

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/282357366>

Integração Soja–Bovinos de Corte no Sul do Brasil

Conference Paper · October 2015

DOI: 10.13140/RG.2.1.3576.3922

CITATIONS

3

READS

487

4 authors:



Amanda Posselt Martins

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

26 PUBLICATIONS 100 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Taise Robinson Kunrath

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

23 PUBLICATIONS 143 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ibanor Anghinoni

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

196 PUBLICATIONS 2,248 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Paulo César De Faccio Carvalho

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

316 PUBLICATIONS 2,309 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



APLICAÇÃO DE RESÍDUO DA PRODUÇÃO DE ENZIMAS EM PASTAGEM ESTIVAL: SEUS EFEITOS NO SOLO E PLANTA [View project](#)



Phosphate compounds dynamics in soil in an integrated crop-livestock system [View project](#)

All content following this page was uploaded by **Paulo César De Faccio Carvalho** on 03 October 2015.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

INTEGRAÇÃO

SOJA-BOVINOS DE CORTE

NO SUL DO BRASIL



GPSIPA
Grupo de Pesquisa em Sistema
Integrado de Produção Agropecuária



INTEGRAÇÃO

SOJA-BOVINOS DE CORTE

NO SUL DO BRASIL



GPSIPA

Grupo de Pesquisa em Sistema
Integrado de Produção Agropecuária



Boletim Técnico

INTEGRAÇÃO SOJA-BOVINOS DE CORTE NO SUL DO BRASIL

EDITORES

Amanda Posselt Martins
Taise Robinson Kunrath
Ibanor Anghinoni
Paulo César de Faccio Carvalho

2ª Edição

**Porto Alegre – Rio Grande do Sul
2015**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

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

Av. Bento Gonçalves, 7712
Bairro Agronomia
CEP 91540-000
Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Correio eletrônico: amandaposselt@gmail.com, taiserk@gmail.com, ibanghi@ufrgs.br e paulocfc@ufrgs.br.

Tiragem: 3.000 exemplares.

Capa: Amanda P. Martins e Taise R. Kunrath.

Fotos: Amanda P. Martins, Taise R. Kunrath, Marília L. T. Lopes, Edicarlos D. Souza, Osmar Conte, João de A. Bonetti, Pedro Arthur de A. Nunes, Maurício Z. Schuster, Ângela Neufeld, Fernando M. Pfeifer e Armindo Barth Neto.

Revisão do texto: Ibanor Anghinoni, Paulo César de F. Carvalho, Taise R. Kunrath e Amanda P. Martins.

Montagem: Amanda P. Martins.

Revisão final: Ibanor Anghinoni, Paulo César de F. Carvalho, Taise R. Kunrath e Amanda P. Martins.

Diagramação e impressão: Gráfica RJR Ltda.

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

G892 GRUPO DE PESQUISA EM SISTEMA INTEGRADO DE
PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Integração soja-bovinos de corte no sul do Brasil / Grupo de
Pesquisa em Sistema Integrado de Produção Agropecuária. Porto
Alegre, 2015.

102 p.

ISBN: 978-85-67302-11-9

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

CDD:630

Todos os direitos reservados.

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

PREFÁCIO DA 2ª EDIÇÃO

Esta publicação, em sua segunda edição, apresenta os principais resultados oriundos do trabalho de pesquisa conduzido na Fazenda do Espinilho, localizada na região do Planalto do Rio Grande do Sul, na qual são avaliados vários parâmetros de um sistema de produção que integra a lavoura de soja com a criação de bovinos de corte. Nesse trabalho, pesquisadores e acadêmicos vêm se dedicando a estudar o funcionamento desse modelo de produção desde 2001, acumulando conhecimentos e resultados.

A execução desses estudos em sistemas integrados demonstra a sintonia existente entre o grupo de pesquisa com as atuais demandas do setor produtivo e da sociedade, que desejam tecnologias que resultem em produtos com qualidade e preservação ambiental.

Os sistemas integrados de produção, em seus diferentes formatos, emergem como alternativa viável e eficiente, nas diversas regiões do país, sendo capaz de atender a esse desafio. Constituem-se em novo paradigma na agropecuária, exigindo que a pesquisa seja executada com interdisciplinaridade e considere o efeito do tempo. Tais situações são observadas no experimento da Fazenda do Espinilho sendo, portanto, um modelo a ser replicado em outros ambientes.

Essa publicação registra avanços no entendimento do funcionamento de um sistema diversificado e complexo; aponta e quantifica efeitos sinérgicos oriundos da interação dos componentes do sistema de Integração Lavoura-Pecuária, os quais se manifestam de diversas formas. Inclui, além dos conhecimentos gerados nos primeiros dez anos, novas avaliações, como as relacionadas à emissão de gases de efeito estufa e biologia do solo, entre outros aspectos.

Destaca-se, a persistência do grupo de pesquisa e da direção da fazenda, que superando as dificuldades e acreditando nos resultados, conduziram o experimento ao longo de quinze anos, e agora compartilham as informações resultantes desse trabalho. Tais informações, ao serem repassadas ao setor técnico e produtivo, tornam-se capazes de alterar, efetivamente, a situação econômica e social de uma importante região produtora do país. É a resposta do setor produtivo ao desafio de alimentar a população, gerar riquezas e contribuir para um ambiente melhor para todos.

Boa leitura!

Júlio Cesar Salton
Pesquisador – Manejo do Solo
Embrapa Agropecuária Oeste
Dourados – Mato Grosso do Sul

PREFÁCIO DA 1ª EDIÇÃO

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.

Essa 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 subtrópico 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, permite 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 na 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 anuais 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 a 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 anuais, sejam menores.

Tudo isso é tema das pesquisas que deram origem à elaboração desta publicação, quando comparados aos sistemas pastoris e agrícolas conduzidos em áreas distintas, que busca quantificar os benefícios agrônômicos, econômicos e ambientais da integração lavoura-pecuária, e ajustar o sistema permitindo a otimização dos efeitos induzidos pelas 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 direto 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 já formados, de estudantes das ciências agrárias e de produtores que apresentem um perfil de busca constante pela inovação tecnológica.

APRESENTAÇÃO

O protocolo experimental, que agora completa 15 anos, surgiu em 2001 da demanda do então aluno de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFRGS, Luis César Cassol, Professor do CEFET Pato Branco/PR, agora Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). A pesquisa em sistemas de integração lavoura-pecuária era uma demanda importante e prioritária do seu grupo de pesquisa naquela instituição. Por obra do imponderável e do destino, esse aluno juntou professores de dois Departamentos da Faculdade de Agronomia – um de Solos e outro de Forrageiras e Agrometeorologia, cuja empatia e sinergismo levaram à possibilidade de sua concretização, para o que, tiveram o apoio total e irrestrito da Família Garcia de Garcia para a sua implantação na Fazenda do Espinilho, em São Miguel das Missões/RS.

A proposta inicial era simples: como manejar o gado de modo a não impactar negativamente o solo e de, ao mesmo tempo, fornecer resíduo suficiente para a consolidação do plantio direto. Entretanto, a partir da sua implantação, houve o deslumbramento de uma série infindável de possibilidades, envolvendo a multidisciplinaridade dos objetos de pesquisa e a necessária abordagem sistêmica, para o entendimento dos processos e o avanço científico-tecnológico. Logo após a implantação, apoios valiosos surgiram de todo pessoal da Fazenda, de instituições públicas e particulares de apoio à pesquisa e transferência de tecnologia e de outros professores e colegas da UFRGS e, ainda, de outras instituições; mas os atores principais e mais importantes, sem dúvida, são os próprios estudantes, de todos os níveis (doutorado, mestrado e de graduação) que, com muito entusiasmo e doação, geraram e continuam gerando o conhecimento e as tecnologias na perspectiva dos sistemas integrados de produção. Na primeira edição do Boletim, foram apresentados os resultados dos primeiros dez anos; agora são os resultados de quinze anos, que integram novos alcances do grupo que investiga este experimento.

Para finalizar, estima-se que este Boletim Técnico constitua peça importante no esclarecimento e na divulgação dos sistemas integrados. A equipe de pesquisa responsável pelo projeto é, como referido, ampla e multidisciplinar, contando não somente com esse protocolo experimental, mas com outras iniciativas em sistemas diversos, incluindo outros estados. O conjunto de resultados dos diferentes locais, tipos de solos e ambientes é surpreendentemente convergente. Portanto, os resultados aqui discutidos têm se repetido consistentemente nos mais diferentes locais, o que traduz a firmeza dos conceitos.

Os Editores

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 Garcia de Garcia, 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 (*In memoriam*), Marquinhos e Ramiro, bem como ao Sr. Glênio Soldera, pelo importante apoio local, sem o qual não seria possível realizar este experimento. À Família Soldera (Carmem, Valmir e Mateus), ao Sr. Ayres Perlin e ao Saulo, sempre nos ajudando e acolhendo com carinho, tornando-se extensão da nossa própria família. Aos proprietários do Hotel Valentini em Jóia, Dona Eni e Seu Valdir, pela estadia e conforto propiciado em momentos cruciais, tornando-se nosso "QG" estratégico.

Aos professores da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Carlos Ricardo Trein, Renato Levien, Christian Bredemeier, Cimélio Bayer e Egon José Meurer, pelo apoio na realização dos trabalhos e na condução dos alunos. Aos professores do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, Telmo Jorge Carneiro Amado, José Miguel Reichert, Paulo Ivonir Gubiani e Rodrigo Josemar Seminoti Jacques, e aos professores da Universidade Regional Integrada de Santiago, Ciro Rodrigues de Brum e Ricardo Zambarda Vaz, pelo apoio aos pós-graduandos que realizam e realizaram seus estudos na área experimental. Ao professor Anibal de Moraes da Universidade Federal do Paraná e ao pesquisador Jamir Luís Silva da Silva da Embrapa Clima Temperado, pelo apoio e auxílio desde o início do experimento.

