste contexto, o termo “novilho superprecoce”, tem sido usado para definir o animal abatido até 14 a 15 meses de idade e que atende também a uma demanda concentrada em nichos de mercado, com a produção de carne de qualidade: peso de carcaça fria, em torno de 170 kg e grau de acabamento de aproximadamente 3,0 mm de gordura, em uma escala em graus de 1 a 5, onde: grau 1 = 0 a 1 mm; grau 2 = 1 a 3 mm; grau 3 = 3 a 6 mm; grau 4 = 6 a 10 mm e grau 5 = acima de 10 mm de gordura.



**Figura 15. Relação entre o peso da carcaça (A) e o grau de acabamento (B) de bovinos de corte e a altura de manejo do pasto (Média de 10 anos).**

Essas avaliações foram feitas em três ocasiões: 2003, 2005 e 2008, em carcaças de animais de aproximadamente 14 meses, com dietas exclusivas de pastagem, entrando com peso em torno de 200 kg no início de julho. Observa-se, na Figura 15A, que o peso da carcaça fria acima de 170 kg e o grau de acabamento 3,0 (Figura 15B), foram obtidos em pastejo moderado (20 e 30 cm de altura do pasto). Em situações de deposição de gordura de cobertura abaixo de 3,0 mm, ocorre o escurecimento da parte

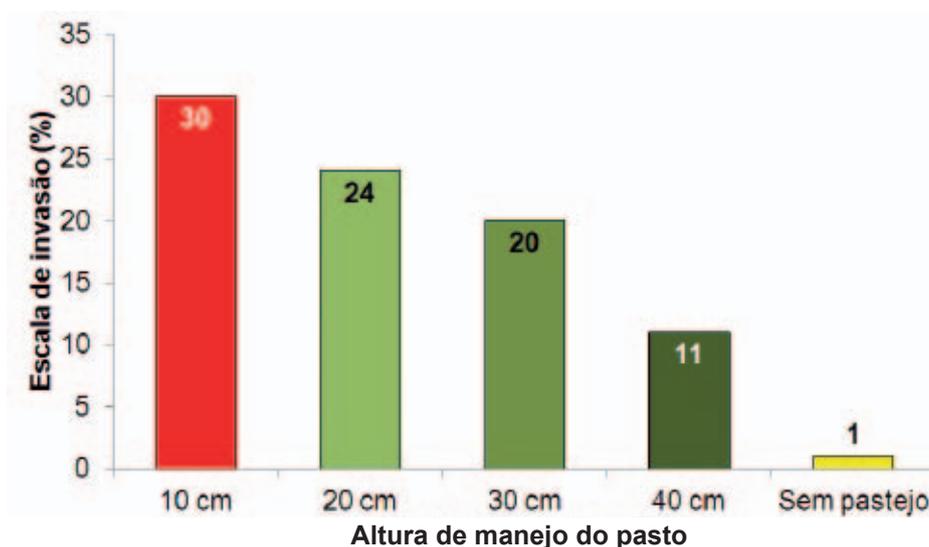
externa dos músculos que recobrem a carcaça, depreciando seu valor comercial e aumentando a quebra ao resfriamento, em função da maior perda de água. O grau de acabamento 3,25, obtido no pastejo a 20 cm, tem grande importância, pois esse grau de deposição de gordura na carcaça é uma indicação de maciez da carne.

### 3.3. Produção de soja

O principal entrave para a adoção do sistema de integração da soja com a pecuária na região do Planalto Rio-Grandense, conforme enfatizado anteriormente, é a possível compactação do solo devido ao pisoteio animal. Nesse sistema, conforme discutido nos itens anteriores, atenção especial deve ser dada à altura de manejo do pasto (intensidade de pastejo), que é controlada pela carga animal. A consequência da intensidade de pastejo sobre a soja, cultivada na sequência e ao longo do tempo, decorre, então, do efeito conjunto do manejo do pasto: a) em atributos físicos, relacionados à compactação do solo, b) na quantidade de resíduo da pastagem, relacionada à ciclagem de nutrientes, c) na infestação de plantas daninhas, e d) no balanço de carbono, relacionado à sustentabilidade do sistema plantio direto.

Os impactos da intensidade de pastejo em atributos de solo relacionados à sua compactação são descritos, de forma detalhada, no Item 3.4.1. O conjunto de informações analisado, claramente indica que o uso de pastagens com intensidades de pastejo moderadas (20 e 30 cm) e leve (40 cm), não atinge níveis que possam compactar o solo de forma a comprometer o crescimento radicular da soja, considerando a porosidade, a densidade (suprimento de oxigênio, retenção de água e resistência à penetração). Entretanto, algumas restrições foram observadas no pastejo mais intenso (10 cm de altura do pasto), pela diminuição da porosidade e aumento da densidade e da resistência à penetração na camada superficial (0-5 cm) do solo, que foram reversíveis, voltando aos valores originais após o cultivo da soja (Item 3.4.1).

O impacto da quantidade dos resíduos decorrentes das intensidades de pastejo no estoque e ciclagem de nutrientes são apresentados nos Itens 3.4.5 e 3.4.6, respectivamente. Mesmo que diferenças tenham ocorrido nesses atributos em função do manejo do pasto, não se espera que a nutrição da soja tenha sido afetada, pois a fertilidade do solo é elevada em toda a área experimental (Item 3.4.3).



**Figura 16. Ocorrência de plantas daninhas no cultivo da soja em função da altura de manejo do pasto (Safrá 2009/10).**

À medida que aumenta a intensidade de pastejo, diminui a cobertura do solo, o que pode levar à perda da capacidade competitiva em relação à plantas indesejáveis, podendo chegar ao ponto de degradação. Uma avaliação desse efeito na ocorrência das plantas indesejáveis foi efetuada na safra 2010/11, aos 27 dias após a semeadura, utilizando-se uma escala da área coberta por essas plantas. Os resultados (Figura 16) são claros ao indicarem a quase absoluta ausência de plantas indesejáveis na área

sem pastejo, cuja ocorrência aumenta linearmente com a intensidade de pastejo, chegando a ocupar 30% da superfície no pastejo mais intenso (altura do pasto de 10 cm).

Na avaliação conjunta dos rendimentos de grãos de soja a partir da instalação do experimento (Tabela 2), verifica-se que os mesmos não foram afetados pela intensidade de pastejo na grande maioria das safras. Isto, apesar das diferenças nos atributos físicos, quantidade de resíduos do pasto e da infestação de plantas daninhas. Os rendimentos foram muito variáveis entre os anos (> 30%), decorrentes das condições climáticas, essencialmente a ocorrência de déficit hídrico. Esse efeito climático pode explicar a redução de rendimento com a intensidade de pastejo, ocorrida no primeiro cultivo (2001/02 – Tabela 2). A sementeira de soja nessa safra ocorreu em condições de baixa umidade do solo, a tal ponto que prejudicou a ação das hastes sulcadores da semeadora em profundidade, fazendo com que elas atuassem muito superficialmente no pastejo mais intenso. Essa atuação superficial dos sulcadores (optou-se por não regular a profundidade de sementeira no primeiro ano) foi responsável pela exposição proporcional das sementes a condições adversas de temperatura e umidade do solo, que se refletiu no estande de plantas e no rendimento de grãos (Figura 17A). Na safra seguinte (Figura 17B) e nas demais (Tabela 2), isso não mais ocorreu pela regulagem à profundidade fixa (12 cm) da semeadora (Figura 18).

**Tabela 2. Rendimento de grãos de soja ao longo do período experimental em função da altura de manejo**

| Safr                                | Datas     |          | Alturas de manejo |             |             |             | Sem pastejo |
|-------------------------------------|-----------|----------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                     | Semeadura | Colheita | 10 cm             | 20 cm       | 30 cm       | 40 cm       |             |
|                                     |           |          | ----- t/ha -----  |             |             |             |             |
| 2001/02                             | 10/12     | 06/05/02 | 2,47              | 2,58        | 3,13        | 3,56        | 3,63        |
| 2002/03                             | 17/12     | 01/05/03 | 3,70              | 3,81        | 3,45        | 3,68        | 4,05        |
| 2004/05                             | 05/12     | 30/04/05 | 1,29              | 1,30        | 1,19        | 1,31        | 1,20        |
| 2005/06                             | 02/12     | 05/05/06 | 1,85              | 2,03        | 1,66        | 1,92        | 1,70        |
| 2006/07                             | 15/12     | 12/05/07 | 3,55              | 3,52        | 3,41        | 3,74        | 3,71        |
| 2007/08                             | 15/11     | 17/05/08 | 2,59              | 2,64        | 2,42        | 2,83        | 2,65        |
| 2009/10                             | 17/12     | 17/04/10 | 3,27              | 3,30        | 3,49        | 3,57        | 3,44        |
| 2010/11                             | 17/12     | 17/04/11 | 3,30              | 3,03        | 3,08        | 3,60        | 3,80        |
| <b>Média</b>                        | -         | -        | <b>2,75</b>       | <b>2,78</b> | <b>2,73</b> | <b>3,02</b> | <b>2,97</b> |
| <b>Valor relativo<sup>(1)</sup></b> | -         | -        | <b>93%</b>        | <b>94%</b>  | <b>92%</b>  | <b>102%</b> | <b>100%</b> |

<sup>(1)</sup>Relativo ao sistema com plantas de cobertura (sem pastejo). Safras 2003/04 e 2008/09 não puderam ser amostradas.

Na avaliação dos componentes de rendimentos efetuada na safra 2010/11, embora tenha havido um menor número de grãos por planta em intensidade moderada (20 e 30 cm de altura do pasto), não houve diferença no rendimento de grãos por área (Tabela 2), que foi compensado pelo maior número de plantas por área. Mesmo que tenha havido, nessa safra, aumento de infestação de plantas indesejáveis com o aumento da intensidade de pastejo (Figura 16), as mesmas parecem não ser tão agressivas e competitivas com a pastagem e com a soja, de modo a interferir no desenvolvimento dessas culturas.

A soja é afetada pela distribuição de esterco nos diferentes tratamentos. As diferenças na disponibilidade de nutrientes (Tabela 3) interfere na produção de grãos e seus componentes (Figura 19). Os rendimentos da soja nas áreas com presença de placas de esterco são maiores em aproximadamente 500 kg, comparados às áreas sem placas.

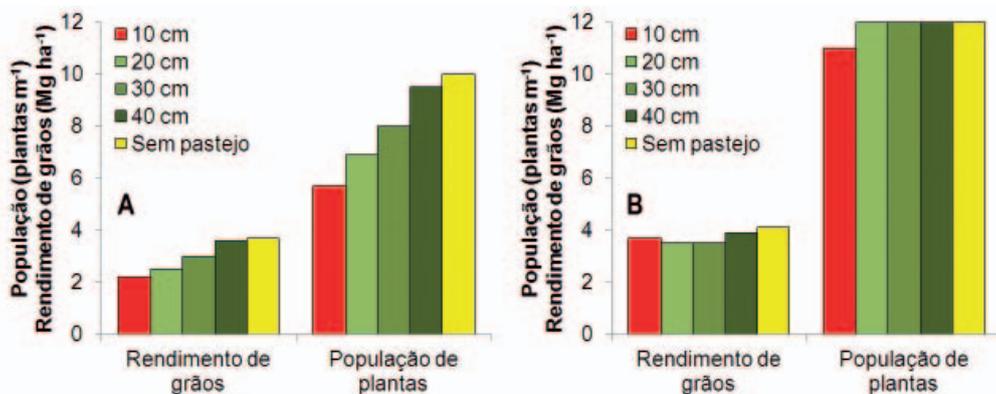


Figura 17. Estande de plantas e rendimento de grãos de soja na safra 2001/02 (A) e 2002/03 (B) em função da altura de manejo do pasto.



Figura 18. Aspecto da soja estabelecida após o ciclo de pastejo (Safrá 2010/11).

Tabela 3. Teores de nutrientes no solo em função da presença ou não de placas de esterco no final do ciclo no pastejo intenso (10 cm de altura do pasto) – Safrá 2010/11.

| Presença de placas de esterco | Nutrientes disponíveis no solo |                  |                   |                   |                  |
|-------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                               | P <sup>(1)</sup>               | K <sup>(1)</sup> | Cu <sup>(2)</sup> | Zn <sup>(2)</sup> | S <sup>(3)</sup> |
|                               | ----- mg/kg -----              |                  |                   |                   |                  |
| Sim                           | 11,0,                          | 433              | 4,3               | 2,5               | 19,6             |
| Não                           | 7,8                            | 194              | 3,8               | 1,7               | 12,7             |

<sup>(1)</sup>Mehlich-1; <sup>(2)</sup>Extraído com HCl 0,1 mol/L; <sup>(3)</sup>Extraído com CaHPO<sub>4</sub> 500 mg/L.

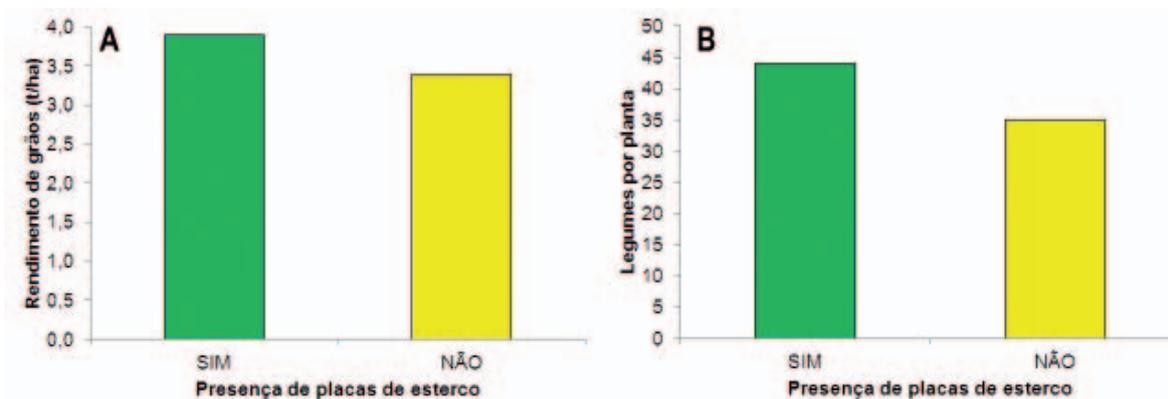


Figura 19. Rendimento de grãos de soja (A) e número de legumes por planta (B) em função da presença de placas de esterco ao final do ciclo de pastejo intenso (10 cm de altura do pasto – Safrá 2010/11).

### 3.4. Impactos no solo

O foco do trabalho, como enfatizado anteriormente, é a busca de alternativas de renda ao cultivo de soja no verão, pela introdução de pecuária de corte, em vastas áreas do Planalto Rio-Grandense mantida com plantas de cobertura no inverno. O principal obstáculo, por parte dos produtores de soja, era a grande resistência à introdução da pecuária em áreas de lavoura, pela convicção de que o pastejo dessas áreas prejudicava a produção da soja, por problemas relacionados a compactação do solo. Segundo o senso comum da época, essa compactação poderia também dificultar a correção da acidez do solo, em profundidade, pela aplicação superficial de calcário em plantio direto, especialmente pelo impedimento da descida de suas partículas finas. Adicionalmente, era também importante determinar a quantidade de resíduo necessária ao balanço positivo de carbono, visando à sustentabilidade do sistema plantio direto.

Considera-se, nos sistemas de produção integrada, que o animal em pastejo é o catalisador, que modifica as taxas e os fluxos dos processos sistêmicos, decompondo o material orgânico e determinando a dinâmica e a ciclagem dos nutrientes entre os seus compartimentos. O solo, por sua vez, é considerado como o compartimento centralizador dos processos e aquele que captura o sentido (+ ou -) das modificações no sistema. Enquanto os cultivos se sucedem, tanto quanto a presença dos animais, o solo é o compartimento a permanecer convergindo alterações físicas, químicas e biológicas ao longo do tempo. Por esta razão, o solo concentra vários dos indicadores de avaliação dos sistemas integrados de produção agrícola. Como isto ocorre, é tema dos itens seguintes, onde são apresentados os resultados do manejo em diferentes atributos do solo ao longo do período experimental.

#### 3.4.1. Na compactação e na estrutura

O impacto do pisoteio animal nos atributos físicos do solo manifestou-se somente na camada superficial (0 – 5,0 cm), pela diminuição da porosidade e pelo aumento na densidade do solo com o aumento da intensidade de pastejo (Figura 20), e na diminuição da taxa de infiltração da água. Tais efeitos não ocorreram na camada abaixo, de 5 a 10 cm, mesmo em condições de pastejo intenso (P-10), sendo também pouco expressivos na camada superficial em pastejo moderado e leve, pois a macroporosidade se mantém acima do valor considerado crítico (10%) para o crescimento radicular.

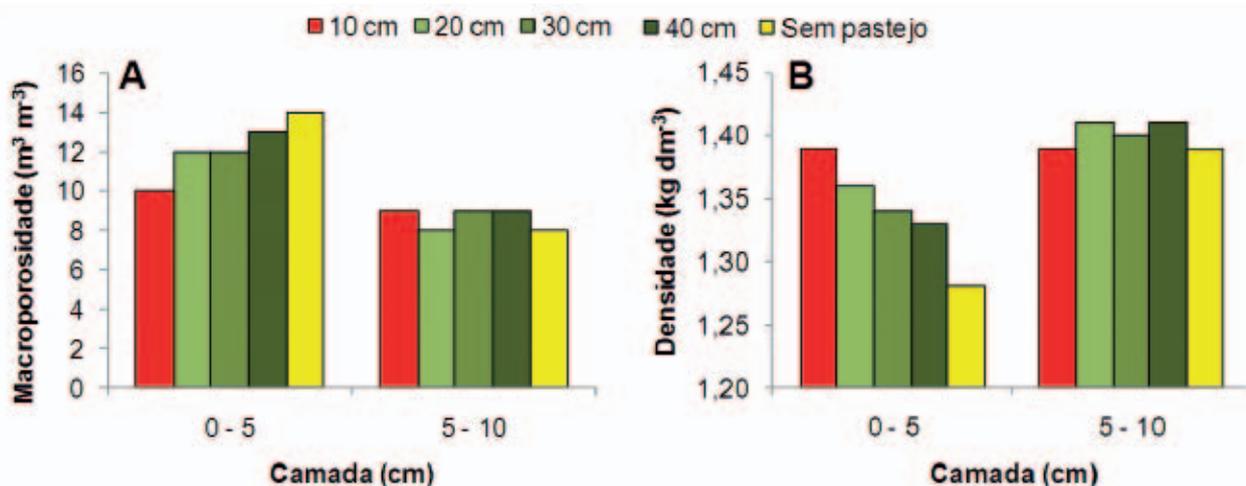
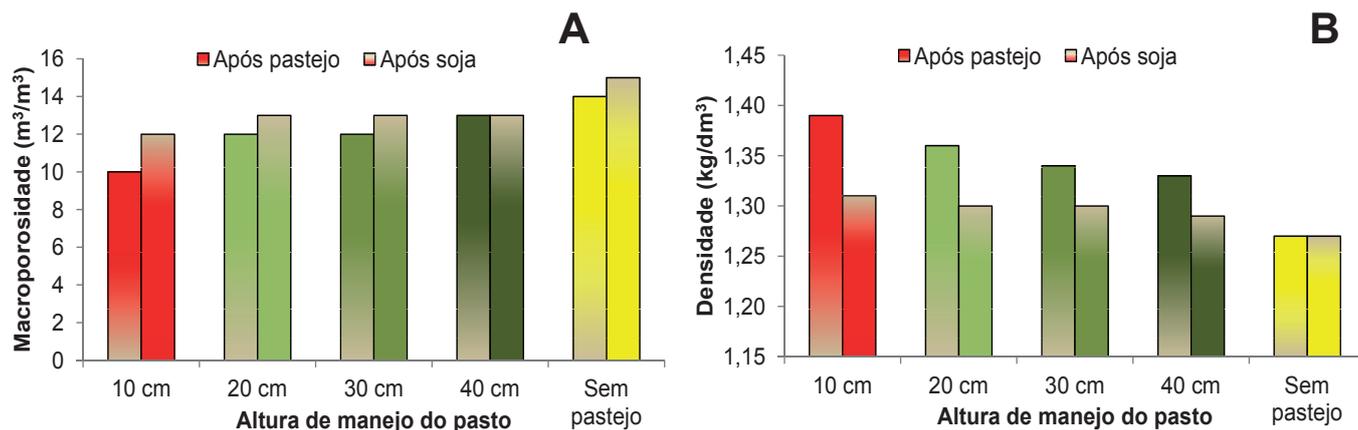


Figura 20. Macroporosidade (A) e densidade (B) em camadas do solo em integração soja-bovinos de corte (Média de avaliações após pastejo no período de 2001 a 2005).