Ao funcionário da UFRGS, amigo e parceiro de campo de todos, Adão Luís Ramos dos Santos, por todos os finais de semana e feriados que dispendeu em nossa companhia para que fosse possível a realização de tantas avaliações a quase 500 km de distância.

Aos inúmeros estagiários, bolsistas de iniciação científica e alunos de pós-graduação que trabalharam com dedicação e empenho para a construção de toda a riqueza de informações que esse experimento tem gerado, em especial aqueles que desenvolveram seus estudos de mestrado e doutorado na área.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e às pró-reitorias de pesquisa (PROPESQ) e extensão (PROEXT) da UFRGS, pelas bolsas de extensão, iniciação científica, mestrado, doutorado e produtividade em pesquisa, que deram suporte aos recursos humanos envolvidos neste trabalho.

À FAPERGS, ao CNPq, à Fundação AGRISUS e ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pelos recursos providos para a execução dos projetos de pesquisa e atividades correlatas.

A todos que já estiveram presentes em nossos Dias de Campo e contribuíram com a difusão da filosofia e da tecnologia dos sistemas integrados de produção agropecuária, buscando a intensificação sustentável da produção agrícola e pecuária de nosso país.

SUMÁRIO

	Pág.
1. ATUALIDADES E PERSPECTIVAS PARA OS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA	17
2. A INTEGRAÇÃO SOJA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL	21
3. O PROTOCOLO EXPERIMENTAL	25
3.1. HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	25
3.2. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
3.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	26
3.4. ADUBAÇÃO E CALAGEM	27
3.5. AVALIAÇÕES REALIZADAS	28
3.6. DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS	29
4. FASE PASTAGEM	33
4.1. PRODUÇÃO E MANEJO DO PASTO	33
4.1.1. Relação entre altura e massa de forragem	34
4.1.2. Perfilhamento	35
4.1.3. Biomassa de raízes	36
4.1.4. Ressemeadura natural do azevém	37
4.1.5. Disponibilidade hídrica	37
4.1.6. Plantas indesejáveis	38
4.2. PRODUÇÃO E MANEJO DOS ANIMAIS	38
4.2.1. Deslocamento dos animais e heterogeneidade da pastagem	39
4.2.2. Distribuição espacial do esterco	40
4.2.3. Ganho de peso	41
4.2.4. Qualidade da carcaça	42
5. FASE SOJA	45
5.1. POPULAÇÃO E DESENVOLVIMENTO	45
5.2. NODULAÇÃO E NUTRIÇÃO	46
5.3. OCORRÊNCIA DE PLANTAS INDESEJÁVEIS	46
5.4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS	47
5.5. COMPONENTES DE RENDIMENTO	48
5.6. RENDIMENTO DE GRÃOS	49
5.7. RESPOSTA À CALAGEM	49
6. O SOLO NO CONTEXTO	53
6.1. INDICADORES FÍSICOS E HÍDRICOS	53
6.1.1. Compactação	53
6.1.2. Estado hídrico	55
6.2. INDICADORES QUÍMICOS	57
6.2.1. Acidez e calagem	57
6.2.2. Disponibilidade de nutrientes	59
6.3. INDICADORES BIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS	60
6.3.1. Mesofauna	60
6.3.2. Atividade microbiana	61
6.3.3. Atividade enzimática	61
6.4. INDICADORES DE MANEJO	62
6.4.1. Estoques de carbono e nitrogênio e suas frações	62
6.4.2. Estoques de fósforo e suas formas	64
6.4.3. Nutrientes na biomassa microbiana	64
6.5. INDICADORES DA QUALIDADE FUNCIONAL	64
6.5.1. Estado de agregação	64
6.5.2. Diversidade microbiana funcional	65
6.5.3. Índice de manejo de carbono	65
6.6. CICLAGEM DE NUTRIENTES E ADUBAÇÃO DO SISTEMA	66

	Pág.
7. ASPECTOS AMBIENTAIS	73
7.1. EFICIÊNCIA DE USO DOS NUTRIENTES	73
7.2. OCORRÊNCIA DE ELEMENTOS-TRAÇO	74
7.3. EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA	75
8. DESEMPENHO E ECONÔMICO	79
8.1. VARIAÇÃO DO PREÇO DE VENDA	79
8.2. PRODUTIVIDADE DA SOJA NO EXPERIMENTO E NA REGIÃO	79
8.3. MARGEM BRUTA	80
8.4. REDUÇÃO DE RISCOS	81
9. CONSIDERAÇÕES E BALANÇO GERAL DO SISTEMA	85
10. DEPOIMENTOS	89
10.1. DO PRODUTOR	89
10.2. DOS EXTENSIONISTAS	90
11. NOVOS DESAFIOS	93
12. PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS	97
12.1. PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA	97
12.2. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS	100



1

ATUALIDADES E PERSPECTIVAS PARA OS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Paulo César de F. Carvalho, Ibanor Anghinoni, Amanda P. Martins e Taise R. Kunrath.

1. ATUALIDADES E PERSPECTIVAS PARA OS SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Integração Lavoura-Pecuária (ILP) é a denominação coloquial dos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), e refere-se a sistemas de produção que planejam associações de cultivos agrícolas e produção animal com vistas a explorar sinergismos e propriedades emergentes decorrentes deste conceito de produção. A ILP não é tecnologia nova; seus preceitos há muito estão em uso. Mas ela vinha sendo preterida em relação a sistemas especializados de produção decorrentes da Revolução Verde. Não obstante, o conceito de integração recentemente retoma força – no Brasil e no mundo – devido à ineficiência dos atuais modelos de produção 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 ambientais, dentre eles 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, via de regra, intensiva, essencialmente baseada em tecnologia de insumos, descompromissada com impactos ambientais e de baixa diversificação.

Nesse contexto, a ILP 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, o uso eficiente de insumos e a utilização da pastagem em intensidades de pastejo moderadas. A diversificação é aportada pelas rotações agrícolas, intercaladas a fases pastoris, cujo arranjo sinérgico recicla nutrientes de forma mais eficiente e diminui a incidência de pragas, de doenças, e de plantas indesejáveis. A eficiência, em nível de propriedade, é trazida pelo melhor aproveitamento dos nutrientes, menor uso de insumo por unidade de produto produzido, 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 raro sistema de produção, onde o dilema produção versus conservação tem solução compatível com as atuais demandas da sociedade.

A ILP tem capacidade singular em conciliar intensificação com sustentabilidade. Por exemplo, o governo brasileiro se comprometeu em reduzir entre 36,1 e 38,9% as emissões nacionais de CO₂-equivalente até 2020. Dentre as várias iniciativas nesse sentido está o

fomento a adoção da ILP no Brasil, pois ela é tecnologia reconhecidamente sequestradora de carbono. Há comprometimento governamental em se incrementar quatro milhões de hectares operando nesse tipo de sistema. Iniciativas de fomento, com crédito de baixo custo para a adoção da ILP dentro de Programas como o ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), se encontram disponíveis no sistema financeiro. Tudo indica que sejam ações de longo prazo e que irão mudar a forma de produzir alimentos no Brasil. Desde seu lançamento, apenas 58% dos recursos disponíveis foram de fato captados pelos produtores, o que significa a existência de ampla oportunidade para se inserir na ILP.

As perspectivas em nível global para a ILP também são promissoras. Há estimativas de que os sistemas integrados estejam presentes em 2,5 bilhões de ha e sejam responsáveis por metade da produção global de alimentos. A FAO reconhece o potencial dos sistemas integrados como via sustentável para se atingir objetivo de alimentar nove bilhões de pessoas em 2050. Segundo a FAO, esses sistemas 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 a adaptação e mitigação às 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, ressalta-se que os sistemas integrados permitem, aos produtores, atingir aspirações sociais e almejar dinâmica social equânime (particularmente para mulheres e jovens), promovendo segurança alimentar enquanto sejam sistemas que se ajustam aos anseios 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 integração tem sido justificada mesmo 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.

No sul do país, oportunidades de uso da ILP estão no período da entressafra nas vastas áreas agrícolas das culturas de verão, pois poucas se transformam em cultivos de inverno, permanecendo ociosas. Há oportunidade também de se conter as decorrências nefastas de processos clássicos de expansão agrícola, tal como ocorre no Bioma Pampa. Mas ao invés de se associar agricultura

e pecuária de forma planejada, o processo segue por filosofia expansionista, sem qualquer iniciativa dos poderes público e privado em arbitrar o processo. O conceito de integração poderia proteger milhares de hectares de campos naturais da conversão agrícola.

Recentemente, no Brasil, o componente florestal tem atingido papel de destaque, ilustrando o nível de diversidade que se pode atingir nos sistemas brasileiros. Na teoria dos sistemas integrados, quanto maior a diversidade dos componentes, maior a possibilidade de ocor-

rerem sinergismos e propriedades emergentes. Pelo potencial de se compor diferentes tipos de plantas (herbáceas, arbustivas, arbóreas) com herbívoros que reciclam nutrientes via dejeções, recria-se em sistemas comerciais os fluxos de nutrientes e interações que ocorrem nos sistemas naturais. Esta característica de mimetização dos processos naturais constitui-se na fundamentação básica dos sistemas integrados, e do interesse da aplicação dos seus conceitos no Brasil e no mundo.