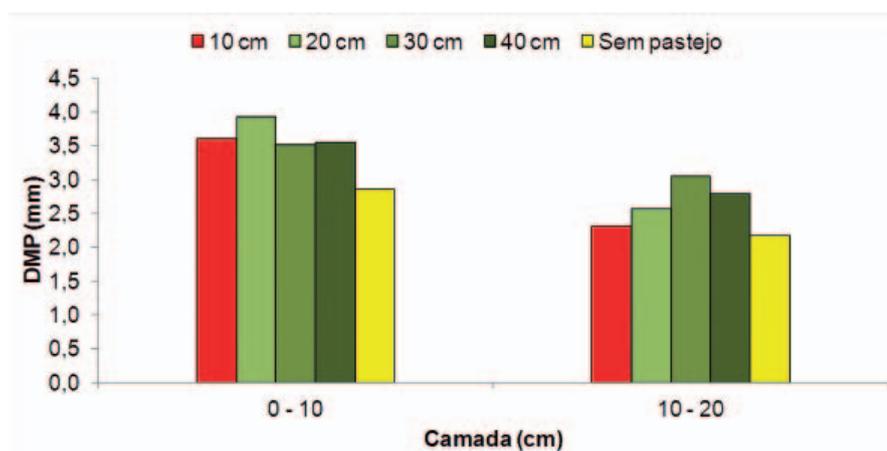
É importante, entretanto, ressaltar que os efeitos negativos do pastejo na compactação do solo foram reversíveis, uma vez que os valores de macroporosidade e densidade do solo da camada superficial retornaram aos valores iniciais após o ciclo da soja cultivada na sequência (Figura 21). Ações no sentido de re-estabelecer a condição física prévia do solo envolvem agentes naturais, como as próprias culturas

em sucessão, e operações de semeadura, com dispositivos que permitem mobilização do solo na linha de semeadura.



**Figura 21. Macroporosidade (A) e densidade (B) na camada superficial (0 – 5 cm) do solo no final do período de pastejo e após a colheita da soja, em integração soja-bovinos de corte (Média de avaliações após pastejo no período de 2001 a 2005).**

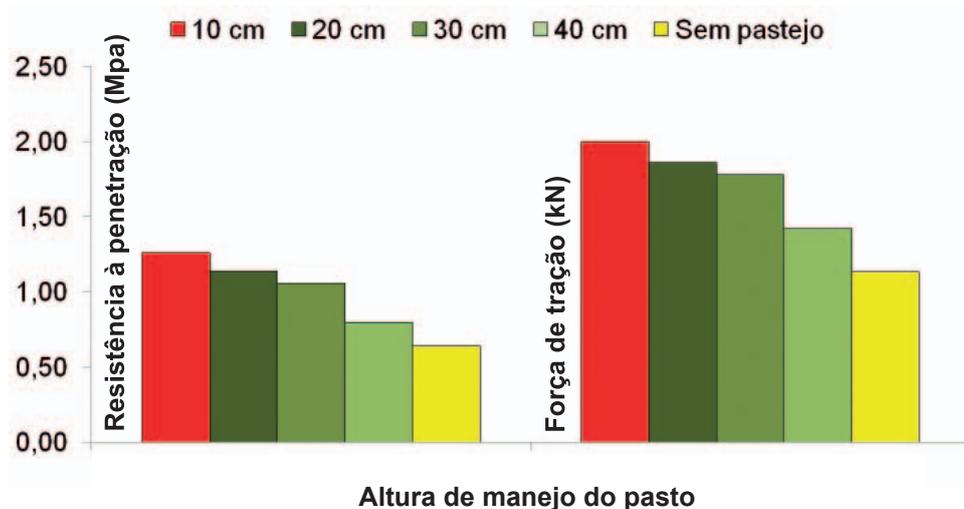
O estado de agregação do solo é um dos mais importantes indicadores de avaliação dos sistemas de produção agrícola, pois congrega aspectos físicos relacionados à estrutura do solo e bioquímicos relacionados ao balanço de carbono no sistema. A agregação do solo, avaliada no trabalho pelo diâmetro médio ponderado (DMP) de agregados estáveis em água (Figura 22), foi favorecida pelo pastejo, em ambas as camadas de solo, especialmente quando em pastejo moderado. A presença do animal contribui, de forma direta, para a estabilização dos agregados pela aproximação das partículas pelo pisoteio e, de forma indireta, favorece a agregação das partículas pela deposição de dejetos orgânicos (esterco e urina) no solo, que atuam como agentes cimentantes entre as partículas de solo. Além disto, a quantidade de raízes da pastagem (Item 3.1, Figura 8) contribui para os efeitos positivos do pastejo na camada superficial (Figura 22). Como esse efeito positivo na agregação também ocorreu na camada inferior (Figura 22B), as raízes pivotantes da soja e as mais profundas da pastagem exercem uma aproximação de partículas (pressão de crescimento) e posterior decomposição, liberando compostos orgânicos, que favorecem a agregação. No trabalho, a ação conjunta desses fatores determinou uma melhor agregação sob pastejos moderados, em ambas as camadas do solo (Figura 22).



**Figura 22. Diâmetro médio ponderado (DMP) de agregados estáveis em água em camadas do solo no sistema de integração soja-bovinos de corte.**

Medidas de resistência mecânica do solo à penetração (RP), por penetrômetros de cone, de força de tração (FT), em hastes sulcadoras de semeadoras e de pressão de pré-consolidação, em prensas edométricas, têm sido preconizadas para o diagnóstico do estado de compactação do solo. Elas foram utilizadas no presente trabalho para avaliar a compactação do solo resultante da presença dos animais em pastejo e para demonstrar a sua variabilidade horizontal e temporal, afetada pelo pisoteio animal.

Os resultados da avaliação da RP e FT (Figura 23), com valores aumentando com a intensidade de pastejo, restritas à camada superficial, repetem os indicativos da densidade e porosidade solo em função do pastejo (Figura 20). O limite crítico de RP para o desenvolvimento das raízes (2,0 MPa) não foi nem mesmo atingido na maior intensidade de pastejo (Figura 23A).

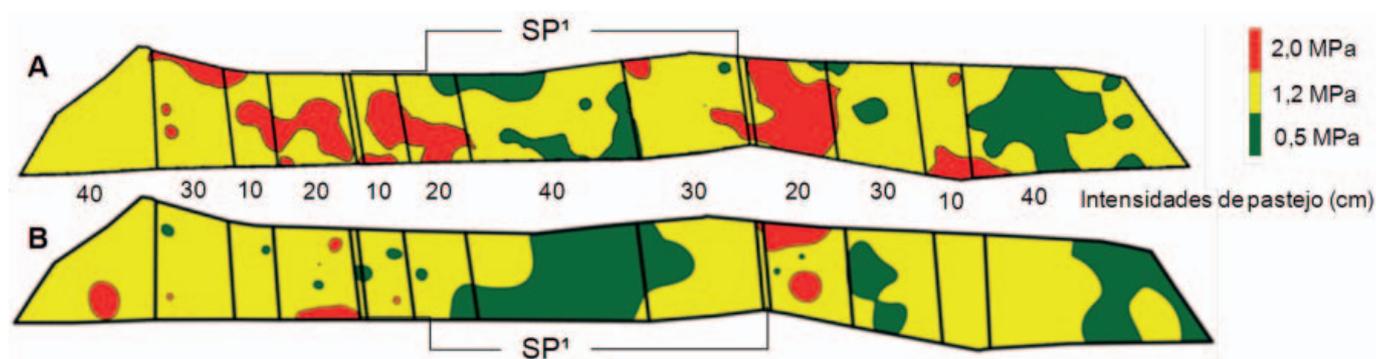


**Figura 23. Resistência à penetração e força de tração em sistema de integração soja-bovinos de corte.**

Áreas com restrição pela resistência mecânica do solo (em vermelho) são mais abrangentes após pastejo (Figura 24A), do que após soja (Figura 24B), concentrando-se nos tratamentos com maior intensidade de pastejo (nas três repetições).

A avaliação do estado de compactação do solo pelo uso de hastas instrumentalizadas com sensores de força de tração e aquisição georreferenciada de dados (não apresentados neste boletim) resultou em conclusões semelhantes, porém permite melhor detalhamento do que o uso georreferenciado de penetrômetros de cone. O aumento da compactação com a intensidade de pastejo resulta em maior aproximação das partículas sólidas, resultando também em maiores valores de pressão de pré-consolidação, pois para promover re-arranjo das partículas (deformação), é necessário exercer forças cada vez maiores.

A avaliação do estado de compactação do solo pela resistência mecânica à penetração (deformação) e pela força de tração em hastas instrumentalizadas de semeadoras é mais prática do que as avaliações da densidade e da porosidade do solo. No entanto, elas são fortemente dependentes do teor de água do solo no momento da determinação no campo, aumentando exponencialmente com a redução da umidade do solo.



**Figura 24. Mapas da resistência mecânica do solo à penetração na camada de 0 a 10 cm do solo na área experimental no final do ciclo de pastejo, em novembro de 2007 (A) e no final do ciclo da soja, em abril de 2008 (B), em sistema de integração soja-pecuária de corte.**

A análise conjunta das variáveis estudadas neste trabalho (densidade, porosidade, estabilidade de agregados, resistência à penetração, força de tração e pressão de pré-consolidação), indica que o pisoteio animal afeta alguns atributos físicos do solo, principalmente na camada superficial. Porém, os níveis atingidos, além de serem reversíveis após o ciclo da soja, cultivada na sequência, não atingem os níveis considerados críticos ao desenvolvimento radicular e ao rendimento dessa cultura.

### 3.4.2. Na correção da acidez e descida de cátions básicos

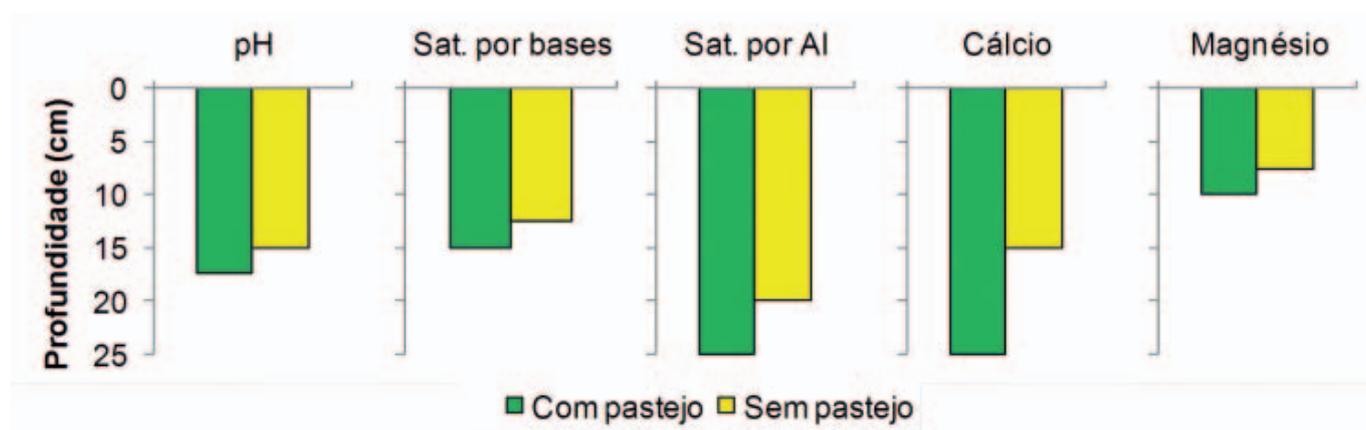
Por ocasião da instalação do experimento (2001), a aplicação superficial para a re-correção da acidez do solo em plantio direto era uma prática em consolidação (hoje já consolidada), pela rápida descida dos efeitos do calcário (elevação do pH e de cátions básicos e diminuição do alumínio trocável), podendo atingir profundidades de até 10 cm em um período de quatro anos. Os temores, na época, eram de que o pisoteio animal, por efeito de compactação (redução da macroporosidade e de infiltração de água), poderia restringir a descida das partículas finas do calcário e, assim, diminuir sua eficiência na correção da acidez no perfil do solo. A partir do estado de acidez do solo (Tabela 4), foi efetuada ao final do primeiro pastejo, uma aplicação de 4,5 t/ha de calcário (PRNT 62%), que corresponde à dose recomendada pela CQFS RS/SC (2004) para elevar o pH do solo até 5,5 na camada de 0 – 10 cm, na condição de plantio direto consolidado (Item 2.4).

**Tabela 4. Atributos químicos iniciais em camadas do solo sob plantio direto desde 1993 (Novembro de 2000)**

| Camada<br>cm | pH<br>água <sup>(1)</sup> | Matéria<br>orgânica<br>% | CTC <sub>pH 7,0</sub><br>cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> | Saturação por          |             | Nutrientes<br>disponíveis <sup>(2)</sup> |     |
|--------------|---------------------------|--------------------------|---|------------------------|-------------|--|-----|
|              |                           |                          |   | Bases<br>----- % ----- | Al<br>----- | P<br>-- mg/dm <sup>3</sup> --            | K   |
| 0 - 10       | 4,8                       | 3,9                      | 16,7  | 45                     | 6,7         | 12                                       | 180 |
| 0 - 20       | 4,7                       | 2,7                      | 16,4  | 42                     | 9,1         | 9  | 144 |

<sup>(1)</sup>Relação 1:1; <sup>(2)</sup>Mehlich 1.

O calcário mostrou efeito máximo na correção da acidez do solo após 24 meses de sua aplicação. Após esse tempo, esse efeito passou a regredir, porém, mantendo níveis de acidez inferiores àqueles da condição inicial, sem calagem, aos 48 meses de sua aplicação. No seu ponto máximo de reação, o calcário aplicado nesse sistema de cultivo promoveu aumento do pH, da saturação por bases e dos teores de Ca e Mg trocáveis e diminuição da saturação por alumínio até as seguintes profundidades: 20, 20, 25, 7,5 e 25 cm, respectivamente (Figura 25).



**Figura 25. Atributos de acidez, cálcio e magnésio trocáveis em profundidade no solo em áreas pastejadas e sem pastejo, após 24 meses da calagem (Novembro de 2003).**

É importante ressaltar que os efeitos, em profundidade, não foram diferenciados entre as intensidades de pastejo (somente ocorreu após o primeiro pastejo). Isto significa que, a despeito do efeito do pisoteio, houve descida de partículas finas pelos bioporos ou megaporos do solo. O efeito do animal também se dá pela diminuição da acidez por ácidos orgânicos de baixo peso molecular, liberados pela decomposição do esterco. Além disso, a exsudação de compostos orgânicos pelas raízes da aveia e do azevém sob ação do pastejo (remoção da parte aérea com efeito associado à senescência de componentes morfológicos, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular), poderia ser responsável por um efeito mais homogêneo frente à acidez das áreas pastejadas, uma vez que a distribuição dos excrementos dos animais é heterogênea.

Outro ponto a ser considerado no presente trabalho é que, com a diminuição da intensidade de pastejo, há um aumento gradual do teor de matéria orgânica ao longo do tempo (item 3.4.5), que também pode diminuir os efeitos prejudiciais da acidez do solo e da toxidez por alumínio. É importante lembrar que os efeitos em profundidade apresentados são específicos para o manejo da calagem e condições do presente trabalho. Tais condições são relevantes, pois, para um mesmo manejo de animais, as respostas as aplicações de calcário podem ser diferentes em função de outras condições impostas.

### 3.4.3. Na evolução dos indicadores de acidez e de disponibilidade de nutrientes

A dinâmica da acidez e dos nutrientes em sistemas integrados de produção é mais complexa do que em sistemas onde o animal está ausente. Há, com a presença do animal, um maior número de compartimentos com taxas diferenciadas de transferência entre eles, que afetam os processos de reacidificação do solo e a ciclagem, a reciclagem e o balanço de nutrientes. Esses aspectos são apresentados mais adiante quando se considera a geração diferenciada de resíduos (item 3.4.6), enfocando aqui, somente a evolução da acidez e da disponibilidade de nutrientes como indicadores do estado de fertilidade do solo, avaliados ao final do pastejo, em novembro de 2007 e em maio de 2010.

#### a) Indicadores de acidez

Conforme visto no item anterior, o efeito máximo do calcário em profundidade ocorreu aos 24 meses da sua aplicação ao solo. Nesse momento (Novembro de 2003), em relação às condições iniciais (Tabela 4), houve, na camada de 0 a 10 cm, um aumento do pH, de 4,8 para 5,6, e da saturação por bases, de 45 para 65%, e pouca alteração na saturação por Al, de 6 para 5%. Entretanto, após sete anos da aplicação de calcário, as condições de acidez voltaram a ser elevadas (Tabela 5), acima da condição inicial, sem aplicação de calcário (Tabela 4), com 87 % da área apresentava pH < 5,0; 96 % com saturação por bases < 65 % e 86 % da área com saturação por Al > 10 %. Essa condição é também evidente na amostragem de maio de 2010, especialmente nos dados de pH (Figura 26A) e de saturação por Al (Figura 26C). Esses resultados indicam a necessidade de nova aplicação de calcário, o que poderia estar limitando, segundo a CQFS RS/SC (2004), a produtividade da soja, o que de fato não ocorreu (Tabela 2).

**Tabela 5. Critérios de calagem e respectiva área a ser corrigida para elevar o pH do solo<sup>(1)</sup> a 5,5 na camada de 0 a 10 cm (CQFS RS/SC, 2004) no sistema de integração soja-bovinos de corte (Novembro de 2007).**

| Critérios de calagem         | Área (%) | Objetivo   |
|------------------------------|----------|--|
| 1. pH <sub>água</sub> < 5,5  | 87       | Elevar o pH do solo a 5,5 na camada de 0 - 10 cm |
| 2. Saturação por bases < 65% | 96       |  |
| 3. Saturação por Al > 10%    | 86       |  |
| 4. P < Muito alto            | 87       |  |

<sup>(1)</sup>Coleta do solo em novembro de 2007.

Entre as intensidades de pastejo, verifica-se na amostragem de maio de 2010 (Figura 26), uma acidez menor, expressa pelo pH (Figura 26A) e pela saturação por bases (Figura 26B) e por Al (Figura 26C) no pastejo moderado em relação ao intensivo e sem pastejo em ambas as camadas analisadas. Ressalta-se a alta saturação por Al no tratamento sem pastejo (Figura 26C), bem acima dos valores tolerados pela soja.

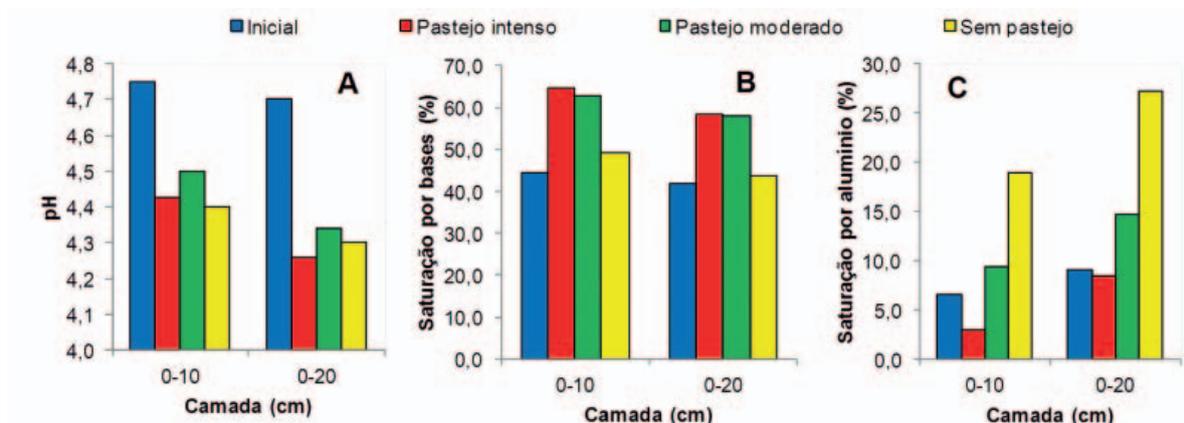


Figura 26. Indicadores de acidez: pH (A), saturação por bases (B) e saturação por Al (C) em camadas de solo no início (2000) e após nove anos no sistema de integração soja-bovinos de corte.