2 A INTEGRAÇÃO SOJA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL

Paulo César de F. Carvalho, Ibanor Anghinoni, Taise R. Kunrath e Amanda P. Martins.



2. A INTEGRAÇÃO SOJA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL

No sul do país, a ILP é difundida como alternativa as rotações de cereais de verão. É proposta para o uso eficiente da área no período da entressafra, diversificando a propriedade, diminuindo o risco da lavoura e melhorando o solo. Na safra 2013/2014, as áreas com soja, milho e arroz ocuparam cerca de 7,2 milhões de ha no Rio Grande do Sul. A elas sucederam 1,3 milhões de ha de lavouras de inverno; as lavouras de trigo (1,1 milhão de ha) se constituindo na quase totalidade das áreas ocupadas no inverno. Estimativa das áreas de lavoura de verão que são ocupadas com pecuária no inverno são controversas, mas é reconhecida a existência de milhões de hectares que ficam em pousio no inverno ou, mais frequentemente, que permanecem com cobertura vegetal visando à produção de palha para as lavouras de verão. Massa vegetal nobre, pois muitas das áreas são cobertas por forrageiras de inverno que poderiam ser convertidas em renda, por exemplo, carne e leite, sem prejuízo a 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 palha, seja na maioria das vezes constituída por aveia e azevém, de excelente valor nutritivo.

Informações da CONAB com relação a safra 2014/15 estimaram a área de soja em 4,94 milhões de ha, com produtividade de grãos da ordem de 2,8 t/ha, inferior a média nacional, que foi de 3,0 t/ha. O custo médio de produção, segundo a FARSUL, é de 49 sacas/ha, ou 2,9 t/ha, estimando-se que aumente para 54 sacas/ha na safra 2015/16. A orientação da FARSUL aos produtores é o travamento dos custos e da renda, além de mínima exposição ao risco. É exatamente o que traz a integração da soja com a pecuária, diminuição de custos e minimização do risco. E não é somente a elevação de custos que ameaça o produtor de soja. As variações climáticas se acentuam com o impacto do aquecimento global. Entre 2000 e 2010, 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 até demasiadamente pronunciados. Se considerarmos os registros da CONAB, a partir da safra 76/77 até a safra 09/10, o RS registrou 15 frustrações nas 34 safras do período, 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. Cultivar soja no RS significa, portanto, assumir mais riscos que aqueles produtores que cultivam 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 maior que 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 mantém o forte interesse dos agricultores gaúchos na cultura da soja. Ainda que não haja crise aparente, há muita oportunidade para incremento de eficiência e renda em nível das propriedades.

Abordando o modelo agrícola no qual a soja se insere, a alternativa de composição de sistema mais frequente 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. O resultado é que a maioria das propriedades voltadas ao cultivo 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 de 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 de campos naturais. No atual modelo produtivo as possibilidades de investimento e de 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 em 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 massa para ser posteriormente dessecada, formando palha; um verdadeiro contra censo. Portanto, a possibilidade de resolver o principal problema alimentar da pecuária gaúcha pelo uso das extensas áreas dos sistemas agrícolas, onde sobra forragem desperdiçada, 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, fosse colocado 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 700 milhões de quilos de peso vivo. 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 possam 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 pastejo, 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 em um sistema complexo como o dos sistemas integrados. Por se tratar de sistema que associa iniciativas de conservação do solo em plantio direto, manejo de lavouras e rotação de culturas, além de pastejo pelo animal, os sistemas integrados 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 baseada

em sistema plantio direto. 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 da técnica.

Para finalizar, estima-se que este Boletim Técnico constitua peça importante no esclarecimento e na divulgação dos sistemas integrados. Ele apresenta resultados de um experimento de longo prazo que aborda resultados da integração soja/bovinos de corte. E esta segunda edição integra novos alcances do grupo que investiga este experimento. 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. O conjunto de resultados dos diferentes locais, tipos de solos e ambientes, é surpreendentemente convergente. Portanto, os resultados aqui discutidos têm se repetido consistentemente nos mais diferentes locais, o que traduz a firmeza dos conceitos e resultados apresentados ao longo desse manuscrito.

3 O PROTOCOLO EXPERIMENTAL

**Amanda P. Martins, Taise R. Kunrath, Sérgio Ely V. G. de A. Costa, Daniel M. Brambilla,
Luís César Cassol, Raquel S. Barro, Ibanor Anghinoni
e Paulo César de F. Carvalho.**



3. O PROTOCOLO EXPERIMENTAL

3.1. HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

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

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico 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, com estiagens frequentes, 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 campo nativo típico do Planalto Médio, composto por *Paspalum* spp. e *Axonopus* spp. em sua maioria, em meio a touceiras de *Aristida* spp., vegetação típica de solos pobres e ácidos. A área

de campo foi convertida em lavoura e cultivada em sistema de plantio direto a partir de 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. No outono de 2000, a área foi pastejada pela primeira vez, mas somente por algumas semanas. O pasto era constituído de uma mistura de aveia preta + azevém (*Lolium multiflorum*). Em novembro de 2000 o solo foi amostrado (Tabela 3.1) e a soja implantada.

Tabela 3.1. Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento (novembro de 2000).

Camada de solo	pH	Matéria orgânica	Cátions trocáveis			H+Al	P	K
			Ca	Mg	Al			
cm		%	cmol _c /dm ³					mg/dm ³
0-5	4,9	4,2	6,2	1,3	0,3	8,7	13	240
5-10	4,6	3,5	4,8	1,8	0,6	9,7	10	119
10-15	4,6	2,6	4,1	2,2	0,7	9,7	5	88
15-20	4,6	2,6	4,0	1,1	1,0	10,1	4	55

pH em água (relação 1:1); Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e Alumínio (Al) extraídos com KCl 1 mol/L; H+Al determinado indiretamente com solução SMP; e fósforo (P) e potássio (K) extraídos com solução Mehlich 1.

3.2. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A área total do experimento é de aproximadamente 22 hectares, com divisão em 12 parcelas, em áreas que variam entre 0,8 e 3,6 hectares, assim definido em função dos tratamentos aplicados (Figura 3.1).

As motivações originais do experimento podem ser sintetizadas em duas questões principais. A primeira: qual intensidade de pastejo se pode utilizar na fase pastoril de modo a não compactar o solo e não prejudicar a cultura da soja? E a segunda: quanto de pasto há que se deixar para que o rendimento da soja em sistema plantio

direto não seja afetado? Em outras palavras: qual o manejo que se deve dar ao sistema de integração para garantir 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 onde o pasto é submetido ao pastejo (com efeito direto da desfolhação e de deposição de excreções), também foram postuladas.



Figura 3.1. Vista aérea geral da área experimental e distribuição dos tratamentos de alturas de manejo do pasto no período de inverno.

Para responder a esses questionamentos, tratamentos foram constituídos de forma a estudar pastos conduzidos sob diferentes intensidades de pastejo. Para fins experimentais, o manejo do pasto por alturas repre-

senta as variações de intensidade de pastejo empregadas. Quanto menor a altura de manejo do pasto, maior a intensidade de pastejo empregada. Nesse contexto os tratamentos foram assim definidos: 10 cm, 20 cm, 30 cm

e 40 cm de altura de manejo. Para fins deste Boletim, considera-se que o tratamento 10 cm represente o pastejo intensivo, os tratamentos 20 e 30 cm representem o pastejo moderado, enquanto o 40 cm represente o pastejo leve (**Tabela 3.2**). Os tratamentos foram distribuídos num delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Entre os blocos foram estabelecidas áreas que ficam isoladas do pastejo, e que representam,

portanto, o sistema plantio direto com vegetação usada apenas como cobertura no inverno, tidas como testemunhas (**Figura 3.1**). A entrada dos animais na área experimental ocorre quando a pastagem apresenta acúmulo médio de 1500 kg/ha de matéria seca (MS), aproximadamente 25 cm que, de forma geral, ocorre entre junho e julho.

Tabela 3.2. Identificação das alturas de manejo do pasto (tratamentos do experimento) e suas respectivas intensidades de pastejo e padronização visual das cores utilizadas no Boletim.

Altura de manejo do pasto		Intensidade de pastejo	
Denominação	Cor utilizada	Denominação	Cor utilizada
10 cm		Pastejo intensivo	
20 cm		Pastejo moderado	 ou 
30 cm			
40 cm		Pastejo leve	
Sem pastejo		Sem pastejo	

3.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O sistema é baseado na produção integrada de bovinos de corte no inverno e soja no verão, em plantio direto. Têm-se utilizado bovinos jovens, machos castrados, (**Figura 3.2**), com idade ao redor de dez meses (no início da fase pastagem), oriundos de cruzamentos entre as raças Angus, Hereford e Nelore, sem grau de sangue definido e com peso vivo médio inicial ao redor de 200 kg. O experimento, assim implementado, tanto pode simular um sistema de integração com objetivo de criar 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 (**Figura 3.3**). 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 caminhar 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 número variável de animais reguladores. Conforme necessidade de se manter as alturas desejadas ao longo da fase pastagem, retira-se 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, em média, 120 dias de pastejo (**Tabela 3.3**).

Entre novembro e dezembro, procede-se a semeadura da soja, com sementes inoculadas na dose recomendada. A soja é normalmente colhida entre abril e maio do ano seguinte (**Tabela 3.3**). O manejo é feito de acordo com as recomendações técnicas para as culturas utilizadas. Desde o outono de 2001 até o presente momento, repetiu-se o mesmo procedimento na implantação da pastagem e no manejo dos animais, seguidos da implantação e condução da cultura da soja.