#### b) Indicadores da disponibilidade de nutrientes

Os teores de matéria orgânica, de fósforo e de potássio disponíveis (Mehlich 1) foram diferenciados no tempo e em relação às intensidades de pastejo (Figura 27). Assim, enquanto os teores de matéria orgânica aumentaram, de forma gradual, com o tempo e com a diminuição da intensidade de pastejo (Figura 27A), os de fósforo tiveram um aumento acentuado após nove anos de condução do sistema, em ambas as profundidades (Figura 27B). O maior aumento desses atributos na camada superficial do solo deve-se ao efeito acumulativo da deposição de resíduos e da adubação ao longo dos anos sob plantio direto. Os teores de K disponível, entretanto, diminuíram com o tempo, principalmente na camada superficial, sendo o decréscimo menor na ausência dos animais em ambas as camadas de solo (Figura 27C). Mesmo assim, os teores se mantiveram acima do nível crítico ( $90 \text{ mg/kg}$ ) estabelecido pela CQFS RS/SC (2004) para a soja nesse tipo de solo ( $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0} > 15 \text{ cmol}_c/\text{kg}$ ). Neste contexto, fica claro que, mesmo com um balanço de potássio negativo, de forma proporcional ao aumento da lotação animal e à demanda elevada da soja por K (Item 3.4.6), os rendimentos da cultura não foram afetados (Tabela 2), uma vez que os níveis desse nutriente no solo se mantiveram elevados após 10 anos no sistema.

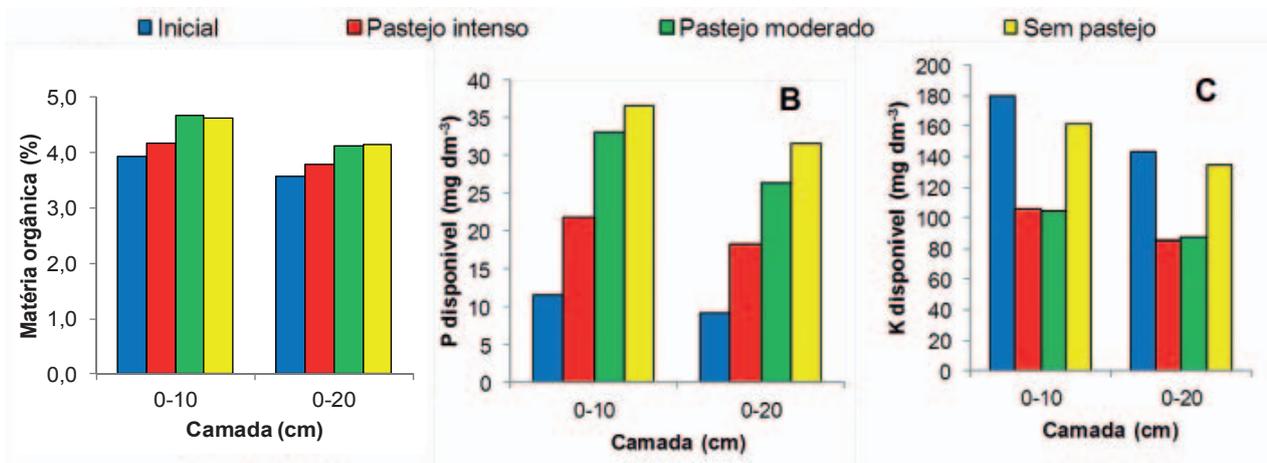


Figura 27. Teor de matéria orgânica (A), de fósforo (B) e de potássio (C) disponíveis (Mehlich 1) no início (2000) e após nove anos no sistema de integração soja-bovinos de corte.

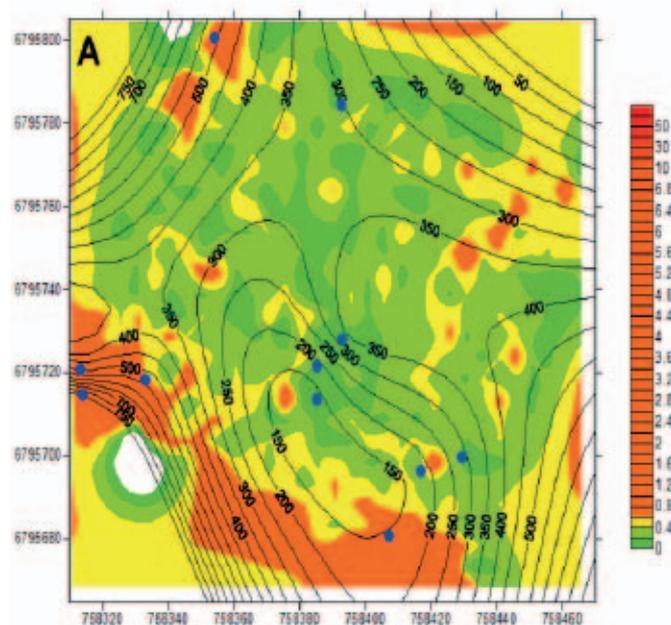
A adubação foi a mesma em todos os tratamentos (Item 2.4). A partir dos mapas de distribuição dos teores desses nutrientes por amostragem sistemática e georreferenciada em grade reticulada, chegou-se à distribuição de frequência de faixas de interpretação, segundo a CQFS RS/SC (2004), apresentada na Tabela 6. Os teores de matéria orgânica (médio, em 91 % da área), de fósforo disponível (acima no nível crítico, em 99 % da área) e de potássio disponível (acima do nível crítico em 98% da área), ensejam à recomendação, conforme a CQFS RS/SC (2004), de 40 a 70 kg de N/ha, para a pastagem (azevém + aveia preta), de 60 kg de  $P_2O_5$  /ha e 95 kg de  $K_2O$ /ha, para uma expectativa de produtividade de 4,0 t/ha de grãos de soja. Esta recomendação é muito próxima daquela utilizada na Fazenda do Espinilho.

**Tabela 6. Distribuição das faixas de teores de matéria orgânica, fósforo e potássio disponíveis<sup>(1)</sup> no solo<sup>(2)</sup> na área experimental e recomendações de adubação para a expectativa de rendimento de azevém+aveia e de grãos de soja (CQFS RS/SC, 2004) no sistema de integração soja-pecuária de corte.**

| Mat. orgânica |      | Nitrogênio              |        | Fósforo |      | Potássio                      |      |                  |
|---------------|------|-------------------------|--------|---------|------|-------------------------------|------|------------------|
| Faixa         | Área | N – kg ha <sup>-1</sup> |        | Faixa   | Área | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Área | K <sub>2</sub> O |
|               | %    | 4 t/ha                  | 6 t/ha |         | %    | kg/ha                         |      | %                |
| Baixa         | 0    | 70                      | 100    | Média   | 1    | 90                            | 2    | 125              |
| Média         | 99   | 40                      | 70     | Alta    | 86   | 60                            | 80   | 95               |
| Alta          | 1    | 20                      | 50     | M. alta | 13   | ≤60                           | 18   | ≤95              |

<sup>(1)</sup>Método Mehlich 1; <sup>(2)</sup>Coleta em novembro de 2007.

A partir dos mapas de distribuição das placas de esterco (Figura 13), e da respectiva análise do solo, foram elaborados mapas de distribuição de potássio disponível intensidade moderada de pastejo (Figura 28). Verifica-se uma grande variação nos teores desse nutriente no solo e uma coincidência



**Figura 28. Distribuição de K disponível em função da distribuição das placas de esterco (Figura 13) em área de pastejo moderado (Novembro/2010).**

entre a concentração de ambas, de esterco e de potássio. Da mesma forma, verificou-se relação positiva entre a concentração de placas de esterco, a disponibilidade de nutrientes no solo (Tabela 3) e o rendimento da soja (Figura 19). Pressupondo que as dejeções de esterco e de urina dos bovinos sejam simultâneas e no mesmo local, os teores de potássio no solo estariam mais associados à disposição da urina do que propriamente ao esterco, pois mais de 70% do potássio é expelido na urina.

Os teores de cálcio e de magnésio eram inicialmente elevados (Tabela 1), bem acima dos considerados críticos para as culturas (CQFS RS/SC, 2004). Mesmo assim, aumentaram principalmente os de magnésio trocável, em todas as camadas, com o tempo de condução do trabalho (dados não apresentados). Isto decorre do efeito da calagem, mesmo após 10 anos de sua aplicação. Ressalta-se que, de maneira geral, em condições

de pastejo esses valores são mais elevados, especialmente na condição de pastejo leve (40 cm). Esses resultados são indicativos de que o pastejo possa estar contribuindo para a reciclagem desses nutrientes, mantendo-os mais tempo no sistema, em relação à condição de ausência de animais na pastagem.

### 3.4.4. Nos atributos biológicos

Em sistemas de integração lavoura-pecuária, em adição aos resíduos das plantas (cultura comercial e de cobertura), as excreções dos animais, na forma de esterco e de urina, afetam a atividade biológica do solo, principalmente próximo a zona radicular denominada de rizosfera. Quando a pastagem é constituída por gramíneas, há maior quantidade de raízes (Figura 8), que promovem aumento na proporção de solo rizosférico. O pastejo provoca liberação de compostos orgânicos na superfície das raízes, que também estimulam a atividade e a biomassa microbiana do solo (BMS), que utiliza esses compostos como fonte de carbono. Assim, foi proposto quantificar esses efeitos, influenciados pelas diferentes intensidades de pastejo, que por sua vez, resultam em quantidades diferenciadas de resíduos dos diversos compartimentos do sistema, uma vez que essas avaliações foram efetuadas em diferentes épocas durante o ciclo de pastejo de 2007.

De forma geral, a atividade microbiana aumenta com a intensidade de pastejo (Figura 29D), estando diretamente relacionada com a quantidade de resíduos no solo (raízes) e na sua superfície (esterco). De alguma forma isto se reflete nos teores de carbono (C-BM) (Figura 29A), de nitrogênio (N-BM) (Figura 29B) e na biomassa microbiana (Figura 29C), com menor variação para os dois últimos.

A respiração basal microbiana é estimulada pelas maiores intensidades de pastejo, o que faz pensar que a biomassa microbiana esteja dispendendo carbono para se manter, ou seja, uma situação típica de estresse. No entanto, a quantificação da biomassa microbiana mostrou relação positiva com as intensidades de pastejo. Quanto menor a altura de manejo, maior a biomassa microbiana (465, 515, 574 e 648 mg C/kg de solo, respectivamente para SP, 40, 20 e 10 cm de altura). Nos sistemas de ILP, além do aumento dos resíduos dos animais, ocorre incremento dos aportes de biomassa com o pastejo aumentando, portanto, a biomassa microbiana com o acúmulo de resíduos orgânicos.

Outro indicador importante é o quociente metabólico ( $qCO_2$ ), que é a relação entre carbono respirado e carbono imobilizado na biomassa microbiana. Os resultados registrados para essa variável foram 12,5; 13,2; 14,3 e 13,5 ( $mg\ CO_2/mg\ C\ dia^{-1}$ )  $\times 10^{-3}$  respectivamente para SP, 40, 20 e 10 cm de altura. Como se pode concluir, não há efeito do manejo do pasto. Assim, mesmo em situações adversas, o sistema de integração lavoura-pecuária, em intensidades moderadas de pastejo, consegue manter os teores de nutrientes da BMS, em níveis iguais ou superiores às áreas não pastejadas.

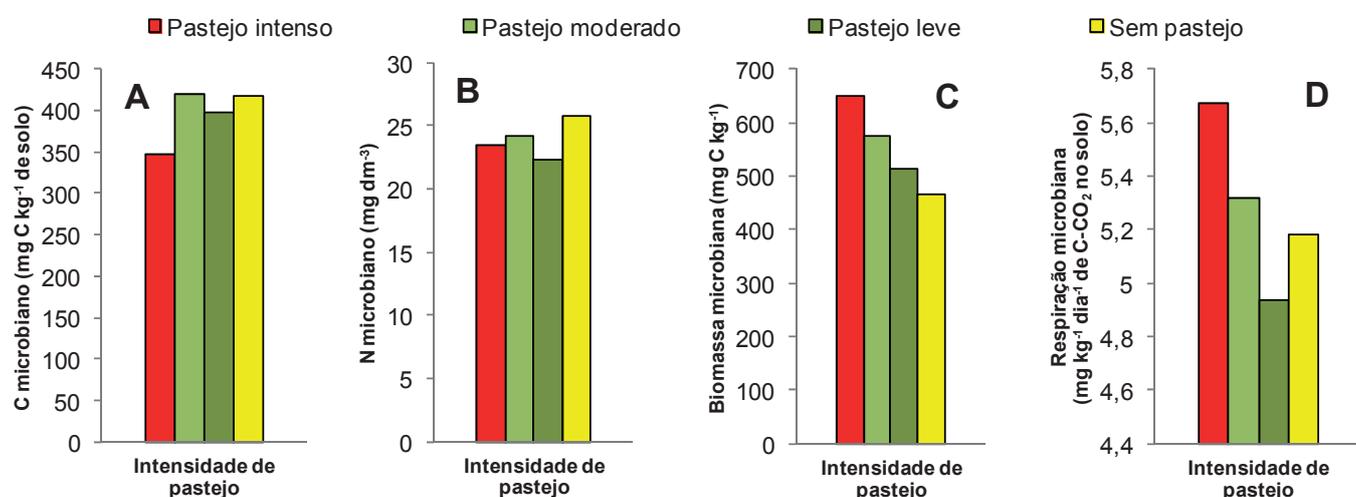


Figura 29. Carbono (A), nitrogênio (B), biomassa microbiana (C) e respiração microbiana (D) na camada de 0 a 10 cm do solo no sistema de integração soja-bovinos de corte.

Medidas que relacionam a perda de carbono e que permitem avaliar se determinado manejo esta provocando estresse são importantes no processo de avaliação da sustentabilidade do solo. À medida que a BMS se torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO<sub>2</sub> pela respiração e uma fração significativa é incorporada ao tecido microbiano, como ocorre nas intensidades moderadas de pastejo. Desta forma, solos com baixo qCO<sub>2</sub> estariam mais próximos ao estado de equilíbrio, incorporando carbono na biomassa microbiana e contribuindo para a redução de carbono na atmosfera, ou seja, sequestrando carbono.

### 3.4.5. Nos estoques e frações da matéria orgânica, nitrogênio e fósforo

#### a) Estoques de carbono e de nitrogênio

Os estoques de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total (NT) no solo tiveram aumento similar entre as intensidades de pastejo desde a instalação da ILP até o terceiro ano (Figura 30). Aumentos desses estoques nos anos iniciais são esperados, independentemente da intensidade de pastejo, pela aplicação de N na pastagem de inverno e pela inserção do animal nas áreas pastejadas.

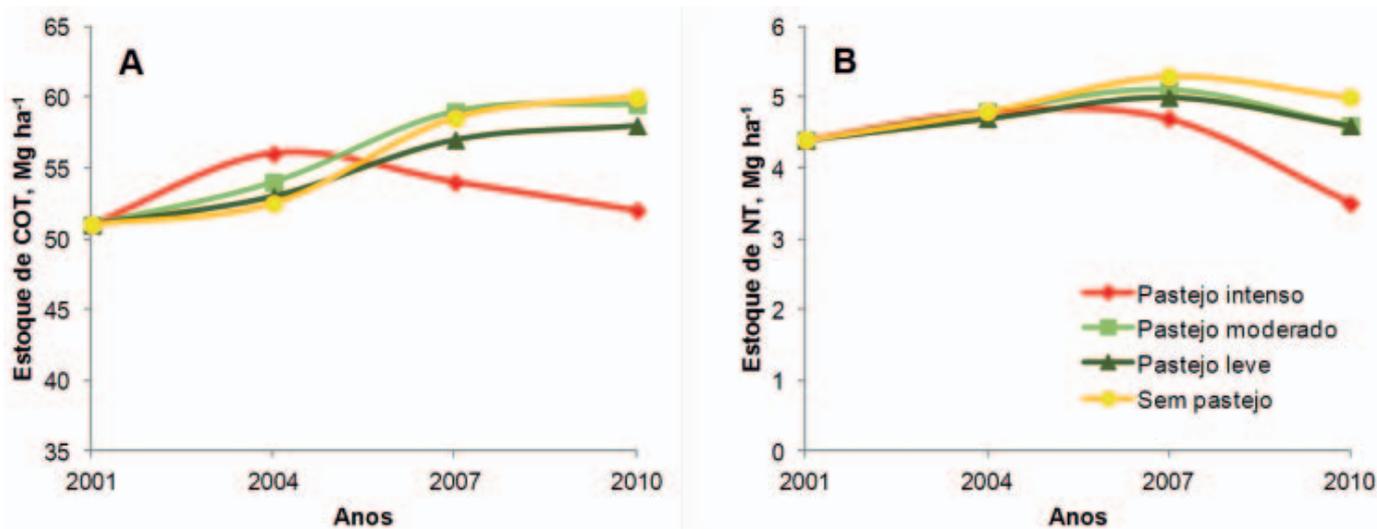
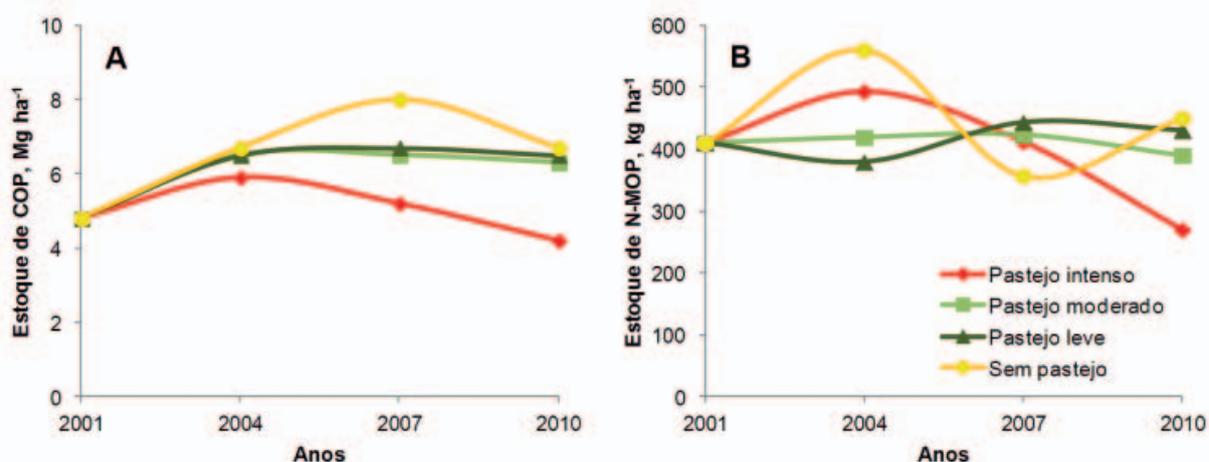


Figura 30. Estoques de carbono orgânico total (A) e nitrogênio total (B), na camada de 0 a 20 cm do solo no sistema de integração soja-bovinos de corte.