Figura 3.2.

Aspecto geral dos animais e dos pastos (aveia preta + azevém) nos diferentes tratamentos de altura de manejo durante o inverno no sistema de integração de produção de soja e bovinos de corte.





Figura 3.3.

Detalhe do equipamento (*Sward stick*) utilizado de 15 em 15 dias para fazer as medições de altura da pastagem durante o inverno e, a partir da média de aproximadamente 100 leituras, realizar o manejo de retirada ou entrada de animais (método de pastoreio contínuo com lotação variável).

O *Sward stick* é um bastão de alumínio graduado em centímetros sobre o qual desliza, de cima para baixo, uma estrutura em acrílico transparente. O primeiro toque desta estrutura com uma folha corresponde a leitura de altura do pasto.

Tabela 3.3. Datas e duração da fase pastagem e da fase soja ao longo dos quinze anos do experimento.

Ano	Fase pastagem				Fase soja		
	Semeadura do pasto	Entrada dos animais	Saída dos animais	Dias de pastejo	Semeadura	Colheita	Ciclo da cultura
2001	18/5/2001	24/7/2001	5/11/2001	104	10/12/2001	6/5/2002	147
2002	13/5/2002	16/7/2002	13/11/2002	120	17/12/2002	1º/5/2003	135
2003	19/5/2003	21/7/2003	7/11/2003	109	12/12/2003	7/5/2004	147
2004	10/5/2004	12/7/2004	14/11/2004	125	5/12/2004	30/4/2005	146
2005	4/5/2005	5/7/2005	13/11/2005	131	2/12/2005	5/5/2006	154
2006	11/5/2006	29/6/2006	8/11/2006	132	15/12/2006	12/5/2007	148
2007	12/5/2007	14/7/2007	9/11/2007	118	18/12/2007	17/5/2008	151
2008	17/5/2008	17/7/2008	15/11/2008	121	26/12/2008	24/4/2009	119
2009	17/5/2009	17/7/2009	30/10/2009	105	17/12/2009	17/4/2010	121
2010	30/4/2010	6/7/2010	2/11/2010	119	27/11/2010	26/3/2011	119
2011	19/4/2011	10/6/2011	7/11/2011	150	16/11/2011	16/4/2012	152
2012	24/4/2012	3/7/2012	1º/11/2012	121	21/11/2012	9/4/2013	139
2013	23/4/2013	24/6/2013	6/11/2013	135	14/11/2013	5/4/2014	142
2014	17/4/2014	2/6/2014	1º/11/2014	152	28/11/2014	17/4/2015	140
2015	25/4/2015	9/6/2015					

3.4. 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%) (**Tabela 3.4**) foram aplicadas na superfície do solo de toda a área pastejada. Essa dose corresponde à recomendada pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC) para elevar o pH do solo na camada de 0-10 cm, na condição de plantio direto consolidado. No outono de 2010, antecedendo ao

pastejo, o calcário foi parcialmente reaplicado na superfície do solo com vistas a comparar essas áreas com aquelas que somente receberam calcário em 2001. Nesse sentido, subparcelas de 20 x 30 m foram delimitadas nas áreas pastejadas, e de 5 x 5 m nas áreas sem pastejo, na dose de 3,6 t/ha (PRNT 74%) (**Tabela 3.4**), novamente com o objetivo de elevar o pH do solo na camada de 0-10 cm.

Tabela 3.4. Características granulométricas e químicas do calcário utilizado no experimento.

Época de aplicação / Área de aplicação	Granulometria (mm)				ER ⁽¹⁾ %	VN ⁽²⁾	PRNT ⁽³⁾	CaO	MgO
	> 2,00	2,00-0,84	0,84-0,30	< 0,30					
Novembro de 2001 (em toda área)	3,3	15,3	43,0	38,4	67	93	62	30	19
Maio de 2010 (em subparcelas)	0,2	8,8	26,5	64,5	82	90	74	26	16

⁽¹⁾ Eficiência relativa. ⁽²⁾ Valor de neutralização. ⁽³⁾ Poder relativo de neutralização total.

A adubação consta, basicamente, da aplicação de N na pastagem e de P e K na soja, considerando as análises de solo, em doses para produtividade entre 4,0 e 7,0 t/ha de matéria seca de pasto e de 4,0 t/ha de grãos de soja, com algumas variações que são apresentadas na **Tabela 3.5**. Em relação às fontes, para o N sempre foi utilizado ureia; para P₂O₅ utilizou-se superfosfato simples no primeiro ciclo da soja e da pastagem e, nos demais,

superfosfato triplo; e, para K₂O, foi sempre utilizado o cloreto de potássio. As doses de N na pastagem maiores que 45 kg/ha foram sempre parceladas em duas aplicações, aos 30 e 60 dias após a implantação da pastagem. O aumento da dose nos últimos anos foi devido ao baixo teor de N foliar da pastagem e alta relação C/N dos estoques do solo. A partir do inverno de 2012, passou-se a aplicar o conceito da adubação de sistema (**Item 6.6**),

com aplicação dos nutrientes na fase pastagem. Esta adubação tem como objetivo repor os nutrientes do sis-

tema após a colheita da soja, que é o período de maior exportação de nutrientes do sistema.

Tabela 3.5. Histórico de adubações realizadas na soja e na pastagem no experimento.

Ano	Nutriente (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Na fase soja			
2001/02	-	60	-
2002/03	-	60	90
2003/04	15	60	60
2004/05	-	60	90
2005/06	-	60	90
2006/07	-	60	90
2007/08	-	60	60
2008/09	-	60	60
2009/10	-	60	60
2010/11	-	60	60
2011/12	-	60	60
2012/13	-	-	-
2013/14	-	-	-
2014/15	-	-	-
Na fase pastagem			
2001	45	-	-
2002	45	60	-
2003	90	-	-
2004	45	-	-
2005	45	-	-
2006	45	-	-
2007	45	-	-
2008	45	-	-
2009	90	-	-
2010	45	-	-
2011	90	-	-
2012	140	60	60
2013	140	60	60
2014	140	60	90

3.5. AVALIAÇÕES REALIZADAS

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 avaliação de atributos físicos (densidade, porosidade, umidade e estado de agregação), mecânicos (resistência à penetração, força de tração e compressibilidade) e químicos (pH em água, índice SMP, matéria orgânica, fósforo e potássio disponíveis e cálcio, magnésio e alumínio trocáveis e capacidade de troca de cátions). Do terceiro ao quinto ano, foi também avaliada a qualidade de carcaça dos animais abatidos em frigorífico. No quarto ano iniciou-se 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. A partir do sétimo ano, iniciou-se 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), a atividade biológica e bioquímica e, ainda, o estado de agregação do solo em função dos diferentes aportes de resíduo do pasto, da soja e dos animais. Nos últimos anos, vem sendo avaliado o consumo de forragem e o deslocamento dos animais; as emissões de gases de efeito estufa pelos animais e pelo solo; parâmetros fisiológicos das plantas (pasto e soja), como estado hídrico e temperatura das folhas; e a fauna do solo.

As avaliações realizadas ao longo dos 15 anos de condução do experimento estão descritas na **Tabela 3.6**. 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 a propriedade.

Tabela 3.6. Atividades realizadas ao longo dos 15 anos experimentais no solo, no pasto, na soja e nos animais.

No solo			
Avaliação	Período(s)	Avaliação	Período(s)
Densidade	2001-2005, 2009-2011, 2014-2015	Macronutrientes	2001-2005, 2009-2012
Resistência à penetração	2004-2005, 2008	Micronutrientes	2001-2003, 2011
Força de tração	2004-2009	Emissão de gases	2011-2014
Porosidade	2001-2005, 2009-2011, 2014-2015	Ciclagem de nutrientes	2009-2011
Pressão de pré-consolidação	2002-2003	Umidade	2004-2015
Infiltração	2001-2002, 2014-2015	Biologia e bioquímica	2006-2007, 2009-2011, 2014
Carbono e nitrogênio	2001-2007, 2010, 2014	Elementos-traço	2011
Atributos de acidez	2001-2005, 2009-2012	Agregação	2007-2010
Fracionamento de fósforo	2001, 2004, 2007		
No pasto			
Avaliação	Período(s)	Avaliação	Período(s)
Altura	2001-2015	Perfilhamento	2009-2010
Resíduo	2001-2002, 2005, 2008-2011, 2013-2015	Oferta	2001-2005, 2008
População	2005, 2009-2010	Taxa de crescimento	2001-2011, 2013-2015
Decomposição	2009-2011	Plantas indesejáveis	2009-2010, 2014
Composição morfológica	2001-2002, 2004-2005, 2008	Massa de raízes	2005, 2009
Potencial hídrico	2012, 2014	Temperatura da folha	2012, 2014
Valor nutritivo	2003, 2008-2011		
Na soja			
Avaliação	Período(s)	Avaliação	Período(s)
Altura	2009-2010	Plantas indesejáveis	2009-2010, 2014
Resíduo	2003, 2009-2012	População	2001-2007, 2009-2014
Componentes de rendimento	2001-2002, 2007, 2009-2014	Nodulação	2009-2010
Decomposição	2009-2011	Potencial hídrico	2011-2012, 2014-2015
Produtividade	2001-2002, 2003-2007, 2009-2014	Temperatura da folha	2011-2012, 2014-2015
Nos animais			
Avaliação	Período(s)	Avaliação	Período(s)
Desempenho	2001-2006, 2008-2011, 2013-2015	Consumo de forragem	2013-2014
Decomposição do esterco	2009-2010	Carcaça	2003-2005
Emissão de gases	2013-2014	Distribuição do esterco	2010
Comportamento ingestivo	2005		

3.6. DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados do trabalho vêm sendo apresentados anualmente em Dias de Campo, com 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 (**Figura 3.4**). O número de participantes nos Dias de Campo consta da **Tabela 3.7**. O modelo de produção foi, desde 2008, inserido como Unidade de Difusão Tecnológica no Programa Integrado de Sistemas Agropecuários em Microbacias Hidrográficas (PISA) do MAPA, com mais de 400 participantes, nos últimos anos. 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 publicados na forma de dissertações, teses, capítulos de livros, artigos científicos e de resumos de trabalhos apresentados em eventos científicos. A formação de recursos humanos

e a produção bibliográfica oriunda deste experimento são apresentadas no **Item 12**.

Tabela 3.7. Anos de realização e número de participantes nos Dias de Campo realizados na área experimental.

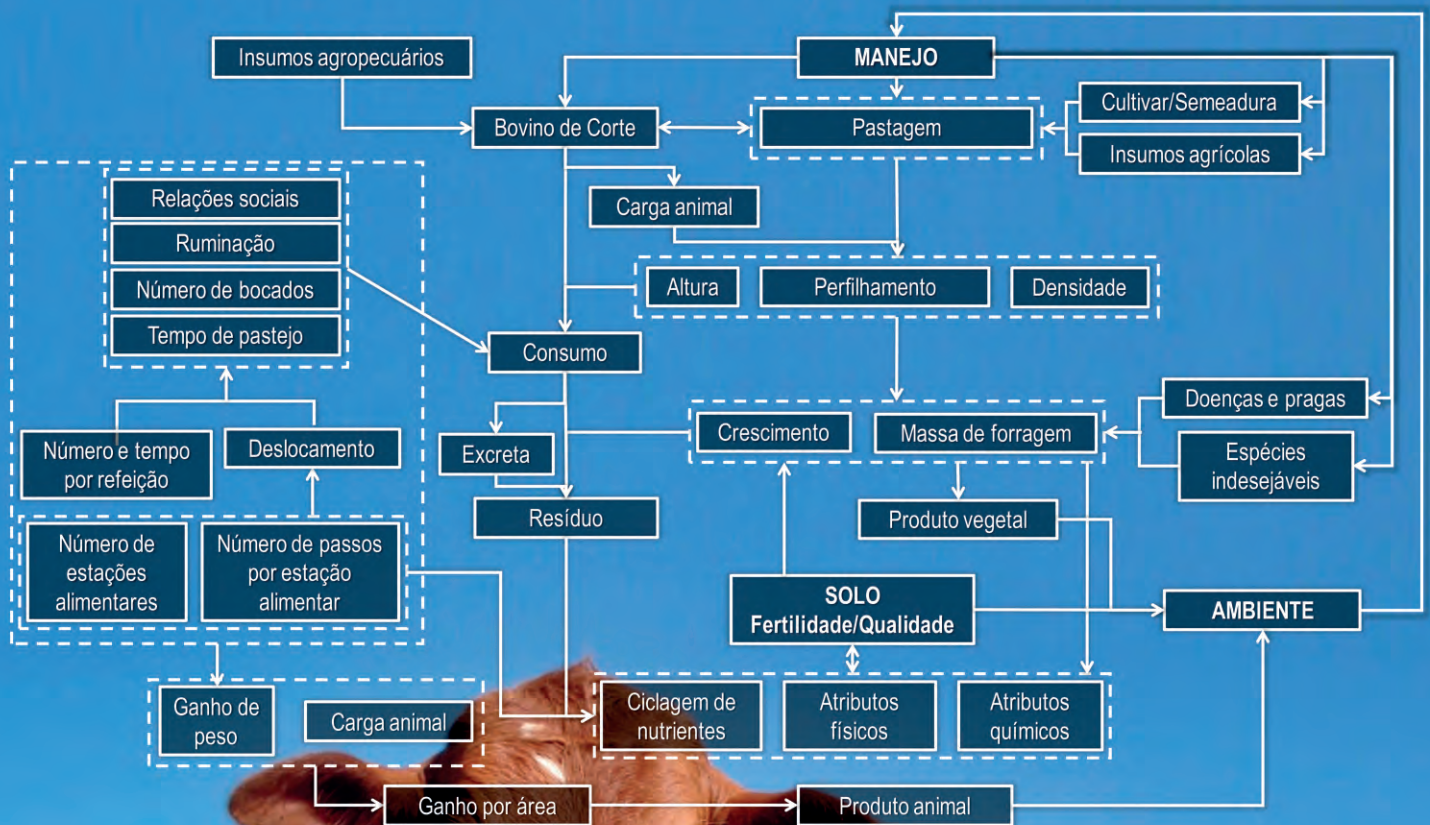
Ano	Número de participantes
2003	90
2004	120
2005	135
2006	150
2007	250
2008	450
2009	540
2010	460
2011	350
2012	160
2013	170



Figura 3.4. Registros do 8º Dia de Campo realizado no experimento: público conhecendo a área experimental, percorrendo o corredor lateral; palestra do prof. Ibanor Anghinoni na estação temática Solo e Prof. Paulo Carvalho apresentando a equipe de estudantes responsável pela condução do experimento em 2010.

4 FASE PASTAGEM

Taise R. Kunrath, Amanda P. Martins, Pedro Arthur de A. Nunes, Maurício Z. Schuster, Sérgio Ely V. G. de A. Costa, Carolina Baggio, Francine D. da Silva, Marília L. T. Lopes, Ângelo Antônio Q. Aguinaga, William de Souza Filho, Cristiane de L. Wesp, Lemar M. da Rocha, Ibanor Anghinoni e Paulo César de F. Carvalho.



4. FASE PASTAGEM

O conhecimento dos principais fatores que determinam o desenvolvimento e o crescimento das culturas é fundamental para nortear práticas de manejo. Essa tarefa é mais desafiadora em sistemas de integração lavoura-pecuária, pois há necessidade de conciliar a produção do pasto e a do animal em pastejo (fase pastagem), além da lavoura em sucessão (no presente caso, a fase soja).

As questões aqui discutidas demonstram a importância de considerar a fase pastagem como um ecossistema complexo e dinâmico, cujo caráter multidisciplinar requer abordagem sistêmica e integração de conheci-

mentos 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, será abordada primeiramente a produção e o manejo do pasto (**Item 4.1**) e, após, a produção e o comportamento animal nos diferentes manejos do pasto (**Item 4.2**), com esses dois componentes integrando a chamada fase pastagem do sistema integrado.

4.1. PRODUÇÃO E MANEJO DO PASTO

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 produtividade da lavoura. 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 à 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 integrado, 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 preta e azevém do experimento (**Figura 4.1**).



Figura 4.1. Diferença visual da estrutura e da cobertura de solo de pastos hibernais mistos de aveia preta + azevém manejados na altura de 10 cm (pastejo intensivo) e de 20 a 30 cm (pastejo moderado).

O pastejo intensivo é resultado da condução do pasto com alturas baixas (10 cm), enquanto o pastejo moderado é consequência do uso de taxas de lotação controladas para manter os pastos em alturas entre 20 cm e 30 cm. Os resultados demonstram haver relação entre a altura de manejo e a produção de forragem (**Figura 4.2**). 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 e leve, resultando em maior produção total de forragem (soma-tório 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.

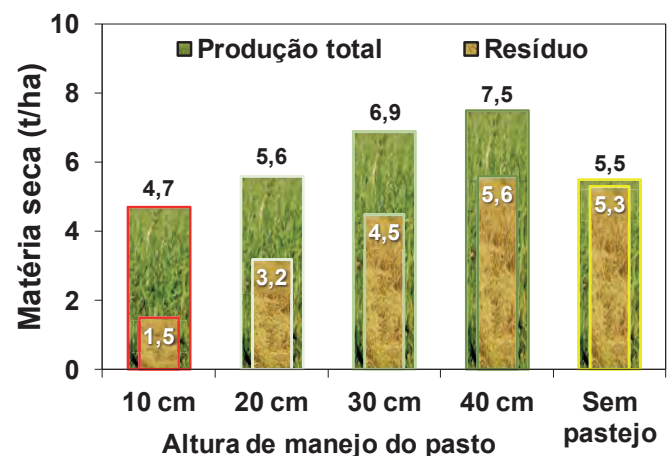


Figura 4.2. Maior acúmulo de biomassa total e de resíduos ocorre com pastejo moderado e leve (valores médios de 14 anos).

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 sem pastejo, 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 4.2**, 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 e, com isso, a forragem acumulada no final do ciclo do pastejo não reflete o total de matéria seca que “circulou” no sistema (**Figura 4.2**). Resulta que, em locais onde o pasto é consumido de forma moderada, a produção total de forragem da parte aérea é igual ou superior as áreas sem pastejo. Na

média dos anos as áreas sem pastejo produziram 5,5 t/ha, enquanto onde a altura de manejo é de 20 cm, ou acima, esses valores vão de 5,6 a 7,5 t/ha. Já, quando do uso de lotações excessivamente altas (pastejo intensivo), essa produção foi menor (4,7 t/ha), na medida em que pastos baixos chegam a apresentar solo descoberto e baixa área foliar (**Figura 4.1**), a ponto de comprometer seu potencial de crescimento (**Figura 4.2**).