Influência das intensidades de pastejo no COT e NT ocorrem com o tempo (Figura 30), em função das adições diferenciadas dos resíduos resultantes do manejo da pastagem. Houve aumento contínuo nos estoques de COT do primeiro para o nono ano (Figura 30A) e do primeiro ao sexto ano para NT (Figura 30B) em todas as intensidades de pastejo, com exceção do pastejo mais intenso (P-10). Neste tratamento, o COT decresceu substancialmente após o terceiro ano e o NT, a partir do sexto ano. Esperava-se, como ocorreu com as intensidades leves a moderadas de pastejo tivessem aumentos menos pronunciados em relação aos observados no início da adoção do sistema, uma vez que há um limite de acúmulo de matéria orgânica para os solos em geral. Por outro lado, as perdas nos estoques de COT e NT na alta intensidade de pastejo devem continuar ocorrendo, pela menor adição de resíduos no sistema, pela exportação nos produtos comerciais gerados (carne e grãos de soja) e pelas perdas, via respiração microbiana, que são superiores às verificadas nas demais intensidades de manejo da pastagem (Figura 29D).

Assim como ocorreu para o COT (Figura 30), houve acúmulo do carbono orgânico total na fração particulada em todas as intensidades de pastejo até o terceiro ano de adoção do sistema (Figura 31A). A partir desse ponto, no tratamento sem pastejo, essas frações aumentaram até o sétimo ano e depois decresceram. Os pastejos moderados permaneceram estáveis no tempo, enquanto no pastejo intenso,

os estoques decresceram continuamente. O estoque de nitrogênio na fração particulada (Figura 30B) apresentou oscilações, com valores baixos no sexto ano, no tratamento sem pastejo, e alto no pastejo mais intenso no terceiro ano, o que está em desacordo com os dados de COT e NT.

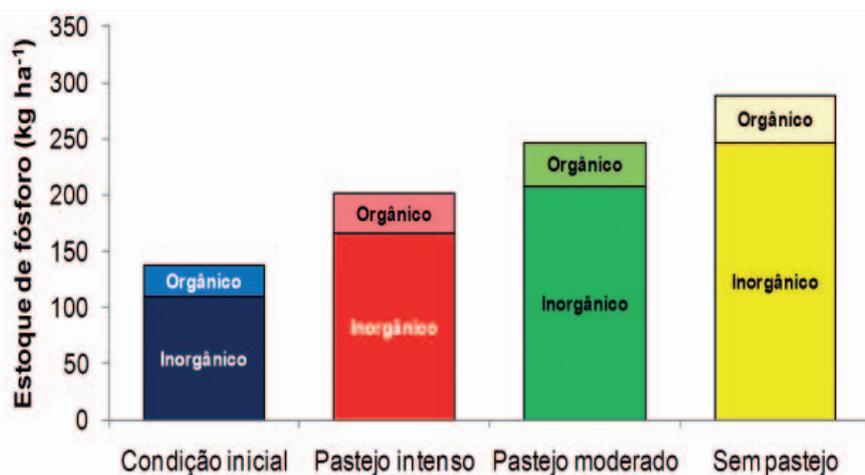


**Figura 31.** Estoques de carbono orgânico particulado (A) e nitrogênio na matéria orgânica particulada (B), na camada de 0 a 20 cm do solo no sistema de integração soja-bovinos de corte.

A diminuição de ambas as frações (total e lábil) no pastejo mais intenso se deve à alta atividade microbiana (Figura 29D) e ao baixo aporte de resíduo do pasto (Figura 4), prejudicado pela baixa adubação nitrogenada no experimento, de 45 kg/ha. Além disto, esse tratamento (10 cm) já vinha sofrendo influência da exportação pelos produtos comerciais gerados (carne e grãos), com diminuição de 1,17 t/ha de C no período 2007/10, demonstrando que essa intensidade de pastejo não está sendo sustentável. A fração particulada é a mais lábil da matéria orgânica e tida como um eficiente indicador do manejo adotado no solo. Da mesma forma, a intensidade de pastejo também influencia a massa de raízes, que tem sido, porém, inversamente proporcional à altura do pasto (Figura 8). É desejável que o solo apresente uma fração considerável de C-MOP, pois assim estará garantindo fluxo de C para o solo e, assim, manter a sua atividade biológica.

### b) Formas e frações de fósforo

A exemplo do que ocorreu com o P disponível (Figura 27B), também houve aumento no estoque de fósforo ao longo do período experimental (Figura 32), com diminuição do incremento com a intensidade de pastejo.



**Figura 32.** Evolução dos estoques de fósforo na camada de 0 – 20 cm solo, do início (2000) e após seis anos no sistema de integração soja-bovinos de corte.

Os animais funcionam, então, como aceleradores do processo de ciclagem desse nutriente. A sua dinâmica no solo em integração com a pecuária passa a ser mais complexa devido ao compartimento orgânico (carbono orgânico), que aumenta com o tempo (Figura 30A), e ao respectivo processo de ciclagem dos resíduos. Apesar disso, o aumento do estoque desse nutriente na camada de 0 a 20 cm ocorreu predominantemente na forma inorgânica, em sua

fração moderadamente lábil, uma vez que a forma orgânica permaneceu inalterada entre as intensidades de pastejo nessa camada. Aumentos na forma orgânica somente ocorreram na camada superficial de 0 a 5 cm. Essa predominância geoquímica no ciclo (biogeoquímico) deriva da grande afinidade do fósforo com os componentes minerais, especialmente dos óxidos de ferro, em abundância nesse solo.

### 3.4.6. Na ciclagem e no balanço de nutrientes

Entende-se a ciclagem como o movimento (fluxo) dos nutrientes entre os diversos compartimentos (atmosfera-planta-animal-solo) do sistema de produção, em uma série de processos nos respectivos ciclos biogeoquímicos. Nesse contexto, a ciclagem (e a reciclagem) envolve(m) a medição da quantidade e da velocidade de transferência de nutrientes de um compartimento para outro (fluxos e taxas) chegando-se, finalmente, ao seu balanço no sistema. O pleno conhecimento da ciclagem é importante para o uso eficiente dos nutrientes do solo, dos resíduos e dos fertilizantes. Assim sendo, é necessário conhecer a sincronia de sua disponibilização pelas diferentes fontes com a demanda da cultura instalada, para estabelecer a adubação com foco no sistema. A ciclagem, no contexto deste trabalho, se refere ao desaparecimento dos resíduos da parte aérea do pasto, do esterco bovino e da parte aérea da soja em sacos de decomposição (*litter bags*) no campo e a conseqüente liberação do fósforo e do potássio. A quantidade desses resíduos produzidos em um ciclo de soja:pastejo está apresentada na Tabela 7.

**Tabela 7. Quantidade de resíduos produzidos nos diferentes compartimentos de um ciclo pastagem-soja (Junho/2010 a maio/2011)**

| Resíduos       | Alturas de manejo (cm) |      |       |       | Sem pastejo |
|----------------|------------------------|------|-------|-------|-------------|
|                | 10                     | 20   | 30    | 40    |             |
|                | ----- t/ha -----       |      |       |       |             |
| Pasto          | 1,33                   | 3,24 | 4,64  | 6,24  | 6,14        |
| Esterco        | 1,34                   | 0,90 | 0,69  | 0,57  | 0,00        |
| Caules de soja | 2,71                   | 2,81 | 2,87  | 2,56  | 2,87        |
| Folhas de soja | 2,09                   | 2,39 | 2,59  | 2,56  | 2,85        |
| TOTAL          | 7,47                   | 9,34 | 10,79 | 11,93 | 11,86       |

A quantidade de fósforo e de potássio nos resíduos a decompor, determinada pela quantidade de resíduos no final do ciclo (Tabela 7) e do seu teor em nutrientes, varia com o resíduo e com o manejo do gado no pasto (Tabela 8). Ela é maior para o potássio em relação ao fósforo. Em relação às fontes, enquanto nos resíduos do pastejo a magnitude varia com o manejo, na soja não há diferença. No resíduo do pasto, houve diminuição com o aumento da intensidade de pastejo. Já no esterco ocorreu o inverso, isto é, houve aumento com a intensidade de pastejo, com valores determinados pela respectiva quantidade dos resíduos produzidos.

**Tabela 8. Quantidade de fósforo (P) e de potássio (K) nos diferentes resíduos das culturas e do esterco no sistema de integração soja-bovinos de corte**

| Pastejo | P                 | K  | P            | K | P                | K  | P               | K  |
|---------|-------------------|----|--------------|---|------------------|----|-----------------|----|
|         | ----- kg/ha ----- |    |              |   |                  |    |                 |    |
| cm      | Res. pasto        |    | Res. esterco |   | Res. folhas soja |    | Res. caule soja |    |
| 10      | 4                 | 16 | 13           | 9 | 4                | 26 | 4               | 31 |
| 20      | 6                 | 39 | 12           | 7 | 4                | 34 | 5               | 30 |
| 30      | 10                | 62 | 12           | 7 | 4                | 33 | 5               | 32 |
| 40      | 15                | 86 | 11           | 6 | 5                | 36 | 4               | 30 |
| SP      | 18                | 85 | -            | - | 6                | 37 | 5               | 42 |

<sup>(1)</sup>Coletado em novembro de 2010; <sup>(2)</sup>Coletado em maio de 2011.

A dinâmica de decomposição dos resíduos é, por sua vez, determinada pela natureza (forma) de seus constituintes, assim denominados: lábil e recalcitrante, isto é, de fácil e de difícil decomposição, respectivamente, determinados pelo baixo e elevado teor de celulose e lignina. A decomposição dessas formas (lábil e recalcitrante) e a conseqüente liberação de nutrientes, será concomitante ou de forma separada (primeiro, a lábil e, depois, a recalcitrante) e identificada pelo ajuste de equações não lineares. O tempo de meia vida ( $T^{1/2}$ ), tempo para liberar a metade do nutriente do resíduo, tem sido utilizado para comparar os efeitos do manejo do sistema na liberação dos nutrientes dos diferentes compartimentos. Nessa perspectiva, quando o ajuste das funções for maior para a decomposição separada, resultará em um único  $T^{1/2}$  (fração lábil) e, quando o ajuste indica decomposição conjunta, resultará em dois  $T^{1/2}$  (fração lábil e recalcitrante).

Para o fósforo (Tabela 9), exceção para sua liberação das folhas da solja (decomposição separada, primeiro a fração lábil), o maior ajuste ocorreu para a decomposição conjunta dos constituintes (lábeis e recalcitrantes). O tempo de meia vida ( $T^{1/2}$ ) da fração recalcitrante dos diferentes resíduos é elevado, sendo, entretanto, menor nas folhas de soja (142 a 149 dias), seguido do esterco (179 a 303 dias) e do pasto (175 a 502 dias), indicando ser o suprimento dessa forma, somente importante no ciclo subsequente da própria cultura. A decomposição da fração lábil, entretanto, é rápida para todos os resíduos, sendo, porém, menor para o esterco (5 a 16 dias), seguido das folhas de soja (16 a 23 dias), do resíduo do pasto (13 a 40 dias) e, por fim, do caule da soja (58 a 66 dias). Entretanto, essa fração (lábil) representa somente 8, 35 e 38 % do total do fósforo nas folhas de soja, no pasto e no esterco, respectivamente. No caso dos caules da soja, o tempo de meia-vida, considerando o ajuste único para a fração lábil, é relativamente elevado (58 a 66 dias). O tempo de meia-vida mais baixo para a liberação de fósforo dessas frações (lábeis) está relacionado ao menor teor de lignina em relação à fração recalcitrante.

**Tabela 9. Tempo de meia vida ( $T^{1/2}$ ) de fósforo em frações e resíduos no sistema de integração soja-bovinos de corte**

| Resíduo                       | Fração        | Alturas de manejo |     |     |     | Sem pastejo |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-----|-----|-----|-------------|
|                               |               | 10                | 20  | 30  | 40  |             |
|                               |               | -----dias-----    |     |     |     |             |
| Pastagem <sup>(1)</sup>       | Lábil         | 25                | 13  | 13  | 40  | 25          |
|                               | Recalcitrante | 462               | 175 | 582 | 422 | 302         |
| Esterco bovino <sup>(1)</sup> | Lábil         | 10                | 5   | 15  | 16  | -           |
|                               | Recalcitrante | 303               | 179 | 266 | 294 | -           |
| Soja - folhas <sup>(2)</sup>  | Lábil         | 16                | 18  | 23  | 18  | 18          |
|                               | Recalcitrante | 145               | 142 | 149 | 142 | 142         |
| Soja - caules <sup>(2)</sup>  | Lábil         | 58                | 58  | 61  | 58  | 66          |

<sup>(1)</sup>Coletado em novembro de 2010; <sup>(2)</sup>Coletado em maio de 2011.

Na liberação de potássio dos diferentes resíduos (Tabela 10), foi considerado unicamente o ajuste para a fração lábil, uma vez que o mesmo não faz parte de constituintes estruturais dos resíduos e é rapidamente disponibilizado. Isto pode ser verificado pelo tempo de meia-vida bastante baixo para todas as fontes: folhas de soja (8-9 dias), esterco (11-12 dias), caules de soja (12-15 dias) e resíduo do pasto (15-18 dias) sendo, em todos os casos, pouco afetado pela intensidade de pastejo, o que indica a sua liberação imediata para a própria cultura (pastagem e soja).

A taxa de liberação dos nutrientes depende, então, da composição em celulose, hemicelulose e lignina, sendo maior nas folhas de soja e no esterco bovino. As folhas de soja são de decomposição rápida, conforme indica a sua menor relação C:N; a forragem sofre, no trato digestivo animal, um processo de degradação (mesmo que parcial) da fração recalcitrante, tornando-a mais rapidamente degradada no solo.

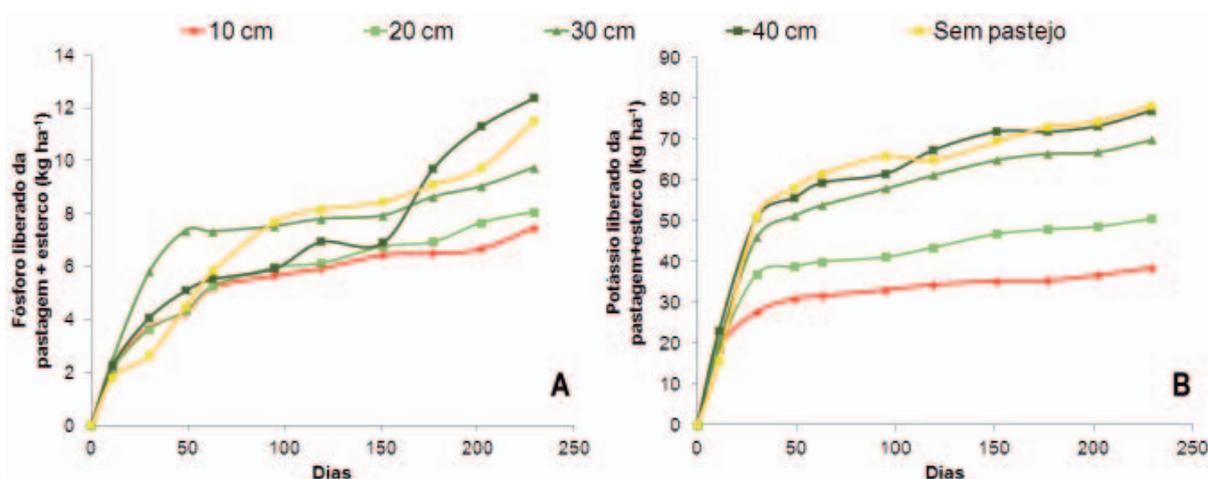
**Tabela 10. Tempo de meia vida ( $T^{1/2}$ ) de potássio em frações e resíduos no sistema de integração soja-bovinos de corte**

| Resíduo                       | Fração | Alturas de manejo |    |    |    | Sem pastejo |
|-------------------------------|--------|-------------------|----|----|----|-------------|
|                               |        | 10                | 20 | 30 | 40 |             |
| -----dias-----                |        |                   |    |    |    |             |
| Pastagem <sup>(1)</sup>       | Lábil  | 15                | 18 | 18 | 18 | 15          |
| Esterco bovino <sup>(1)</sup> | Lábil  | 11                | 11 | 12 | 11 | -           |
| Soja - folhas <sup>(2)</sup>  | Lábil  | 9                 | 9  | 8  | 8  | 8           |
| Soja - caules <sup>(2)</sup>  | Lábil  | 15                | 15 | 12 | 15 | 18          |

<sup>(1)</sup>Coletado em novembro de 2010; <sup>(2)</sup>Coletado em maio de 2011.

Impactos das intensidades de pastejo ocorreram na liberação de fósforo do resíduo do pasto e do esterco e não dos resíduos de soja (Tabela 9), pois não houve efeitos da intensidade de pastejo na cultura de soja (Tabela 2). A taxa de sua decomposição e consequente liberação é maior no pastejo moderado (Tabela 9). Isto indica que, nesse manejo, o resíduo do pasto apresenta menor relação lignina/nitrogênio, favorecendo a atividade microbiana (Item 3.4.4). Esse efeito do pastejo não é observado para o potássio, pois o mesmo se encontra na forma livre na planta e rapidamente liberado pelo solo, como verificado em todos os resíduos (Tabela 10).

A participação da ciclagem dos resíduos em fornecer nutrientes para a cultura a ser instalada em sucessão pode ser estimada por sua liberação no tempo. Assim, a liberação acumulada de fósforo do resíduo do pasto mais do esterco (Figura 33A) para a soja, ocorreu na seguinte ordem dos tratamentos: 40 cm > SP > 30 cm > 20 cm > 10 cm, sendo de 12,4, 11,5, 9,7, 7,8 e 6,8 kg/ha, respectivamente. Essas quantidades são pequenas em relação à indicada, de 50 kg/ha, para uma produtividade de soja de 3,0 t/ha, porém é bastante importante na fase de estabelecimento, que ocorre em torno de 30 dias da retirada dos animais do pasto, com quantidades liberadas entre 2,3 (10 cm) a 5,8 (30 cm) kg/ha. Considerando que o fósforo se encontra na forma orgânica nos resíduos, a sua lenta liberação diminui a possibilidade de sua retenção aos óxidos-hidróxidos de Fe e Al, o que leva a uma utilização mais eficiente pelas plantas.

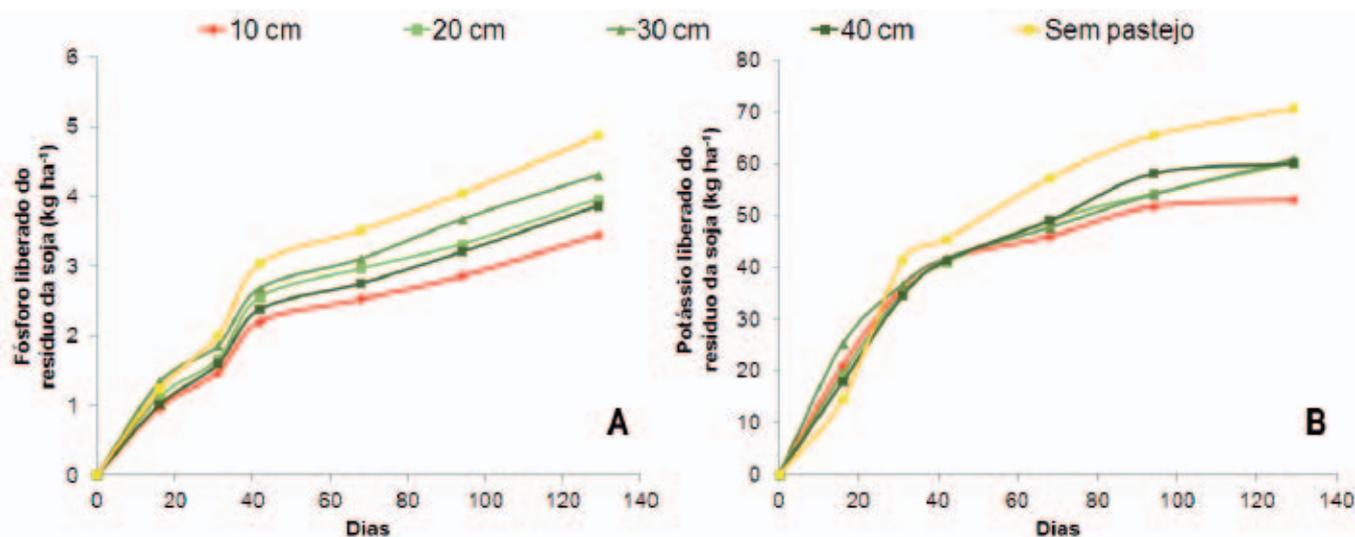


**Figura 33. Liberação acumulada de fósforo (A) e de potássio (B) do resíduo do pasto e do esterco ao longo do tempo de sua decomposição.**

A liberação acumulada de potássio pelos resíduos de pastagem e do esterco (Figura 33B) é rápida e seguiu um padrão muito semelhante entre as intensidades de pastejo. As quantidades totais liberadas ao longo do tempo foram elevadas, sendo maior na área SP, com 78 kg/ha, no pastejo leve (40 cm), com 77 kg/ha, e no pastejo moderado (30 cm), com 70 kg/ha, seguidos de pastejo moderado (20 cm), com 45 kg/ha, e do pastejo intenso (10 cm), com 35 kg/ha. Essas quantidades são relevantes,

representando de 47 a 104% da quantidade de 75 kg/ha, para uma produtividade de 3,0 t/ha de grãos de soja (CQFS RS/SC, 2004). É importante também considerar que, em função da rápida liberação de potássio dos resíduos, quantidades elevadas, de 20 kg/ha, no pastejo intenso, a 50 kg/ha, no sem pastejo e pastejo leve (40 cm) são disponibilizadas na semeadura da soja.