4.1.1. Relação entre altura e massa de forragem

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, a composição botânica (proporção do folhas, colmos e material morto), dentre outras. As **Figuras 4.3 e 4.4** 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 4.3. O contraste entre as diferentes estruturas dos pastos nos tratamentos do experimento é nítido e possui inúmeras implicações no crescimento da pastagem e na produção animal. Lado esquerdo = pastejo moderado. Lado direito = Pastejo intensivo.



Figura 4.4. Pastos de inverno, com a mesma implantação e adubação, que se tornaram estruturalmente diferentes sob o único efeito da altura de manejo da pastagem, com 10 cm (pastejo intensivo), 20 a 30 cm (pastejo moderado) e 40 cm (pastejo leve) de altura média.

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 preta e azevém, na média do período de

utilização da pastagem, cada centímetro de altura no pasto corresponde a, aproximadamente, 98 kg de matéria seca na biomassa aérea (**Figura 4.5**). A título de ilustração, cada novilho utilizado no experimento tem consumo médio diário estimado em 7 kg de matéria se-

ca. Exemplificando com um cálculo simplista, cada centímetro a mais na altura dos pastos pode alimentar um novilho por aproximadamente 14 dias, ainda que a medida que se aumenta a altura dos pastos, ocorra uma diminuição da sua qualidade. A **Figura 4.5** ilustra a quantidade de forragem estocada em relação as alturas maiores de manejo. Isso indica a necessidade de se buscar um compromisso entre altura de manejo e qualidade da forragem oferecida, bem como a importância de aferir o manejo do pasto na escala de poucos centímetros.

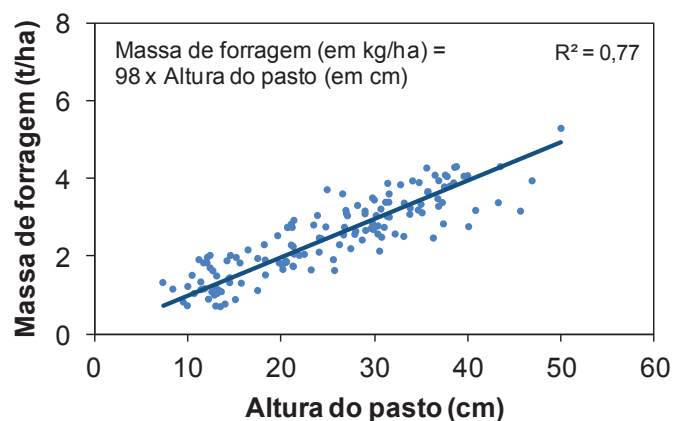


Figura 4.5. Relação entre altura e massa de forragem de pastos de azevém e aveia preta (média de 14 anos), demonstrando que cada centímetro de altura no pasto corresponde a, aproximadamente, 98 kg de matéria seca na biomassa aérea.

4.1.2. Perfilhamento

Ainda com relação ao impacto da altura de manejo sobre a estrutura dos pastos, pastejos intensivos ou moderados promovem mudanças na densidade populacional dos perfilhos de aveia preta e de azevém, como pode ser observado na **Figura 4.6**.

Quando submetidos ao pastejo intensivo, a redução na população dos perfilhos é significativa e está particularmente relacionada com a maior mortalidade de perfilhos de aveia (**Figura 4.6**). Isto ocorre porque os animais entram no experimento em meados de julho,

com a pastagem bem implantada e já atingindo alturas em torno de 20 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 uma maior mortalidade dos perfilhos de aveia, em relação ao aparecimento de novos perfilhos, resultando em uma diminuição na densidade total da população, como pode ser verificado na **Figura 4.6**, a partir do final de julho. Segue-se esta redução na densidade de perfilhos 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 4.1.6**) e incremento da superfície com solo descoberto e sujeito a processos erosivos e de compactação superficial do solo (**Figura 4.1**).

Em contraste às áreas intensivamente pastejadas, as áreas sem pastejo apresentam dinâmica bem distinta (**Figura 4.6**). A inexistência de pastejo faz com que a população de perfilhos siga evoluindo positivamente até meados de agosto. No entanto, esta 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 população de perfilhos da 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.

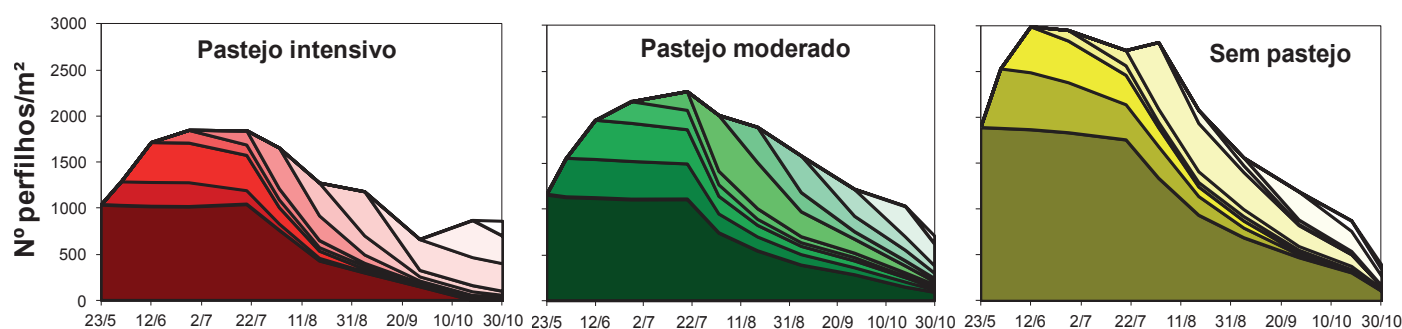


Figura 4.6. Quando a pastagem é submetida ao pastejo intensivo, a redução na população dos perfilhos é significativa e está particularmente relacionada com a mortalidade de perfilhos da aveia preta. Diferentes cores demonstram diferentes gerações de perfilhos e a longevidade de cada geração.

Já em pastejo moderado o que acontece é um meio termo entre o que foi descrito para a situação de pastejo intensivo e a de sem pastejo. Quando os animais

entram em meados de julho, com os pastos em torno de 20 cm de altura, segue-se um pastejo moderado, que reduz 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 um estímulo ao perfilhamento da própria aveia, bem como do azevém que se estabelece nas camadas próximas do solo (**Figura 4.6**). No pastejo moderado a população final maior é mais equilibrada entre perfilhos de aveia e de azevém. Como consequência, o solo permanece sempre coberto e protegido e com maior proporção de perfilhos jovens e ativos, que estão em crescimento e constante renovação 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, aumentando as taxas de aparecimento e alongamento de folhas e, consequentemente, de acúmulo de forragem. Por isso, a produção total de matéria seca (**Figura 4.2**) é maior nos tratamentos com alturas de manejo de 20, 30 e 40 cm. Além disso, perfilhos jovens produzem forragem de melhor valor nutritivo, o que é favorável para a obtenção de bom desempenho animal, além de responder mais à adubação nitrogenada, potencializando o benefício do uso de insumos. Basicamente o que se precisa é assegurar no manejo do pastejo é o equilíbrio entre a mortalidade e o aparecimento de perfilhos, mantendo a estabilidade da população de plantas na área, boa cobertura vegetal e garantir a alta produção

animal. Essas condições são atendidas pelo uso de taxas de lotação moderadas.

4.1.3. Biomassa de raízes

Toda a dinâmica do crescimento dos pastos 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 facilmente visível.

Pois a **Figura 4.7** traz à 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 sem pastejo. 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 predominantes de aveia nas áreas sem pastejo 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 leniente ou sem pastejo praticamente não há renovação da parte aérea e, com isso, não há mais produção e crescimento de raízes.

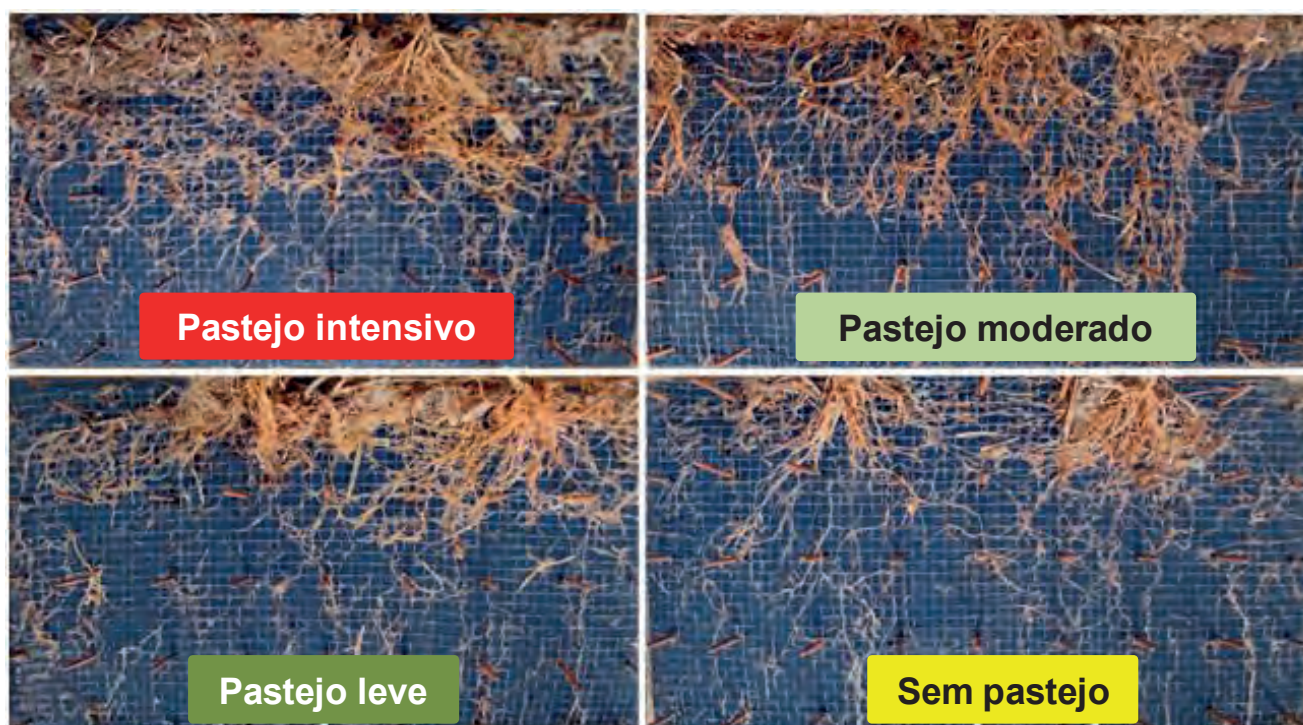


Figura 4.7. Toda vez que a planta é estimulada a produzir uma nova folha, ela também é estimulada a produzir uma nova quantidade de raízes para suprir as necessidades desse perfilho, resultando em maior biomassa radicular com maior intensidade de pastejo.