A liberação de fósforo dos resíduos da soja para a pastagem é relativamente pequena (Figura 34A), em relação à demanda, tanto no total como no período de seu estabelecimento que ocorre em torno de um mês após a colheita da soja. Essa liberação pouco variou em função do manejo do pasto, de 3,0 kg/ha no pastejo intenso, a 5,0 kg/ha, no sem pastejo. Como resultado, há contribuição da fração recalcitrante dos resíduos do pasto e do esterco (tempo longo de meia-vida), e não dos resíduos da soja, que não se diferenciaram entre as intensidades de pastejo (Tabela 9).



**Figura 34. Liberação acumulada de fósforo (A) e de potássio (B) do resíduo da soja (caule mais folhas) em função da intensidade de pastejo ao longo do tempo de sua decomposição.**

A liberação de potássio (Figura 34B) foi, entretanto rápida e em grandes quantidades, quer para o estabelecimento do pasto (ao redor de 20 kg/ha), quer seja ao longo do seu desenvolvimento, chegando a 55 kg/ha, no pastejo intenso, e a 70 kg/ha, no sem pastejo.

É importante que se ressalte, com base nesses resultados, que a contribuição da ciclagem dos resíduos é uma importante fonte de nutrientes para as culturas. Há, então, a necessidade de conhecer a cinética de sua liberação, de forma a suprir a necessidade dos e a época da adubação. Para isso, deve-se conhecer o fluxo dos nutrientes entre todos os compartimentos do sistema: o resíduo da palhada na superfície e dos resíduos que se localizam no perfil do solo (raízes e húmus). Em sistemas de produção integrada, deve-se considerar ainda o componente animal, ciclando nutrientes via esterco e urina.

A ciclagem e o balanço de potássio no sistema foram também estudados (Figura 35), pela determinação das quantidades desse nutriente adicionadas, acumuladas nos diferentes compartimentos (soja, pastagem e animais) e exportadas em um ciclo soja/pastejo (2006/07). As quantidades cicladas foram elevadas e aumentaram com a intensidade de pastejo: de 161, no tratamento sem pastejo a 284 kg/ha, no pastejo intenso (Figura 35A), sendo superiores às necessidades das respectivas culturas. Embora tenha ocorrido uma diminuição do nutriente no resíduo da pastagem (de 57 para 11 kg/ha) com o aumento da intensidade de pastejo, mesmo assim houve maior ciclagem com o aumento da intensidade de pastejo, pelo aumento da quantidade de pasto que passou pelo trato digestivo dos animais: de 36, no pastejo leve (P-40), para 164 kg/ha, no pastejo intenso (P-10) (Figura 35A). Como a quantidade adicionada de potássio foi a mesma (49,8 kg/ha) e a quantidade retirada pela carne e pelos grãos de soja foi similar (em torno de 45 kg/ha) em todos os tratamentos, as diferenças no somatório desse nutriente nos compartimentos se deve à sua reciclagem (reaproveitamento - recirculação) ou à absorção diferenciada do solo.

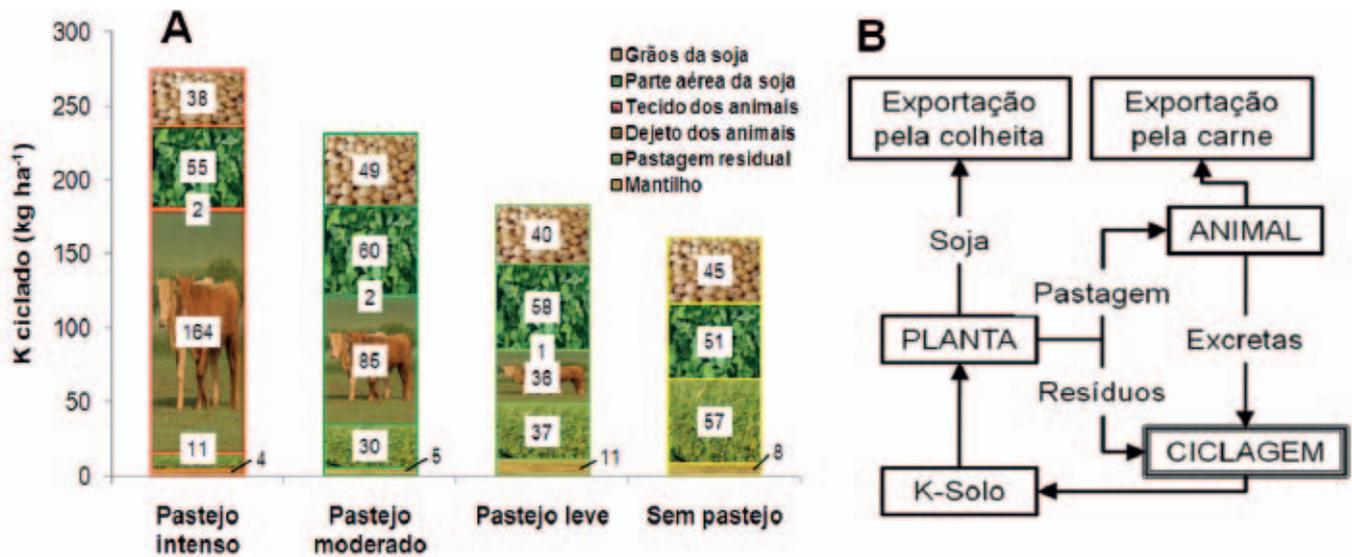


Figura 35. Ciclagem (A) e ciclo (B) de potássio em um ciclo de pastejo no sistema soja-bovinos de corte (Ciclo 2006/07).

Enquanto o saldo de K na lavoura (entradas menos saídas) foi pequeno e pouco diferenciado entre os tratamentos (-0,9, no P-20 a +11 kg/ha no P-10), o saldo no solo variou bastante: de +31, no SP, a -80, no P-40, e -104 kg/ha, no P-10. Isto indica que, ao menos parte da quantidade ciclada nas áreas pastejadas, foi suprida pelo solo (Figura 35B). Desta forma, na ausência do pastejo os teores desse nutriente ao longo do perfil do solo foram maiores em relação às áreas com animais, especialmente aquelas intensamente pastejadas.

### 3.4.7. Na qualidade do solo

Procurou-se selecionar indicadores de qualidade que refletissem propriedades agregadas ou funcionais do solo: o estado de agregação, a diversidade microbiana funcional e o índice de manejo de carbono. Conforme definido no Item 3.4.1, o estado de agregação é um dos mais importantes índices de qualidade do solo, por incluir aspectos físicos, relacionados à estrutura, e bioquímicos, relacionados ao balanço de carbono. A sua avaliação, pelo diâmetro médio ponderado (DMP), indica uma melhor agregação na presença em relação à ausência dos animais (Figura 36A), demonstrando o efeito positivo dos animais no sistema. Nesta situação, a intensidade moderada de pastejo (P-20) é a que melhor favorece a formação de agregados grandes e, por isto, vem a ser o manejo com maior proteção física da matéria orgânica. Esse parece ser o manejo que sinergiza a ação dos diferentes agentes da agregação.

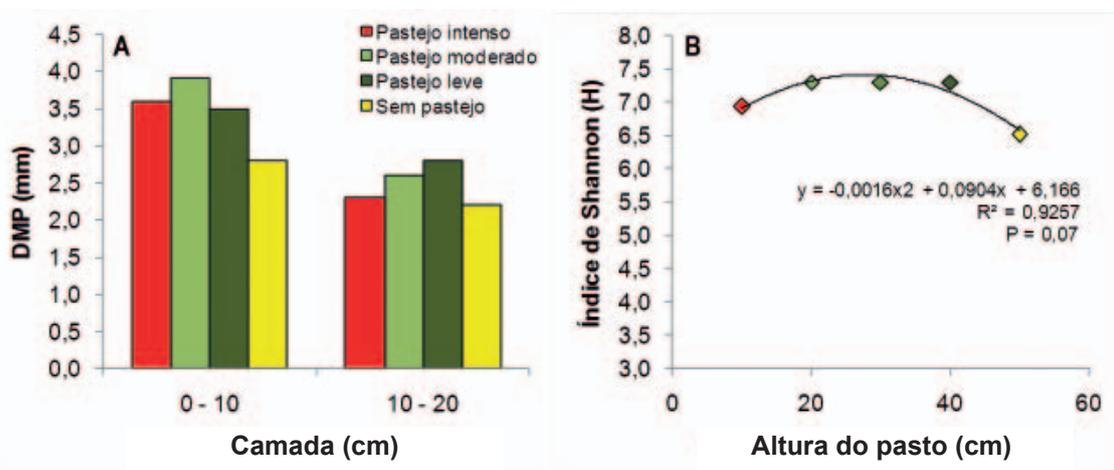
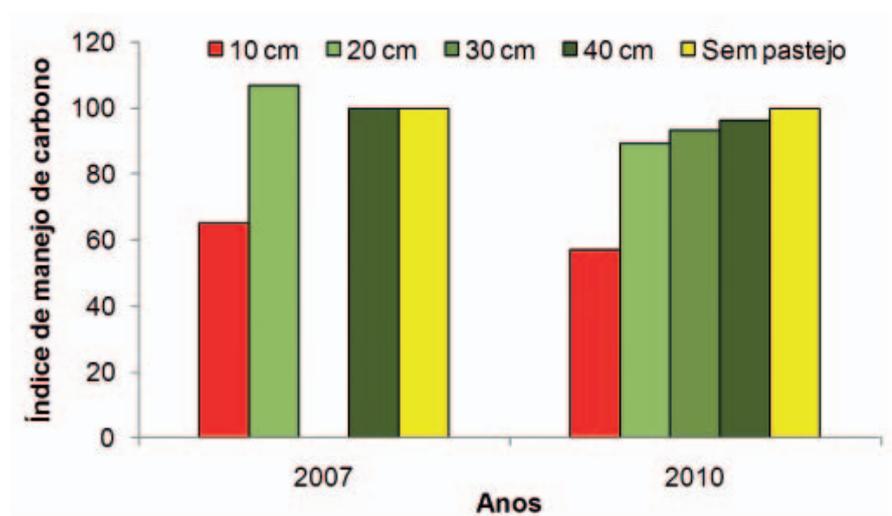


Figura 36. Diâmetro médio ponderado (A) e Índice de diversidade de Shannon (B), na camada de 0 a 10 cm do solo no sistema de integração soja-bovinos de corte.

O funcionamento da comunidade microbiana do solo é importante para a compreensão dos processos em nível de ecossistema. Os estudos sobre bioindicadores mostram que os microrganismos do solo, por características como a abundância e atividade bioquímica e metabólica, além de proporcionarem respostas mais rápidas às mudanças no ambiente, apresentam alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo. Neste contexto, o índice de diversidade de Shannon, definido pelo número, tipo e taxa de utilização de um conjunto de substratos pela comunidade microbiana, tem sido usado para medir a diversidade e a funcionalidade de sistemas de produção agrícola.

Na presente integração, soja:bovinos de corte, os valores do Índice de Shannon são elevados (Figura 36B), se comparados a sistemas de manejo com culturas comerciais exclusivas ou em sucessão à plantas de cobertura, que estão por volta de 4,5. Pelo ajuste da regressão ( $p < 0,05$ ), as intensidades moderadas de pastejo apresentaram maior diversidade metabólica da comunidade microbiana, e sugere que elas se encontram em estado de maior instabilidade termodinâmica, o que imprimiria ao sistema maior capacidade de auto-organização. Esta hipótese é reforçada pela ocorrência, no pastejo moderado, de maior agregação do solo (Figura 36A), de maior estoque (Figura 30A) e labilidade de carbono (Figura 31A) e da respiração microbiana (Figura 29D) e quociente metabólico, conforme observado no ciclo de pastejo em 2007. No enfoque sistêmico, a integração lavoura-pecuária sob plantio direto favorecerá o surgimento de propriedades novas, ditas emergentes, pela inclusão dos animais que reciclam o material vegetal e modificam a dinâmica da ciclagem de nutrientes (Tabelas 9 e 10), quando comparado com sistemas onde os cultivos de inverno são implantados somente para proporcionar cobertura ao solo.



**Figura 37. Índice de manejo de carbono em diferentes épocas: 2007 (A) e 2010 (B), do início do sistema soja-bovinos de corte.**

registrando-se valores muito mais baixos na maior intensidade de pastejo (10 cm). Esse valores (65, em 2006, e 57, em 2010), são similares aos encontrados para o solo em pousio e a sucessão aveia preta/milho sem adição de nitrogênio, na comparação com a pastagem nativa, tomada como referência, indicando a não sustentabilidade do sistema.

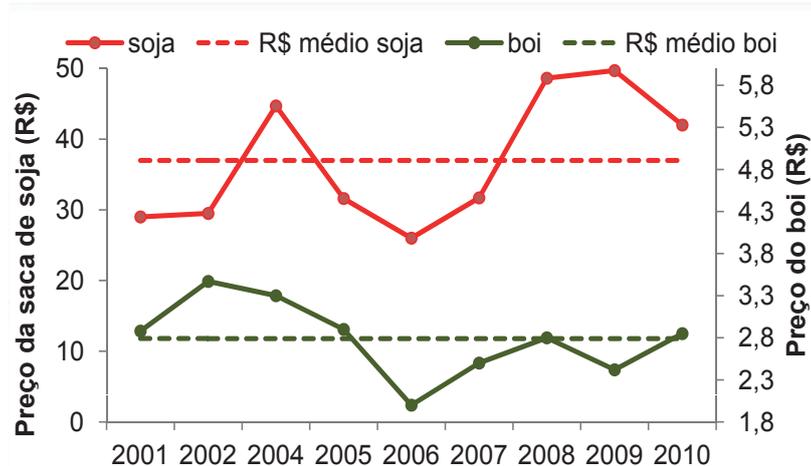
Os valores de IMC numericamente inferiores na última amostragem (Figura 37B) em relação à anterior (Figura 37A) nas áreas pastejadas, resultam do decréscimo do carbono orgânico particulado, a fração lábil da matéria orgânica (Figura 31A).

### 3.5. Desempenho físico e econômico

A produção integrada é um sistema equilibrado porque satisfaz as demandas atuais de mercado, seja pela exigência de produção sustentável ou pela necessidade de diversificação das atividades na

propriedade rural, devido aos riscos cíclicos do mercado. A análise econômica sempre é ponto de muita importância, quando se necessita decidir entre um sistema de produção e outro, ou adotar alguma nova atividade na propriedade.

Analisando as oscilações da produção de soja e de bovinos de corte no Rio Grande do Sul, ao longo dos últimos dez anos, verifica-se quebras frequentes na safra da soja, enquanto a produção de carne é mais estável (Item 1.2). A grande variação das condições climáticas é um fator de perigo constante na produção de soja no Estado, colocando essa atividade em risco, mesmo diante do uso da melhor tecnologia disponível. Este fato toma proporções maiores quando se avalia os preços da soja e do boi ultimamente praticados, que são preocupantes (Figura 38). A variação do preço da soja em relação ao preço médio dos últimos dez anos chega a 25%, ao passo que o preço do boi oscila em torno de 15%. Apenas esses dados são suficientes para grandes preocupações aos produtores, mesmo quando desejam optar para o uso de sistemas integrados de produção agropecuária.

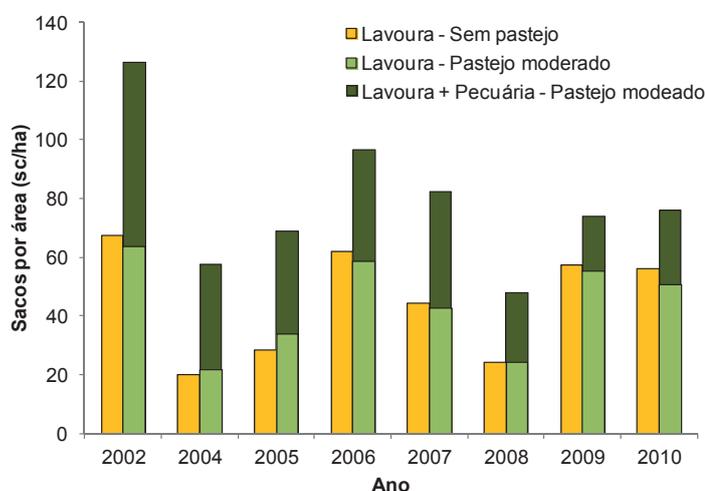


**Figura 38. Evolução dos preços de grãos de soja e de boi no período de desenvolvimento do experimento.**

Apresenta-se, na Figura 39, uma avaliação de risco em sistemas de produção que incluem a soja, com plantas de cobertura sem pastejo (situação mais comum no RS) e pastejadas, a partir dos dados do presente protocolo experimental. Na comparação entre os sistemas, moderadamente pastejado e não pastejado, verifica-se apenas diferenças mínimas na produtividade da soja. No entanto, quando se insere o animal no sistema (produção de carne), o mesmo passa a ter acréscimos em torno de 77% em relação às áreas sem a presença do animal. Verifica-se, também, no conjunto das Figuras 38 e

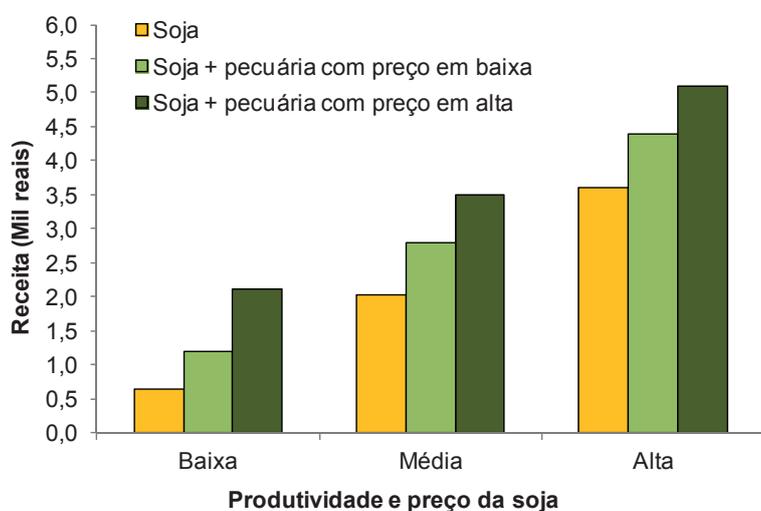
39, que os anos de 2006 e 2007 foram os piores em relação ao preço da soja e que, nesses mesmos anos, ao utilizar a produção integrada houve um aumento em 120 e 240%, respectivamente, na produção total por área. Esses resultados, além de surpreendentes pela magnitude, são importantes para garantir o sustento e a manutenção do “homem do campo”, especialmente nos anos em que a produtividade da lavoura de verão, neste caso soja, sofre com as instabilidades climáticas.

Simulando diferentes preços e produtividades da soja, observa-se que a integração da soja com a produção pecuária demonstra ser um sistema benéfico, porque as receitas nas três condições de produção e mercado, sempre são mais positivas no sistema integrado (Figura 40). Nessa simulação foram considerados: preço da soja baixo (R\$ 25,00/sc) e rendimento baixo (25 sacos/ha), preço médio da soja (R\$ 45,00/sc) e rendimento médio (45 sacos/ha) e preço da soja em alta (R\$60,00/sc) e rendimento alto (60 sacos/ha); e



**Figura 39. Produtividade da soja e da pecuária (equivalente em rendimento de soja) no período de desenvolvimento do experimento.**

levando-se em conta uma produção de 420 kg/ha de peso vivo, obtida com manejo do pasto em torno de 30 cm (pastejo moderado) e combinando preços para o boi - baixo (R\$ 2,00/kg) e alto (R\$ 3,47/kg). A partir desses resultados, torna-se fácil e convincente demonstrar que, mesmo em condições de baixos preços do boi, a inserção de animais, com manejo adequado, agrega substancialmente receita à propriedade. É possível, inclusive, se duplicar a receita na mesma unidade de área.



**Figura 40. Receita bruta por área em função da produtividade e do preço da soja e da carne bovina.**

sendo considerados: em B, o valor de venda do boi em R\$ 2,00/kg e, em C, o valor de R\$ 3,47/kg. A partir disso, em uma primeira análise, destacado em branco nos quadros, têm-se a soja com um rendimento baixo (25 sacos/ha) a um preço médio (R\$ 45/sc). Neste contexto, verifica-se, novamente, que a inserção da pecuária de corte bem manejada, gera um aumento na receita de R\$ 840,00/ha, considerando preço do boi em baixa, chegando a incrementos de R\$ 1.450,00/ha com o preço do boi em alta.

Aplicando a essas simulações, os dados obtidos ao longo destes dez anos, consolida-se a convicção de que a integração soja-bovinos de corte é um sistema equilibrado e lucrativo. Isso é confirmado quando se analisa os valores destacados em verde na Figura 41A, ao se fixar a produção da soja com 65 sacos/ha e venda a R\$ 65,00/ha, obtém-se a mesma receita com a produção de 60 sacos/ha e venda por R\$ 55,00/sc, quando inserida a pecuária com valor baixo (R\$ 2,00/kg) do boi. Essa produtividade e remuneração são bem mais reais e possíveis do que a anterior. Quando se considera boi com preço alto (R\$ 3,47/kg – Quadro C), pode-se alcançar aquela mesma receita, produzindo apenas 55 sc/ha ao preço de R\$ 50,00/sc de soja. A simulação permite verificar que se a soja custasse R\$ 65,00 o saco, na média dos dez anos, somente assim o sistema não teria necessidade da pecuária para manter a mesma rentabilidade. Num cenário de preço baixo de gado, a pecuária permite manter a mesma renda ainda que a produção de soja seja 20% menor do que a observada na média dos 10 anos. Já quando consideramos um cenário de preço alto do gado, o produtor consegue manter a mesma renda/ha colhendo apenas 15 sacos de soja/ha. Portanto essas simulações ilustram o quanto a atividade pecuária é capaz de diminuir o risco da operação agrícola.

Três pontos devem ser destacados a respeito do que foi discutido. Primeiro, que os mercados de soja e carne possuem ciclos complementares, com altas e baixas em períodos diferentes. Segundo, que o risco da produção de soja é muito maior do que o risco da pecuária, o que faz a integração, uma alternativa segura ao produtor. E, por último, que o sistema de produção integrado gera maiores receitas mesmo em condições de baixos preços dos produtos agrícolas, uma vez que o maior aproveitamento da terra com diferentes atividades em um mesmo ano, sobrepõe as oscilações do mercado.

| A  | Sacos por hectare |             |      |      |      |      |      |      |      |             |      |    |
|----|-------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|----|
|    | R\$               | 20          | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55   | 60          | 65   | 70 |
| 20 | 0,40              | 0,50        | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 | 1,10 | 1,20 | 1,30        | 1,40 |    |
| 25 | 0,50              | 0,63        | 0,75 | 0,88 | 1,00 | 1,13 | 1,25 | 1,38 | 1,50 | 1,63        | 1,75 |    |
| 30 | 0,60              | 0,75        | 0,90 | 1,05 | 1,20 | 1,35 | 1,50 | 1,65 | 1,80 | 1,95        | 2,10 |    |
| 35 | 0,70              | 0,88        | 1,05 | 1,23 | 1,40 | 1,58 | 1,75 | 1,93 | 2,10 | 2,28        | 2,45 |    |
| 40 | 0,80              | 1,00        | 1,20 | 1,40 | 1,60 | 1,80 | 2,00 | 2,20 | 2,40 | 2,60        | 2,80 |    |
| 45 | 0,90              | <b>1,13</b> | 1,35 | 1,58 | 1,80 | 2,03 | 2,25 | 2,48 | 2,70 | 2,93        | 3,15 |    |
| 50 | 1,00              | 1,25        | 1,50 | 1,75 | 2,00 | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 3,00 | 3,25        | 3,50 |    |
| 55 | 1,10              | 1,38        | 1,65 | 1,93 | 2,20 | 2,48 | 2,75 | 3,03 | 3,30 | 3,58        | 3,85 |    |
| 60 | 1,20              | 1,50        | 1,80 | 2,10 | 2,40 | 2,70 | 3,00 | 3,30 | 3,60 | 3,90        | 4,20 |    |
| 65 | 1,30              | 1,63        | 1,95 | 2,28 | 2,60 | 2,93 | 3,25 | 3,58 | 3,90 | <b>4,23</b> | 4,55 |    |
| 70 | 1,40              | 1,75        | 2,10 | 2,45 | 2,80 | 3,15 | 3,50 | 3,85 | 4,20 | 4,55        | 4,90 |    |

| B  | Sacos por hectare |             |      |      |      |      |      |             |      |      |      |    |
|----|-------------------|-------------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|----|
|    | R\$               | 20          | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50          | 55   | 60   | 65   | 70 |
| 20 | 1,24              | 1,34        | 1,44 | 1,54 | 1,64 | 1,74 | 1,84 | 1,94        | 2,04 | 2,14 | 2,24 |    |
| 25 | 1,34              | 1,47        | 1,59 | 1,72 | 1,84 | 1,97 | 2,09 | 2,22        | 2,34 | 2,47 | 2,59 |    |
| 30 | 1,44              | 1,59        | 1,74 | 1,89 | 2,04 | 2,19 | 2,34 | 2,49        | 2,64 | 2,79 | 2,94 |    |
| 35 | 1,54              | 1,72        | 1,89 | 2,07 | 2,24 | 2,42 | 2,59 | 2,77        | 2,94 | 3,12 | 3,29 |    |
| 40 | 1,64              | 1,84        | 2,04 | 2,24 | 2,44 | 2,64 | 2,84 | 3,04        | 3,24 | 3,44 | 3,64 |    |
| 45 | 1,74              | <b>1,97</b> | 2,19 | 2,42 | 2,64 | 2,87 | 3,09 | 3,32        | 3,54 | 3,77 | 3,99 |    |
| 50 | 1,84              | 2,09        | 2,34 | 2,59 | 2,84 | 3,09 | 3,34 | 3,59        | 3,84 | 4,09 | 4,34 |    |
| 55 | 1,94              | 2,22        | 2,49 | 2,77 | 3,04 | 3,32 | 3,59 | 3,87        | 4,14 | 4,42 | 4,69 |    |
| 60 | 2,04              | 2,34        | 2,64 | 2,94 | 3,24 | 3,54 | 3,84 | <b>4,14</b> | 4,44 | 4,74 | 5,04 |    |
| 65 | 2,14              | 2,47        | 2,79 | 3,12 | 3,44 | 3,77 | 4,09 | 4,42        | 4,74 | 5,07 | 5,39 |    |
| 70 | 2,24              | 2,59        | 2,94 | 3,29 | 3,64 | 3,99 | 4,34 | 4,69        | 5,04 | 5,39 | 5,74 |    |

| C  | Sacos por hectare |             |      |      |      |      |      |             |      |      |      |    |
|----|-------------------|-------------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|----|
|    | R\$               | 20          | 25   | 30   | 35   | 40   | 45   | 50          | 55   | 60   | 65   | 70 |
| 20 | 1,86              | 1,96        | 2,06 | 2,16 | 2,26 | 2,36 | 2,46 | 2,56        | 2,66 | 2,76 | 2,86 |    |
| 25 | 1,96              | 2,08        | 2,21 | 2,33 | 2,46 | 2,58 | 2,71 | 2,83        | 2,96 | 3,08 | 3,21 |    |
| 30 | 2,06              | 2,21        | 2,36 | 2,51 | 2,66 | 2,81 | 2,96 | 3,11        | 3,26 | 3,41 | 3,56 |    |
| 35 | 2,16              | 2,33        | 2,51 | 2,68 | 2,86 | 3,03 | 3,21 | 3,38        | 3,56 | 3,73 | 3,91 |    |
| 40 | 2,26              | 2,46        | 2,66 | 2,86 | 3,06 | 3,26 | 3,46 | 3,66        | 3,86 | 4,06 | 4,26 |    |
| 45 | 2,36              | <b>2,58</b> | 2,81 | 3,03 | 3,26 | 3,48 | 3,71 | 3,93        | 4,16 | 4,38 | 4,61 |    |
| 50 | 2,46              | 2,71        | 2,96 | 3,21 | 3,46 | 3,71 | 3,96 | <b>4,21</b> | 4,46 | 4,71 | 4,96 |    |
| 55 | 2,56              | 2,83        | 3,11 | 3,38 | 3,66 | 3,93 | 4,21 | 4,48        | 4,76 | 5,03 | 5,31 |    |
| 60 | 2,66              | 2,96        | 3,26 | 3,56 | 3,86 | 4,16 | 4,46 | 4,76        | 5,06 | 5,36 | 5,66 |    |
| 65 | 2,76              | 3,08        | 3,41 | 3,73 | 4,06 | 4,38 | 4,71 | 5,03        | 5,36 | 5,68 | 6,01 |    |
| 70 | 2,86              | 3,21        | 3,56 | 3,91 | 4,26 | 4,61 | 4,96 | 5,31        | 5,66 | 6,01 | 6,36 |    |

Figura 41. Análise de sensibilidade em relação às flutuações na produtividade e de preço da soja e no gado: soja sem pastejo (A), com pastejo moderado com preço baixo (B) e alto (C) da carne.

## 4. NOVOS DESAFIOS

Os sistemas de integração lavoura-pecuária desafiam os pesquisadores pelo fato de que, usualmente, sejam profundos especialistas numa área, profundos conhecedores de um tema, características que não são suficientes para entender os processos regentes nesses tipos de sistemas. Ao contrário, a especialização se traduz em resistência a essa tecnologia, pois os pesquisadores não conseguem elevar seu conhecimento de forma conexa a outras áreas temáticas, numa abordagem holística. Ainda que assim o fizessem, os pesquisadores são desafiados na medida em que o funcionamento de sua área específica (por exemplo, exigências da soja por nutrientes) se modifica no conjunto com outros componentes do sistema. Em outras palavras, o pesquisador tem que aprender tudo novamente. As leis de funcionamento das partes se modificam quando combinadas em um outro nível de organização. O mesmo vale para os produtores, técnicos e estudantes. Sistemas de integração lavoura-pecuária exigem abordagem interdisciplinar para o entendimento de processos sistêmicos. Não há o conforto do saber especializado. Consequentemente, para se avançar no conhecimento, há que se agregar ciência de várias disciplinas, nucleando-as necessariamente sob perspectiva sistêmica.

Este é, provavelmente, o experimento de integração lavoura-pecuária de mais longo prazo do subtropical brasileiro. Não é comum que o seja, não é comum que numa propriedade particular esteja. Não é comum parceria tão profícua entre uma Universidade e uma família de produtores rurais. Temos o desafio em projetar que venhamos a conduzi-lo por outros 10 anos, sempre mantendo os tratamentos originais, refletindo e testando outras e novas hipóteses. Temos o desafio de manter o interesse e o apoio da família que nos abriga em sua propriedade, de manter os recursos de financiamento que nos permitem cumprir com os custos e responsabilidades, de manter o espírito de equipe de todos, enfim, de manter as engrenagens do sistema funcionando. Na medida em que se consiga manter esse protocolo experimental por outros 10 anos, o interesse técnico, o público e o científico, nele poderá atingir níveis difíceis de imaginar. Tem-se, por filosofia, a visão de que esse experimento devesse se tornar um Laboratório de Experimentação Ambiental, onde equipes de pesquisa diversas pudessem se juntar a ele, estudando os assuntos mais distintos do mundo científico, em ambiente organizado, mas livre, de disponibilização de dados e de conhecimento. Da parte da atual equipe de pesquisa, ainda há muito por fazer nos próximos 10 anos.

De fato, já começamos! Eis os desafios para os próximos 10 anos, a partir de 10 temáticas que, no entendimento do grupo, devem ser perseguidas:

- 1 Ciclagem dos nutrientes em todos os compartimentos do sistema, visando seu melhor aproveitamento pelas culturas e adequações para recomendações de adubação para o sistema: sincronia entre o que é liberado pela ciclagem dos resíduos e o que é suprido pelo solo.
- 2 Conhecer processos e mecanismos da tolerância das culturas às condições de acidez, especialmente toxidez por Al, e sua diferenciação entre as áreas pastejadas e não pastejadas.
- 3 Verificar a pertinência do uso do Intervalo Hídrico Ótimo como indicador de qualidade do solo. Estudar de que forma esse índice se relaciona com o desempenho das plantas, visando sua utilização em sistemas de integração lavoura-pecuária.
- 4 Estudar a variabilidade espaço-temporal dos indicadores de fertilidade do solo e as recomendações de adubação e calagem em Agricultura de Precisão.

- 5 Aprofundar o conhecimento nos mecanismos de regulação do consumo de forragem e de deslocamento dos animais em busca pelo alimento, e conseqüente distribuição dos dejetos e impactos do casco nas diferentes escalas de tempo e de espaço do sistema.
- 6 Estudar as emissões de gases de efeito estufa, sequestro de carbono, balanço de equivalente carbono, na busca pela qualificação do sistema no que diz respeito ao seu impacto ambiental.
- 7 Avançar no entendimento das complexas relações econômicas existentes, e como elas afetam as decisões dos produtores e sua percepção pelos riscos envolvidos.
- 8 Na hipótese de que sistemas de integração lavoura-pecuária em plantio direto sejam sistemas com propriedades emergentes, investigar os novos processos oriundos dos novos níveis de organização que o sistema atinge, bem como suas funcionalidades.
- 9 Avançar na certificação desses tipos de sistemas, buscando seu reconhecimento e valorização.
- 10 Difundir as benesses dos sistemas integrados de produção agrícola e pecuária para 10.000 pessoas, nos próximos 10 anos, objetivando multiplicar a adoção dessa tecnologia e compartilhar seus importantes impactos econômicos e ambientais no meio rural e em toda sociedade.

## 5. DEPOIMENTO DO PRODUTOR

**Oscar Wilde** - dramaturgo, escritor e poeta irlandês - disse certa vez, e ficou famosa a citação: **“A experiência é o nome que damos aos nossos erros”**. Definitivamente não se aplica ao nosso Experimento, completando 10 anos agora.

Sou agrônomo, formado na UFRGS em 1982 e trabalho desde os 18 anos diretamente do campo. Inicialmente no sistema arroz-pousio-pecuária e nos últimos sete anos, me dedico à produção de soja e pecuária em coxilha (terras altas), na Fazenda Espinilho Grande, em Tupanciretã, de propriedade da Família Garcia & Garcia, onde se localiza o protocolo que originou este Boletim. Trabalhamos, nessa Fazenda, basicamente com soja e recria e terminação de bovinos. Também temos, como atividade importante, a produção de sementes de azevém, de uso generalizado em nosso Estado, principalmente em áreas de várzea (arroz). Como não cultivamos o trigo no inverno, utilizamos o azevém em pastejo bovino e como cobertura para o plantio direto da soja.

Já sentíamos, há tempo, as vantagens do cultivo da soja associada ao azevém e, por consequência, ao gado. O Experimento Integração Soja-Pecuária vem consolidando essa percepção cada vez mais. Isto, pelo benefício mútuo, à soja e ao gado, que essa associação produz. Vejo como fundamental, além do ótimo ganho com o gado no inverno, a diminuição do risco do negócio, que a instabilidade hídrica provoca na soja. Desta forma, se a soja, no verão, fica totalmente à mercê da condição hídrica – o ganho de inverno não se altera, independentemente do regime de chuva. O Experimento mostra claramente isto: enquanto a produtividade da soja é ditada pelo regime de chuvas, o ganho pecuário permanece inalterado. O mesmo não se pode esperar com a cultura do trigo, no inverno, cuja produtividade também é muito dependente das condições climáticas, o que, novamente, traz riscos ao produtor.

**A Quebra de Paradigma:** O produtor de soja, sempre teve na cabeça que o gado – se tivesse que existir no seu negócio, seria um mal necessário. Na sua verdade, o ideal seria não ter gado no sistema, seja por possível compactação do solo ou por diminuição de palhada para o cultivo da soja em plantio direto. Aqui, novamente, o Experimento vem mostrando que a utilização racional do gado no inverno, tem melhorado a rentabilidade do sistema de produção: com o tempo, vem se observando que somando um mais um (soja mais gado) pode ser mais do que dois. Isto pelos efeitos recíprocos de um sobre o outro. Acho muito interessante quando Prof. Ibanor Anghinoni menciona o surgimento de novas propriedades, ditas “emergentes, advindas desse ciclo virtuoso. Ou seja, o gado ao invés de atrapalhar o sistema, está promovendo-o, uma vez que muitos efeitos positivos têm surgido em sua integração com a soja.

Já há algum tempo estamos utilizando, na propriedade, os ensinamentos advindos dessa parceria. Trata-se de um grande experimento e uma grande experiência, conduzida por esse longo tempo dentro da rotina da propriedade. Obrigado aos amigos da UFRGS, especialmente na pessoa do amigo, Paulo Carvalho, por qualificarem o manejo do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. Penso que um dia o Rio Grande do Sul também vai agradecer.

Amigos, se **Oscar Wilde** tivesse oportunidade de conviver estes 10 anos conosco, trocaria sua frase: **“O experimento é o nome que damos aos nossos acertos”**.

Francisco Garcia de Garcia Neto  
Agropecuária Cerro Colorado

## **6. PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS**

Os resultados que deram origem ao presente boletim foram gerados por estudantes no processo de sua formação científica, de doutorado, de mestrado e de iniciação científica. Até o momento foram formados quatro doutores e nove mestres nos Programas de Pós-Graduação em Ciência do Solo e em Zootecnia da UFRGS, originando suas respectivas teses e dissertações (Anexo 9.2). Atualmente, estão em andamento três teses e quatro dissertações. Muitos estudantes de graduação também participaram dos trabalhos na área experimental: 17 já passaram e, atualmente, três deles estão desenvolvendo seus trabalhos de iniciação científica.

Como resultados desses trabalhos foram geradas as seguintes publicações (Anexo 9.1): Artigos científicos: 21 publicados (20 em periódicos de ampla circulação nacional e dois no exterior) e quatro em processo de publicação; Capítulos de livros e trabalhos completos em anais de eventos científicos: 11 publicados e cinco em processo de publicação; Resumos e Resumos Expandidos: 47, em diversos eventos científicos no país e no exterior.