4.1.4. Ressemeadura natural do azevém

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 em tempo hábil e deixar sementes viáveis, capaz garantir a ressemeadura no ano seguinte. 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 mantém o azevém em ressemeadura natural no sistema (Figura 4.8), sem necessidade de diferimento. Já pastos manejados com altura de 10 cm repõem, exigindo nova semeadura a cada ano.

Altura de manejo do pasto:

10 cm 20 cm 30 cm 40 cm Sem pastejo

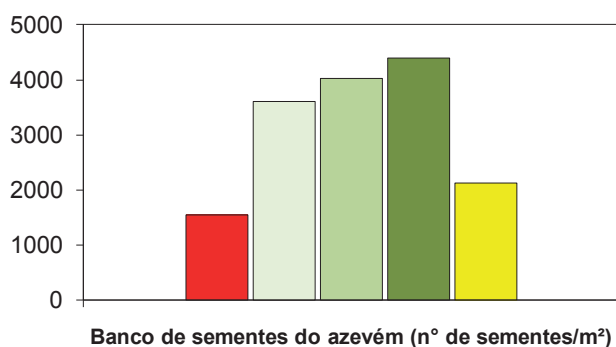


Figura 4.8. As áreas rejeitadas por existência de dejetos ou fenologia avançada, em pastejo moderados a leves, são suficientes para garantir a ressemeadura do azevém para o ano seguinte. Já quando a intensidade de pastejo é elevada, as plantas não conseguem florescer e deixar sementes.

4.1.5. Disponibilidade hídrica

Em sistemas de integração lavoura-pecuária em plantio direto o aporte diferenciado de resíduos do pasto, tanto na superfície (Figura 4.2) como no perfil do solo pelas raízes (Figura 4.7), é definido pela altura de manejo do pasto. Por isso, o controle da intensidade de pastejo é tão importante ao sistema. 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 6.3), aumento os estoques de carbono (Item 6.4), ciclagem de nutrientes (Item 6.6), estado de agregação e quali-

dade do solo (Item 6.5), dentre outros. A cobertura do solo pelos resíduos vegetais (Figura 4.1) 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 (Figura 4.9). Além disso, o pastejo modifica a dinâmica (padrão) de desenvolvimento das raízes e da absorção hídrica em função do desenvolvimento contínuo das pastagens, alterando a eficiência no consumo de água pelas plantas. Os impactos negativos do pastejo intensivo também são observados pela menor umidade do solo, resultando em menor armazenamento hídrico, afetando também o estado hídrico do pasto.

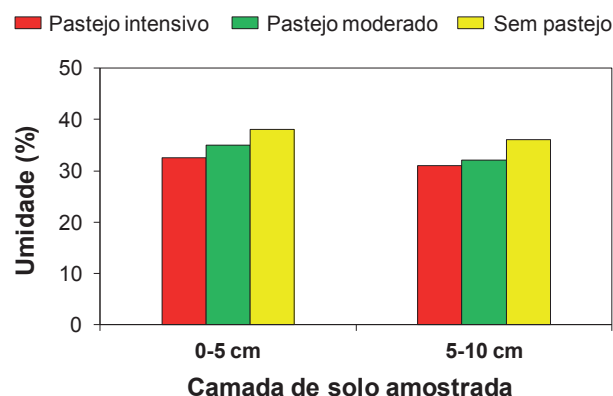


Figura 4.9. A maior cobertura do solo pelos resíduos vegetais também se traduz em maior armazenamento de água nas camadas superficiais do solo.

A manutenção da temperatura nas plantas é realizada pela hidratação; assemelha-se a um "radiador" em um veículo. Uma vez que o solo tenha menos água disponível, a manutenção da temperatura da planta pode ser comprometida. Isso pode acarretar temperaturas foliares mais elevadas, como demonstrado na Figura 4.10.

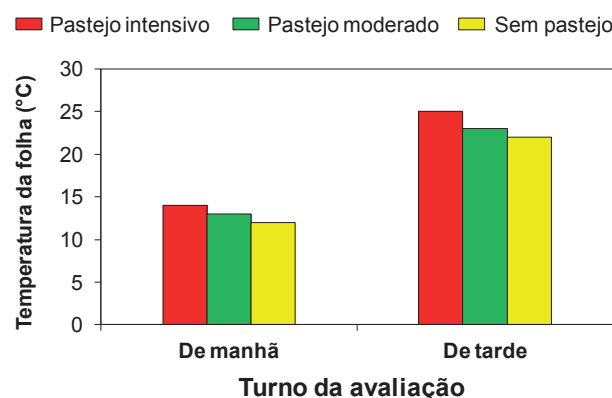


Figura 4.10. Uma vez que o solo tenha menos água disponível, a hidratação da pastagem (medida pela temperatura das folhas, maior temperatura = menor hidratação) pode ser comprometida.

Além dos impactos previamente discutidos, a altura de manejo que constitui o "bom pastejo" (pastejo moderado) é extremamente importante para diminuir o efeito do casco dos animais sobre a estrutura do solo (Item 6.1), 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 4.1, 4.3 e 4.4**). Os resultados demonstram que a presença dos animais, desde que em intensidades de pastejo moderadas, permite a manutenção de quantidades importantes de massa de forragem e de resíduo, protegendo o solo.

4.1.6. Plantas indesejáveis

Na integração lavoura-pecuária o pastejo é um importante mecanismo de controle de plantas indesejáveis e deve ser considerado no controle integrado destas como forma de favorecer o controle em áreas infestadas, bem como o surgimento destas em áreas não infestadas. Quando feito o manejo do pasto com alta intensidade de pastejo comumente se vê a abertura de espaços com exposição do solo que favorece a expressão do banco de sementes de plantas indesejáveis (**Figura 4.11**).

O estabelecimento de uma intensidade de pastejo adequada se apresenta como um importante método de controle de plantas indesejáveis em áreas pastejadas. Assim, por meio de uma moderada intensidade de pastejo, a planta forrageira mantém área foliar suficiente para a produção de perfilhos, raízes, colmos e novas folhas. Ocupando a forrageiras todos os espaços livres, mantém o solo coberto no período de pastejo.

Na avaliação do efeito das intensidades de pastejo sobre a ocorrência de plantas indesejáveis, realizada no inverno de 2014 e apresentado na **Tabela 4.1**, verificamos que com o aumento da intensidade de pastejo também aumenta na ocorrência de plantas indesejáveis. As

intensidades moderadas apresentam baixa infestação de plantas indesejáveis, já o manejo do pasto com 10 cm (alta intensidade) reflete em um aumento expressivo das mesmas.



Figura 4.11. Quando feito o manejo do pasto com alta intensidade de pastejo comumente se vê a abertura de espaços com exposição do solo que favorece a expressão do banco de sementes de plantas indesejáveis.

Tabela 4.1. Com o aumento da intensidade de pastejo também ocorre aumento de plantas indesejáveis na pastagem de inverno

Altura de manejo do pasto	Plantas indesejáveis em 2 m ²
10 cm	42
20 cm	10
30 cm	2
40 cm	1
Sem pastejo	0

4.2. PRODUÇÃO E MANEJO DOS ANIMAIS

A diversificação assume grande importância na lavoura de soja, por ser uma atividade na qual os riscos de estiagem estão particularmente presentes no Rio Grande do Sul. Além disso, os custos crescentes e a flutuação dos preços de venda compõem um cenário de elevado risco. O animal entra, neste caso, como opção para o aumento de renda ao produtor, especialmente quando inserido em um sistema no qual já existem espécies forrageiras apenas para cobertura do solo no inverno.

Entretanto, a adoção do sistema integrado ainda sofre resistências devido ao paradigma estabelecido de que o pastejo dessas áreas prejudicaria a produção da soja em decorrência de uma menor quantidade de palha da cultura de inverno depositada após a saída dos animais e, principalmente, a compactação do solo. Este é o maior receio do produtor de grãos, o que se tem denominado de “a lenda do casco”. Na região do Planalto do Rio Grande do Sul, é comum a afirmação de que áreas sob pastejo produzem cinco sacos de soja a menos quando comparadas a áreas sem pastejo. Por essa razão,

esse é um dos principais focos de estudo do presente experimento. À medida que diferentes alturas de manejo do pasto são mantidas por taxas de lotação variáveis, a carga animal média utilizada aumenta com a diminuição da altura de manejo pretendida (**Figura 4.12**).