Outras atividades importantes, no processo de transferência da tecnologia gerada no trabalho, são os oito Dias de Campo já realizados, atingindo mais de 2.000 pessoas, entre produtores rurais, técnicos e estudantes de graduação e pós-graduação (Anexo 9.3). É importante ressaltar que o experimento passou a constituir, junto com a Fazenda do Espinilho, uma Unidade de Capacitação do Comitê Técnico Gestor (CTG Missões) do consórcio MAPA/CNPq/UFPR, promovendo simultaneamente, desde 2008, Dias de Campo em Integração Lavoura-Pecuária, como atividade regular do Projeto de Produção Integrada de Sistemas Agropecuários em Microbacia Hidrográfica (PISA/MAPA).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do experimento tiveram sucesso em responder aos questionamentos que originaram essa proposta. Os dados colhidos, ao longo desses anos, foram convincentes em apontar que o pastejo (moderado ou leve) não afeta negativamente a lavoura de soja. Muito pelo contrário, a integração da engorda de novilhos com a lavoura de soja duplica os rendimentos do produtor na mesma unidade de área. Ademais, esse benefício é maior em anos de frustração de safra, diminuindo o risco da operação agrícola. O sistema se torna mais rentável, e mais estável. Em áreas sem pastejo não se produz mais soja do que nas áreas pastejadas.

A calagem superficial tem sua dinâmica de reação melhorada, mais eficiente, mais rápida e profunda, sob ação do pastejo. Não há relação direta entre a quantidade de palha deixada após o ciclo da pastagem e o rendimento da lavoura de soja na sucessão. Porém, os resultados de longo prazo indicam que não se deva almejar conduzir a altura de manejo dos pastos em situações abaixo de 20 cm, pois inúmeras variáveis que inferem sobre a sustentabilidade do sistema são negativamente afetadas.

O solo é a “memória do sistema”, o componente centralizador de todos os efeitos que as ações de manejo provocam. O animal em pastejo é o “catalizador” desses processos, tanto podendo afetá-los de forma positiva quanto negativa. Em última análise, não é o animal que o faz, mas o homem, ao definir a intensidade de pastejo empregada no sistema.

O “bom pastejo” melhora a qualidade do solo para a lavoura. Vários atributos químicos, físicos e biológicos são potencializados pela ação do pastejo moderado. A compactação do solo somente ocorre de forma expressiva quando os pastos são manejados em alturas de 10 cm. E quando ocorre, é um impacto superficial e logo revertido pelo ciclo da lavoura.

A melhor condução de misturas de aveia+azevém, na forma que mais traz benefícios ao sistema integrado, corresponde ao manejo da altura em 20 cm. Nesse sistema, a produção de soja diminui em 3 sacos/ha, mas se produz 420 kg/ha de peso vivo. Em última análise, a produção pecuária equivale a uma produção de soja de 32 sacos/ha. Portanto, é como se essas áreas produzissem 81 sacos de soja/ha. Em outras palavras, é como ter 2 safras de soja por ano.

Os conhecimentos adquiridos ao longo desses 10 anos, no que diz respeito ao impacto dos tratamentos nos diferentes compartimentos do sistema, podem assim serem sintetizados (Tabela 11):

**Tabela 11. Balanço geral do sistema.**

| Variáveis avaliadas                  | Sem pastejo   | Manejo do sistema                         |                         |
|--------------------------------------|---------------|---|-------------------------|
|                                      |               | Pastejo leve a moderado (20, 30 ou 40 cm) | Pastejo intenso (10 cm) |
| Densidade do solo após pastejo       | Referência    | Aumenta um pouco                          | Aumenta mais            |
| Porosidade do solo após pastejo      | Referência    | Similar                                   | Diminui                 |
| Umidade do solo pós-pastejo          | Referência    | Diminui um pouco                          | Diminui mais            |
| Agregação do solo                    | Referência    | Aumenta mais                              | Aumenta                 |
| Pressão de pré-consolidação          | Referência    | Aumenta                                   | Aumenta mais            |
| Resistência à penetração pós-pastejo | Referência    | Aumenta                                   | Aumenta mais            |
| Força de tração pós-pastejo          | Referência    | Aumenta                                   | Aumenta mais            |
| Infiltração de água                  | Referência    | Diminui                                   | Diminui mais            |
| Calagem (efeito em profundidade)     | Referência    | Aumenta                                   | Aumenta mais            |
| Estoque de carbono                   | Referência    | Similar                                   | Diminui                 |
| Índice de manejo de carbono          | Referência    | Similar                                   | Diminui                 |
| Estoque de nitrogênio                | Referência    | Similar                                   | Diminui                 |
| Formas de fósforo                    | Referência    | Similar                                   | Similar                 |
| Disponibilidade de fósforo           | Referência    | Diminui                                   | Diminui mais            |
| Disponibilidade de potássio          | Referência    | Diminui                                   | Diminui                 |
| Ciclagem de potássio                 | Referência    | Aumenta                                   | Aumenta mais            |
| Biomassa microbiana                  | Referência    | Similar                                   | Aumenta                 |
| Quociente metabólico                 | Referência    | Aumenta                                   | Aumenta mais            |
| Diversidade microbiana               | Referência    | Aumenta                                   | Similar                 |
| Fitomassa aérea total                | Referência    | Similar                                   | Similar                 |
| Fitomassa aérea pós-pastejo          | Referência    | Diminui                                   | Diminui mais            |
| Fitomassa radicular pós-pastejo      | Referência    | Aumenta                                   | Aumenta mais            |
| Soja (população)                     | Referência    | Similar                                   | Similar ou diminui      |
| Soja (rendimento)                    | Referência    | Similar                                   | Similar                 |
| Plantas indesejáveis (Lavoura)       | Referência    | Aumenta                                   | Aumenta mais            |
| Lotação                              | Não se aplica | Referência                                | Aumenta                 |
| GMD (ganho médio diário)             | Não se aplica | Referência                                | Diminui                 |
| G/ha (ganho por hectare)             | Não se aplica | Referência                                | Aumenta                 |
| Qualidade da carcaça                 | Não se aplica | Referência                                | Diminui                 |
| Qualidade do pasto oferecido         | Não se aplica | Referência                                | Diminui                 |
| Deslocamento                         | Não se aplica | Referência                                | Aumenta                 |
| Tempo em pastejo                     | Não se aplica | Referência                                | Aumenta                 |
| Faturamento                          | Referência    | Aumenta                                   | Aumenta mais            |
| Risco                                | Referência    | Diminui mais                              | Diminui                 |
| Qualidade do solo                    | Referência    | Aumenta                                   | Diminui                 |
| Sustentabilidade do sistema          | Referência    | Aumenta                                   | Diminui                 |

## **8. AGRADECIMENTOS**

Os responsáveis por este experimento agradecem ao Sr. Armando Chaves Garcia de Garcia e Sra. Suzana Pereira Garcia de Garcia & Família, proprietários da Fazenda do Espinilho, em particular aos filhos Francisco Garcia de Garcia Neto e Armando Chaves Garcia de Garcia Filho, por serem grandes motivadores desse empreendimento público-privado, provendo hospitalidade e todas as condições para a plena execução dos trabalhos.

Aos funcionários da Fazenda do Espinilho, em particular aos amigos Alcebíades, Rita, Luiz Carlos e Ramiro, bem como ao Sr. Glenio Soldera, pelo importante apoio local, sem o qual não seria possível realizar esse experimento. Em especial ao Técnico Laboratorista Adão Luis Ramos dos Santos pelo inestimável apoio na execução do projeto.

Aos Profs. da UFRGS, Carlos Nabinger, Carlos Ricardo Trein, Cimélio Bayer, Christian Bredemeier, Egon José Meurer, Harold Ospina Patiño, Paulo Dabdab Waquil e Renato Levien, pelo apoio na realização dos trabalhos e na orientação dos alunos. Aos Profs. Ciro Rodrigues de Brum e Ricardo Zambarda Vaz, da URI de Santiago, Profa. Monica Cadenazzi, da Universidad de La Republica e aos pesquisadores Jamir Luis Silva da Silva (EMBRAPA) e Gilles Lemaire (INRA), pelo apoio aos nossos pós-graduandos. Ao Prof. Anibal de Moraes (UFPR) e ao Dr. Adílson Kososki (MAPA), por integrarem o conceito da produção integrada nesta Unidade Comparativa.

Aos inúmeros estagiários, bolsistas de graduação e pós-graduandos que deram suporte e trabalharam com dedicação e empenho para a construção de toda a riqueza de informações que esse experimento tem gerado.

A CAPES, CNPq, FAPERGS, PROPESQ e PROEXT pelas bolsas de extensão, iniciação científica, mestrado, doutorado e produtividade em pesquisa, que deram suporte aos recursos humanos envolvidos neste trabalho.

A FAPERGS, CNPq, Fundação AGRISUS e MAPA, pelos recursos providos para a execução dos projetos de pesquisa e atividades correlatas.

Em especial, à Fundação AGRISUS pelo financiamento do presente boletim.

## 9. ANEXOS

### 9.1. Produção técnico-científica

#### 9.1.1. Artigos científicos

##### a. Publicados

- 1) CONTE, O., LEVIEN, R., DEBIASI, H., STÜRMER, S.L.K., MAZURANA, M., MÜLLER, J. Soil disturbance index as an indicator of seed drill efficiency in no-tillage agrosystems. **Soil and Tillage Research**, v.114:37-42. 2011.
- 2) FERREIRA, E.V.F.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M.H.; MARTINS, A.P.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade da soja na integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35: p.161-169, 2011.
- 3) SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGHETTI, M; CAO, E. Evolução das formas de labilidade do fósforo no solo em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), 2010.
- 4) CARVALHO, P.C.F., MORAES, A.; ANGHINONI, I. Os benefícios que aportam as pastagens aos sistemas integrados de produção. **Revista Plantio Direto**, v. supl., p. 40-45, 2010.
- 5) CARVALHO, P.C.F., ANGHINONI, I., MORAES, A de. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88: p.259-273, 2010.
- 6) SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34 :p.74-88.2010.
- 7) SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; FERREIRA, E.V.O.; MARTINS, A.P.; CAO, E.G & ANDRIGHETTI, M. Soil aggregation in a crop-livestock integration system under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1365-1374, 2010.
- 8) CARVALHO P.C.F., ROCHA L.M., BAGGIO C., MACARI, S., KUNRATH T.R., MORAES A. Dinâmica da produção e da estrutura de pastos mistos de aveia e azevém submetidos a intensidades de pastejo sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p. 1857-1865, 2010.
- 9) SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; ANDRIGHETTI, M. ; CAO, E.G. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 33, p. 1829-1836, 2009.
- 10) BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, J.L.S.; ANGHINONI, I.; LOPES, M.L.T.; THUROW, J.M. Padrões de deslocamento e captura de forragem por novilhos em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) manejada sob diferentes alturas em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.215 - 222, 2009.
- 11) FERREIRA, E.V.O.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; COSTA; S.E.V.G.A.; CAO, E.G. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades d pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1675-1684, 2009.
- 12) LOPES, M.L.T.; CARVALHO P.C.F.; ANGHINONI I.; SANTOS D.T.; AGUINAGAA.A.Q.; FLORES J.P.C.; MORAES A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura de pastos de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p. 1499-1506, 2009.
- 13) FLORES, J.P.C.; CASSOL L.C.; ANGHINONI I.; CARVALHO P.C.F. Atributos químicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto com aplicação superficial de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. , v.32, p.2385 - 2396, 2008.
- 14) LOPES, M.L.T.; CARVALHO P.C.F.; ANGHINONI I.; SANTOS D.T.; KUSS F.; FREITAS F.K.; FLORES J.P.C. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade da carcaça de novilhos superprecoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p.178-184, jan-fev, 2008.
- 15) BAGGIO C.; CARVALHO P.C.F.; SILVA J.L.S.; ROCHA L.M.; BREMM C.; SANTOS, D.T.; MONTEIRO A.L.G. Padrões de uso do tempo por novilhos em pastagem consorciada de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1912 - 1918, 2008.
- 16) CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN C.R.; MAZURANA, M.; DEBIASI H. Relação entre resistência mecânica do solo à penetração e força de tração demandada por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras, em sistema de integração lavoura-pecuária. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 730-739, 2008.
- 17) SOUZA, E.D.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARVALHO, P.C.F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura pecuária submetido a intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1273-1282, 2008.
- 18) CONTE O.; LEVIEN R.; TREIN C.R.; CEPIK C.T.C.; DEBIASI H. Demanda de tração em haste sulcadora na integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.1, p.220-228, jan./abr. 2007.
- 19) FLORES J.P.C.; ANGHINONI I.; CASSOL L.C.; CARVALHO P.C.F.; LEITE J.G.B. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema de plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31: p.771-780, 2007.
- 20) AGUINAGA, A.A.Q.; CARVALHO P.C.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS D.T.; FREITAS, F.K.; LOPES, M.T. Produção de novilhos superprecoces em pastagem de aveia e azevém submetida a diferentes alturas de manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1765-1773, 2006.
- 21) AGUINAGA, A A.Q.; CARVALHO P.C.F.; ANGHINONI, I.; SANTOS D.T.; FREITAS, F.K.; LOPES, M.T. Componentes morfológicos e Produção de Forragem de uma Pastagem de Aveia e Azevém Manejada em Diferentes Alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1523-1530, 2008.

## **b. Em fase de publicação**

- 1) ROCHA, L.M.; CARVALHO, P.C.F.; BAGGIO, C.; ANGHINONI, I.; LOPES, M. L. T.; MACARI, S.; SILVA J.L.S. Desempenho e características das carcaças de novilhos em pastos de inverno em rotação com soja e submetidos a intensidades de pastejo sob lotação contínua. **Revista Brasileira de Zootecnia** (Aceito).
- 2) KUNRATH, T.R., CADENAZZI, M., BRAMBILLA, D.M., ANGHINONI, I. MORAES, A., CARVALHO, P.C.F. Harvest and utilisation efficiencies of pasture in no-till integrated crop-livestock systems. **Crop and Pasture Science** (Aceito).
- 3) CHAVEZ, L.F.; ESCOBAR, L.F.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; MEURER, E.J. Diversidade metabólica e atividade microbiana em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto sob intensidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (Aceito).
- 4) CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (Aceito).

## **9.1.2. Capítulos de livros e trabalhos completos em anais de eventos**

### **a. Publicados**

- 1) CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C.; POLI, C. H. E. C.; ANGHINONI, I.; GENRO, T. C. M.; The foraging process: causes and consequences as a tool to make functional assessments of pastoral ecosystems. In: Claudio F. Machado; Mike Wade; Sila Carneiro da Silva; Monica Agnusdei; Paulo César de Faccio Carvalho; Steve Morris; Wagner Beskow. (Org.). **An overview of research on pastoral-based systems in the southern part of south america**. 1 ed. Buenos Aires: UNCPBA, 2010, v. p. 135-151.
- 2) CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; LANG, C. R.; SULC, R. M.; SOUZA, E. D.; BAYER, C. Indicadores para avaliar sistemas de integração lavoura e pecuária de corte. In: Silva, J.L.S. et al. (Eds.) **Workshop Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Bioma Pampa**, Pelotas, 2009. CD ROM.
- 3) MONTEIRO, A.L.G.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, H.A. Caracterização dos Sistemas Integrados de Agricultura-Pecuária. Produção de Leite em Sistemas Integrados de Agricultura-Pecuária. Curitiba-PR: EMATER, 2008, v. 1, p. 13-43.
- 4) MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F. Manejo do Processo de Pastejo nos Sistemas Integrados de Agricultura-Pecuária. In: Anibal de Moraes; Paulo César de Faccio Carvalho; Hernani Alves da Silva; Huibert Pieter Janssen. (Org.). Produção de Leite em Sistemas Integrados de Agricultura-Pecuária. Curitiba-PR: EMATER, 2008, v. 1, p. 79-86.
- 5) ANGHINONI, I.; SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; FLORES, J.P.C. Dinâmica de fósforo, potássio, cálcio e magnésio em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Internacional de Integração Lavoura-Pecuária, 2007, Curitiba. Anais em CD. Curitiba: UFPR, 2007.
- 6) CARVALHO, P.C.F.; SILVA, J.L.S.; MORAES, A.; FONTANELLI, R.S.; MACARI, S.; BREMM, C.; TRINDADE, J.K. Manejo de animais em pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: Paulo César de Faccio Carvalho; Anibal de Moraes; Reuben Mark Sulc. (Org.). International Symposium on Integrated Livestock Systems. Curitiba: UFPR, 2007.
- 7) SILVA, J.L.S.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; TREIN, C.; FLORES, J.P.C.; BAGGIO, C.; ROCHA, L.M. Gerenciamento da Integração Lavoura-Pecuária. In: Cooperativa Triticola São Borjense. (Org.). IV Simpósio Cotrisal da Carne Bovina: Gestão e Produtividade. São Borja - RS: Cotrisal, 2006, v. , p. 1-32.
- 8) CARVALHO, P.C.F.; FLORES, J.P.C.; CEPIK, C.C.T.; LEVIEN, R.; LOPES, M.T.; BAGGIO, C.; LANG, C.R.; SULC, R.M.; PELISSARI, A. O estado da arte em integração lavoura-pecuária.. In: Carlos Santos Gottschall; Jamir Luís Silva da Silva; Norma Centeno Rodrigues. (Org.). Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia. Canoas-RS: Editora da ULBRA, 2005, v. , p. 7-44.
- 9) CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I.; AGUINAGA, Â.A.Q.; CASSOL, L.C.; FLORES, J.P.C.; SILVA, J.L.S.; ALVES, S.J.; PELISSARI, A. Integração lavoura-pecuária: como aumentar a rentabilidade, otimizar o uso da terra e minimizar os riscos.. In: PATINO, Harold Ospina; BERNADÁ, Maria Helena Guerra; MEDEIROS, Fábio Schuler. (Org.). II Simpósio da Carne Bovina: Integração Lavoura Pecuária. 1 ed.: , 2004, v. 1, p. 6-36.
- 10) MORAES, A.; ALVES, S.J.; PELISSARI, A.; CARVALHO, P.C.F. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: MOSCARDI, Flávio; HOFFMANN-CAMPO, Clara Beatriz. (Org.). Proceedings of the VII World Soybean Research Conference. 1 ed. Londrina: MC Grafica e Editora Ltda, 2004, v. 1, p. 1231-1240.
- 11) MORAES, A.; ALVES, S.J.; PELISSARI, A.; CARVALHO, P.C.F.; CASSOL, L.C. Atualidades na integração lavoura e pecuária na região sul do Brasil. In: GOTTSCHALL, Carlos Santos; SILVA, Jamir Luis Silva da; RODRIGUES, Norma Centeno. (Org.). Integração, Gestão e Cadeias Produtivas.. Porto Alegre: ULBRA, 2003, v. 1, p. 81-120.

### **b. Em fase de publicação**

- 1) ANGHINONI, I.; ASSMANN, J.M.; MARTINS, A.P.; COSTA, S.E.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. III Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, Pato Branco: UTFPR, 05 a 07 de julho de 2011.
- 2) CARVALHO, P.C.F.; KUNRATH, T.R.; DAMIAN, F.; BARTH NETO, A.; BARRO, R.S.; SAVIAN, J.; PFEIFER, F.; ANGHINONI, I. Experiências em ILP no Rio Grande do Sul. III Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, Pato Branco PR. 05 a 07 de julho de 2011.
- 3) ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; SOUZA, E.D.; CONTE, O.; LANG, C.R. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto Fertilidade do solo em plantio direto. Ponta Grossa: AEAGPG, 2011, p. 1-31 (no prelo).
- 4) CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. **Integration of grasslands within crop systems in South-America**. Grassland Productivity and Ecosystem Services, CAB Int.
- 5) MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; BALBINO, L.; SOUZA, E.D. Sistemas de integração lavoura-pecuária. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**.

## **9.1.3. Resumos e resumos expandidos**

- 1) KUNRATH, T.R.; CARVALHO, P.C.F.; BRAMBILLA, D.M.; ASSMANN, J.M.; CADENAZZI, M.; ANGHINONI, I.; PFEIFER,

- F.M. Rendimento de grãos de soja em sistema de integração lavoura-pecuária sob diferentes alturas do pasto. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia – MG. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas, 2011.
- 2) KUNRATH, T.R.; CARVALHO, P.C.F.; BRAMBILLA, D.M.; ASSMANN, J.M.; CADENAZZI, M.; ANGHINONI, I. Nodulação e desenvolvimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia – MG. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas, 2011.
  - 3) MARTINS, A.P.; FERREIRA, E.V.O.; CAO, E.G.; ANDRIGHETTI, M.H.; ANGHINONI, I. Ciclagem de potássio em integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia – MG. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas, 2011.
  - 4) FERREIRA, E.V.O.; MARTINS, A.P.; ANDRIGHETTI, M.H.; CAO, E.G.; ANGHINONI, I. Balanço de potássio e produtividade de soja em integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia – MG. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas, 2011.
  - 5) SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Agregação do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia – MG. Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas, 2011.
  - 6) CECAGNO, D.; ASSMANN, J.M.; ANGHINONI, I. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos de pastagem e de esterco bovino sob diferentes intensidades de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto. In: XXII Salão de Iniciação Científica e XIX Feira de Iniciação à Inovação e Desenvolvimento Tecnológico, 2010, Porto Alegre - RS. Anais do XXII Salão de Iniciação Científica e XIX Feira de Iniciação à Inovação e Desenvolvimento Tecnológico, 2010.
  - 7) MARTINS, A.P.; SOUZA, E.D.; ANGHINONI, I. Índice de manejo de carbono como indicador de qualidade de solo em sistemas integrados de produção agropecuária. In: XXI Salão de Iniciação Científica UFRGS, 2009, Porto Alegre. Resumos, 2009.
  - 8) CONTE, O.; WESP, C.L.; LEVIEN, R.; CARVALHO, P.C.F.; MAZURANA, M.; MULLER, J.; VIAN, A.C.; ALBA, D. Desempenho produtivo da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes intensidades de pastejo. In: XXXVII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 2009, Porto Alegre. Anais da XXXVII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 2009.
  - 9) ALBA, D.; CONTE, O.; LEVIEN, R.; VIAN, A.C.; MAZURANA, M.; MÜLLER, J. Atributos químicos do solo influenciados pelo sistema de integração agricultura-pecuária. In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009, Fortaleza - CE. O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios, 2009.
  - 10) CONTE, O.; LEVIEN, R.; MAZURANA, M.; MÜLLER, J.; ALBA, D.; VIAN, A.C. Resistência do solo à penetração na avaliação do efeito do pisoteio de bovinos em sistema de integração agricultura-pecuária. In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009, Fortaleza - CE. O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios, 2009.
  - 11) CONTE, O.; MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; ALBA, D.; VIAN, A.C. Distribuição espacial da matéria orgânica do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em Latossolo. In: XXVI Congresso Brasileiro de Agronomia, 2009, Gramado - RS. Agricultura forte: Alimento, Energia e Meio Ambiente, 2009.
  - 12) FERREIRA, E.V.O.; CAO, E.G.; ANDRIGHETTI, M.H.; MARTINS, A.P.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I. Teores de potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. In: FERTBIO, 2008, Londrina, PR. Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental, 2008.
  - 13) TREIN, C.; LEVIEN, R.; CONTE, O. Power requirement of planter chisel type furrow openers planting soybeans on pastureland after grazing. In: International Conference on Agriculture Engineering, 2008, Hersonissos - Crete - Grécia. Agricultural & Biosystems Engineering for a Sustainable World, 2008.
  - 14) BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, J.L.S.; ANGHINONI, I.; ROCHA, L.M.; BREMM, C.; LOPES, M.L.T. Comportamento em pastejo de novilhos numa pastagem de azevém anual e aveia preta submetida a diferentes alturas de manejo em sistema de integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária, 2007, Curitiba. Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária. Curitiba, 2007.
  - 15) BRAVO, E.S.; CARVALHO, P.C.F.; MACARI, S.; PIMENTA, C.M. Produção de novilho super-precoce em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a diferentes alturas de pastejo. In: Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária, 2007, Curitiba. Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária. Curitiba, 2007.
  - 16) CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; MAZURANA, M.; DALCIN, B. Correlação entre resistência mecânica do solo à penetração e esforço de tração em hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras em semeadura sobre área com sistema de integração lavoura-pecuária. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado. Conquistas & Desafios da Ciência do Solo Brasileira, 2007.
  - 17) CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; MAZURANA, M.; DALCIN, B. Esforço de tração em haste sulcadoras de semeadoras e resistência do solo à penetração avaliados em sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. In: Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária, 2007, Curitiba - PR. Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária, 2007.
  - 18) COSTA, S.E.V.G.A.; SOUZA, E.D.; LIMA, C.V.S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARVALHO, P.C.F. Biomassa, atividade e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura pecuária sob plantio direto. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: Conquistas & Desafios da Ciência do Solo Brasileira, 2007, Gramado-RS. Conquistas & Desafios da Ciência do Solo Brasileira. Porto Alegre-RS : UFRGS, 2007. p. 6-10.
  - 19) COSTA, S.E.V.G.A.; SOUSA, E.D.; FORTES, M.A.; CAO, E.G.; FERREIRA, E.V.O.; ANGHINONI, I. Phosphorus fractions on an integrated crop-livestock system under no-tillage in subtropical condition. In: Simpósio Internacional de Integração Lavoura-pecuária, 2007, Curitiba. Anais em CD. Curitiba : UFPR, 2007. v. 1.
  - 20) SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; LIMA, C.V.S.; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARVALHO, P.C.F. Estoques de carbono orgânico em sistema de integração agricultura pecuária sob plantio direto. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: Conquistas & Desafios da Ciência do Solo Brasileira, 2007, Gramado-RS. Conquistas & Desafios da Ciência do Solo Brasileira. Porto Alegre-RS : UFRGS, 2007. p. 1-5.
  - 21) SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Carbon accumulation on integrated crop-livestock system under no-tillage in subtropical conditions. In: Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária, 2007, Curitiba. Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária. Curitiba, 2007.
  - 22) SILVA, J.L.S.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; TREIN, C.; FLORES, J.P.C.; BAGGIO, C.; ROCHA, L.M.

- Gerenciamento da Integração Lavoura-Pecuária. In: Cooperativa Triticola SãoBorjense. (Org.). IV Simpósio Cotrisal da Carne Bovina: Gestão e Produtividade. São Borja - RS: Cotrisal, 2006, v. , p. 1-32.
- 23) BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, J.L.S.; ANGHINONI, I.; ROCHA, L.M.; SANTOS, D.T.; BRAVO, E.S.; GUERRA, E.; CARDOSO, R.R.. Componentes do processo de pastejo de novilhos em pastagem de azevém anual e aveia preta sob diferentes alturas em sistema de integração lavoura-pecuária. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa. Anais da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p. 1-4.
  - 24) BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, J.L.S.; ANGHINONI, I.; ROCHA, L.M.; SANTOS, D.T.; THUROW, J.M.; LOPES, M.T.; KUNRATH, T.R. Comportamento ingestivo de novilhos em pastagens de azevém anual e aveia preta manejadas em diferentes alturas em sistema de integração lavoura-pecuária. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa. Anais da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p. 1-4.
  - 25) CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; DEBIASI, H.; CEPIK, C.T.C. Avaliação do sistema integração lavoura-pecuária em latossolo com semeadura direta. In: XVI Reunião brasileira de Manejo e Conservação do solo e da Água, 2006, Aracaju - SE. Novos desafios do carbono no manejo conservacionista, 2006.
  - 26) DALCIN, B.; CONTE, O.; ROSSI, T. Resistência do solo à penetração e força de tração específica no sistema integração lavoura-pecuária. In: XIV Jornadas de Jovens Pesquisadores da AUGM, 2006, Campinas. Empreendedorismo, Inovação Tecnológica e Desenvolvimento Regional, 2006.
  - 27) CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R.; DEBIASI, H.; CEPIK, C.T.C. Resistência do solo à penetração e demanda de tração em haste sulcadora na integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2006, João Pessoa -PB. CD.
  - 28) FRAGA, T.I.; FLORES, J.P.C.; LEITE, J.G.B.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo em sob semeadura direta. In: 3º Congresso de soja del Mercosur, 2006, Rosario. MERCOSOJA 2006. Rosario: Tecnigrafica, 2006. p. 631-634.
  - 29) ROCHA, L.M.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; NABINGER, C.; BAGGIO, C.; SANTOS, D.T.; BRAVO, E.S.; FEIJÓ, C.L. Produção de novilhos superprecoces em pastagem de inverno submetida a diferentes alturas de pastejo em integração lavoura-pecuária. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006, João Pessoa. Anais da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. p. 1-4.
  - 30) CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C.R. Força de tração específica em semeadura direta e resistência do solo à penetração na integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005, Recife-PE. Solos, sustentabilidade e qualidade ambiental, 2005.
  - 31) FLORES, J.P.C.; LEITE, J.G.B.; FRAGA, T.I.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Atributos químicos de um Latossolo em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto 22 meses após a aplicação superficial de calcário. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005, Recife. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005. p. 1-4.
  - 32) CONTE, O.; LEVIEN, R.; CEPIK, C. Integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo: demanda de tração em semeadura direta em semeadura direta com diferentes graus de mobilização de solo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2005, Canoas-RS. Construindo Tecnologia para o Agronegócio, 2005.
  - 33) FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; SULC, R.M. Soil Physical Properties as Affected by Grazing Intensity in Integrated Crop Livestock Systems. In: The ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, 2005, Salt Lake City. Proceedings of The ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, 2005.
  - 34) LEITE, J.G.B.; FLORES, J.P.C.; FRAGA, T.I.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Atributos físicos do solo e pressão de pastejo em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005, Recife. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005. p. 1-4.
  - 35) LEITE, J.G.B.; FRAGA, T.I.; FLORES, J.P.C.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I. Atributos químicos de um latossolo argiloso em um sistema de integração lavoura-pecuária sob semeadura direta com calcário aplicado na superfície. In: XVII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E XIV FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS, 2005, Porto Alegre. Anais do XVII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E XIV FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS. Manaus - AM : Sonopress Rimo da Amazônia, 2005. p. 197-197.
  - 36) FLORES, J.P.C.; LEITE, J.G.B.; FRAGA, T.I.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; CASSOL, L.C. Atributos químicos do solo em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto com aplicação de calcário na superfície.. In: Fertbio, 2004, Lages, 2004. p. 1-4.
  - 37) AGUINAGA, Â.A.Q.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; SANTOS, D.T.; AGUINAGA, A.J.Q.; GUMA, J.M.C.R.; GONÇALVES, E.N. Produção de novilhos superprecoces em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de diferentes alturas de manejo da pastagem de inverno no desempenho dos animais. In: 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004, Campo Grande. Anais da 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. p. 1-5.
  - 38) AGUINAGA, Â.A.Q.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C.; PILAU, A.; CAUDURO, G.F.; GIANLUPPI, G.F.; SILVA, T. Dinâmica e produção de forragem em pastagem de aveia (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) submetida a diferentes alturas de manejo. In: 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004, Campo Grande. Anais da 41ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. p. 1-4.
  - 39) LEITE, J.G.B.; FLORES, J.P.C.; FRAGA, T.I.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto.. In: XVI SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E XIII FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS, 2004, Porto Alegre. Anais do XVI SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E XIII FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS, 2004. p. 205-205.
  - 40) LEITE, J.G.B.; FLORES, J.P.C.; FRAGA, T.I.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; AGUINAGA, Â.A.Q. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto.. In: Fertbio, 2004, Lages, 2004. p. 1-4.
  - 41) MORAES, A.; LANG, C.R.; PELISSARI, A.; CARVALHO, P.C.F. Integração agropecuária em sistema plantio direto: integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: IX Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 2004, Chapecó-SC. Anais do IX Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 2004. v. 1. p. 19-22.
  - 42) CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; AGUINAGA, Â.A.Q.; CRANCIO, L.A.; GIANLUPPI, G.F.; VELLEDA,

- G.L.; GUERRA, E. Beef cattle production in oat+ryegrass pastures managed at different sward heights.. In: World Conference on Animal Production, 2003, Porto Alegre. Proceedings of the IX World Conference on Animal Production. Porto Alegre : Editora da UFRGS, 2003. v. 1.
- 43) GIANLUPPI, G.F.; CASSOL, L.C.; GONZALES, G.O.; CRANCIO, L.A.; ANGHINONI, I.; TRINDADE, J.K.; VELLEDA, G.L.; EVANGELISTA, G.T.; CASTRO, C.R.C.; CARVALHO, P.C.F. Desempenho de uma pastagem de aveia preta e azevém manejada sob quatro diferentes alturas. In: XV Salão de Iniciação Científica e XII Feira de Iniciação Científica, 2003, Porto Alegre - RS. Anais do XV Salão de Iniciação Científica e XII Feira de Iniciação Científica, 2003. v. 1. p. 171-171.
  - 44) LEITE, J.G.B.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.F.; FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I. Alterações de atributos químicos do solo após a calagem em área anteriormente submetida a pastejo animal de aveia+azevém manejada sob diferentes alturas. In: XV Salão de Iniciação Científica e XII Feira de Iniciação Científica, 2003, Porto Alegre - RS. Anais do XV Salão de Iniciação Científica e XII Feira de Iniciação Científica, 2003. v. 1. p. 216-216.
  - 45) VELLEDA, G.L.; CASSOL, L.C.; GIANLUPPI, G.F.; CRANCIO, L.A.; GUERRA, E.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Produção animal em pastagem de aveia preta+azevém manejada em diferentes alturas. In: XV Salão de Iniciação Científica e XII Feira de Iniciação Científica, 2003, Porto Alegre - RS. Anais do XV Salão de Iniciação Científica e XII Feira de Iniciação Científica, 2003. v. 1. p. 173-173.
  - 46) CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F. Níveis de fitomassa aérea residual de pastagem de aveia+azevém e o rendimento de soja num sistema de integração lavoura-pecuária. In: IV Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2002, Porto Alegre. Anais da IV Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo. Porto Alegre : UFRGS, 2002. p. 84-86.
  - 47) CASSOL, L.C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; BIZARRO, M.J. Características físicas do solo após pastejo de aveia+azevém submetidas a diferentes alturas de manejo. In: IV Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2002, Porto Alegre-RS. Anais da IV Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo. Porto Alegre : UFRGS, 2002. p. 81-83.

## **9.2. Formação de recursos humanos**

### **9.2.1. Doutorado**

- 1) OSMAR CONTE. Mobilização, atributos de solo e variabilidade espacial em integração lavoura-pecuária. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2011.
- 2) EDICARLOS DAMACENA DE SOUZA. Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação do solo em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2009.
- 3) JOÃO PAULO CASSOL FLORES. Atributos físicos e químicos do solo e rendimento de soja sob integração lavoura-pecuária em sistemas de manejo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2008.
- 4) LUIS CÉSAR CASSOL. Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2003.

### **9.2.2. Mestrado**

- 1) TAISE ROBINSON KUNRATH. Impactos da altura de manejo do pasto em sistemas de integração lavoura-pecuária. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2011.
- 2) CRISTIANE DE LIMA WESP. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho de novilhos superprecoces e variabilidade espacial do pasto. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2010.
- 3) ERIC VICTOR DE O. FERREIRA. Dinâmica de potássio em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto sob intensidades de pastejo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2009.
- 4) CAROLINA BAGGIO. Comportamento em pastejo de novilhos numa pastagem de inverno submetida a diferentes alturas de manejo. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.
- 5) LEMAR MACIEL DA ROCHA. Altura de manejo do pasto e suas conseqüências sobre a produção animal e a dinâmica de pastagens anuais de inverno. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.
- 6) MARILIA LAZZAROTO TERRA LOPES. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho de novilhos superprecoces e rendimento subsequente da cultura da soja. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.
- 7) OSMAR CONTE. Atributos físicos de solo e demanda de tração em semeadura direta de soja, com diferentes pressões de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.
- 8) JOÃO PAULO CASSOL FLORES. Atributos de solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo em plantio direto com aplicação de calcário na superfície. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2005.
- 9) ANGELO ANTONIO QUEIROLO AGUINAGA. Relações planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2005.

### **9.2.3. Graduação (iniciação científica)**

- 1) DIEGO CECAGNO. Graduação no Curso de Agronomia/UFRGS, Bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS. Orientador: Ibanor Anghinoni, 2011.
- 2) ITALO FRANCISCO LAZZAROTTO TERRA LOPES. Curso de Graduação em Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho, 2010.
- 3) GUILHERME LEITE VELLEDA. Curso de Graduação em Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho, 2009.
- 4) MARCELO HOERBE ANDRIGHETTI. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS. Iniciação Científica PIBIC CNPq/UFRGS e BIC/FAPERGS. Orientador: Ibanor Anghinoni, 2007/09.
- 5) LAURI JOSÉ MARTINI. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS, Bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS, 2005/06. Orientador: Ibanor Anghinoni, 2007.

- 6) GUSTAVO MUCCARI CHIAPPETTA. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS, Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq/UFRGS. Orientador: Ibanor Anghinoni, 2007.
- 7) JOÃO GUILHERME DAL BELO LEITE. Curso de Graduação de Agronomia/UFRGS, Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/UFRGS/CNPq. Orientador: Ibanor Anghinoni, 2006/06.
- 8) THIAGO ISQUIERDO FRAGA. Curso de Graduação de Agronomia/UFRGS, Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/UFRGS/CNPq, Orientador: Ibanor Anghinoni, 2005/08.
- 9) TALES JOSÉ DE MORAES SILVA. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS, Bolsista de Iniciação Científica BIC/UFRGS. Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho, 2004/05.
- 10) CRISTIANO ALBINO TOMASI. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS, Bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS. Orientador: Ibanor Anghinoni, 2004/05.
- 11) CARLOS EDUARDO GONÇALVES DA SILVA. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS, Aluno Voluntário, 2004/05.
- 12) CAROLINA BAGGIO. Curso de Graduação em Medicina Veterinária - Universidade Luterana do Brasil. Orientador: Jamir Luís Silva da Silva. 2004.
- 13) CLÁUDIA LITVIN. Curso de Graduação em Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho, 2004.
- 14) MÁRCIO FRIZZO. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS. Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho, 2004.
- 15) LEMAR ROCHA. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS. Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho, 2003.
- 16) ANGELO ANTONIO AGUINAGA. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS. Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho, 2002.
- 17) LEONARDO ARARIPE CRANCIO. Curso de Graduação em Agronomia/UFRGS. Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho, 2002.

### 9.2.4. Formação em andamento

- 1) JOICE MARI ASSMANN, Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS. **Ciclagem e estoque de nutrientes em sistema de integração soja-bovinos de corte sob plantio direto.**
- 2) SÉRGIO ELY VALADÃO GIGANTE DE ANDRADE COSTA, Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS. **Intervalo hídrico ótimo em sistema de integração soja-bovinos de corte em plantio direto de longo prazo.**
- 3) TAISE ROBINSON KUNRATH, Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS. **Análise integrada e modelagem em sistemas de integração lavoura-pecuária.**
- 4) FRANCINE DAMIAN DA SILVA, Mestrado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS. **Padrão espacial e temporal das fezes de bovinos em pastagens consorciadas de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) em sistema de integração lavoura-pecuária.**
- 5) GUILHERME LEITE VELLEDA, Mestrado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS. **Benefícios da integração da pecuária de corte com a lavoura de soja: uma análise econômica.**
- 6) FERNANDO MACHADO PFEIFER, Mestrado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS. **Impactos da produção animal em sistema de integração lavoura-pecuária.**
- 7) AMANDA POSSELT MARTINS, aluna do Curso de Agronomia/UFRGS, Iniciação Científica do CNPq. **Dinâmica da re-correção da acidez a partir da reaplicação de calcário na superfície do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto.**
- 8) FERNANDA ROBERTA PEREIRA TATSCH – Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS. **Elementos-traço em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto.**

### 9.3. Dias de Campo

| ANO  | PARTICIPANTES |
|------|---------------|
| 2003 | 90            |
| 2004 | 120           |
| 2005 | 135           |
| 2006 | 150           |
| 2007 | 250           |
| 2008 | 450           |
| 2009 | 540           |
| 2010 | 460           |

“A terra é um bem  
que apenas tomamos  
emprestado d’aqueles  
que nos sucederão.”



“Nossa missão é  
otimizar a fertilidade  
sustentável e favorável  
ao ambiente.”

[www.agrisus.org.br](http://www.agrisus.org.br)