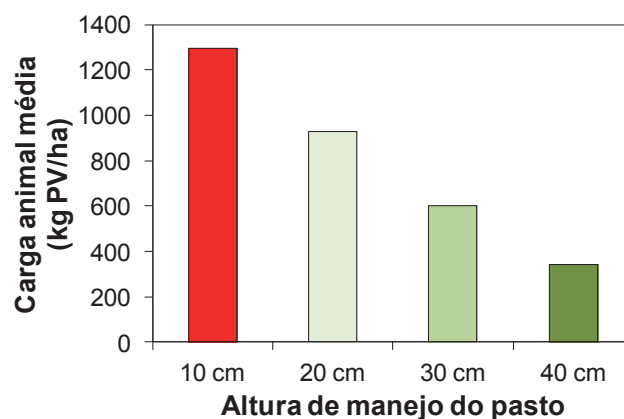


Figura 4.12. Quanto mais animais por área, menor é a altura do pasto e, conseqüentemente, a disponibilidade de alimento. Dados médios de 14 anos.

Como se pode observar, a carga animal (peso vivo – PV) aplicada tem sido da ordem de 1297 kg de PV/ha para manter a pastagem em torno de 10 cm, e de 928, 601 e 342 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, 4,5; 3,0; 2,0 e 1,0 animais/ha (novilhos jovens na categoria dente de leite, com $\pm$ 300 kg de PV). Cabe ressaltar que a carga animal e a taxa de lotação são reflexos das taxas de acúmulo que os pastos apresentam. Em situações onde a pastagem sucede a lavoura de soja, ou seja, em solos 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 médio de 75 kg N/ha (ou aproximadamente 160 kg de ureia/ha). Para manter as mesmas alturas em pastos que não recebem adubação nitrogenada, serão utilizadas cargas animais inferiores, pois a taxa de crescimento do pasto será menor. Essa situação é bastante comum em pastagens que sucedem culturas, pois se imagina que a pastagem deva se beneficiar da adubação residual da lavoura, o que acaba limitando o potencial de crescimento do pasto, tendo em vista que muitos nutrientes foram exportados do solo via grão na etapa anterior. Por outro lado, se o nível de adubação nitrogenada for superior, a carga animal também será maior, pois a taxa de acúmulo aumenta em pastos com adequadas condições de fertilidade. Desse modo, além de possibilitar o pleno desenvolvimento do pasto, este N que estará sendo aplicado após a exportação de nutrientes do sistema (colheita) passará a ser ciclado pelos animais, favorecendo o sistema como um todo.

É importante ressaltar que as médias apresentadas na **Figura 4.12** 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 resulta em um sincronismo do aumento do crescimento de pasto com o aumento do consumo de forragem pelos animais.

Ainda com relação à carga animal utilizada, a amplitude entre 342 e 1.297 kg de PV/ha refletem, em última análise, uma decisão de manejo, isto é, uma decisão do produtor. De forma geral, os produtores, quando manejam os pastos, acabam por utilizar elevadas intensidade de pastejo, imaginando que pastos mais baixos

resultam em melhor aproveitamento: um equívoco clássico. Eis que as possibilidades de ocorrência de compactação não são as mesmas dentre tal amplitude de cargas. Isto conduz a importante constatação de que não são os animais que compactam o solo, mas sim a definição das intensidades de pastejo empregadas. Nesse sentido, a opção pela manutenção de alturas baixas leva a condições de superpastejo, como será apresentado adiante (**Item 6.1**). Além disso, a carga e a produção animal para manter cada altura média de manejo do pasto pretendida (10, 20, 30 ou 40 cm) também possuem muitas implicações na produção, no manejo e no comportamento dos animais, como abordado nos itens a seguir.

4.2.1. Deslocamento dos animais e heterogeneidade da pastagem

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 4.13**).

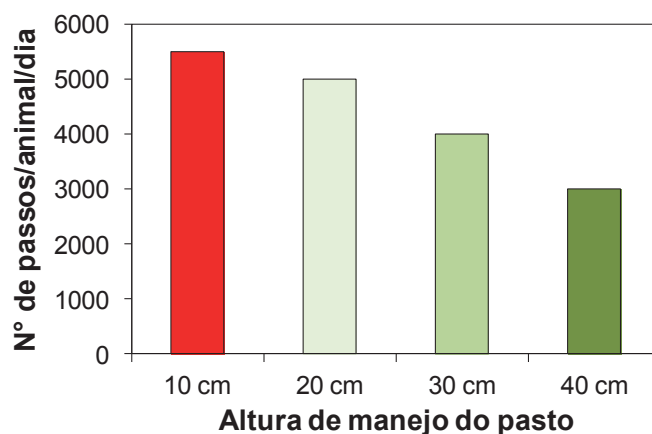


Figura 4.13. Quanto maior a altura do pasto, menos os animais precisam deslocar-se em busca do alimento. Dados do inverno de 2005.

As observações sobre o comportamento ingestivo dos animais em pastejo indicaram que, enquanto os animais que pastejam pastos com altura de manejo de 40 cm registram cerca de 3000 passos ao longo do dia, aqueles animais que estão em alturas de manejo de 10 cm de pasto chegam a caminhar quase o dobro na busca pela forragem escassa (**Figura 4.13**). Isto significa que, em situações de escassez de pasto, os animais não somente caminham mais, mas também pastejam por mais tempo a fim de suprir sua necessidade de consumo. É possível entender a situação do animal ao visualizarmos

a **Figura 4.14**, que retrata a distribuição espacial das alturas do pasto dentro dos tratamentos. Em maiores alturas de manejo, além da superior oferta de forragem, maior também é a heterogeneidade espacial do pasto. Isto possibilita ao animal selecionar sua refeição com mais qualidade e eficiência, reduzindo a necessidade de caminhar em busca de alimento, logo o tempo de pastejo total e, consequentemente, gastando menos energia. 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, têm-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 chega a ser quatro vezes maior, quando se utiliza intensidades de pastejo altas.

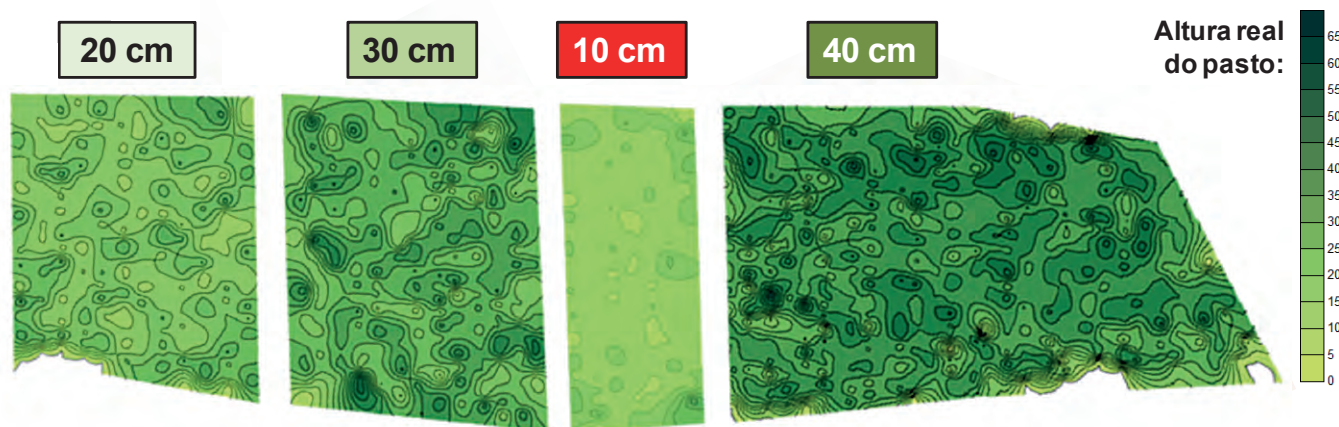


Figura 4.14. Em maiores alturas de manejo, além da superior oferta de forragem, maior também é a heterogeneidade espacial do pasto. Isto possibilita ao animal selecionar sua refeição com mais qualidade e eficiência, reduzindo a necessidade de caminhar em busca de alimento, o tempo de pastejo total e, consequentemente, o gasto de energia.

4.2.2. Distribuição espacial do esterco

Como foi visto anteriormente, a heterogeneidade espacial criada pelos animais ocorre não somente entre as diferentes alturas de manejo preconizadas, mas também dentro de cada tratamento (**Figura 4.14**). O animal em pastejo impõe heterogeneidade no espaço e no tempo, variabilidade esta que irá afetar os indicadores de fertilidade do solo, que afetarão, por sua vez, as recomendações de adubação, o rendimento da soja e o sistema como um todo. Nesse sentido, em 2010, a partir da amostragem georreferenciada da distribuição das placas de fezes dos bovinos, 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 4.15**) distribuídos preferencialmente próximos às cercas e aguadas (**Figura 4.16**). Em média, as placas de esterco apresentam uma área de 0,038 m², sem diferença entre os diferentes manejos. Da mesma forma, não há variação também do peso fresco das placas de esterco, sendo, em média 1,12 kg.

Essa distribuição diferenciada 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 dos fluxos de nutrientes, bem como na sua natureza e magnitude, modificando o funcionamento do sistema. Além disso, as

áreas de solo cobertas com a presença de placas de esterco apresentam maiores teores de nutrientes como o fósforo e o potássio, conforme apresentado na **Figura 4.17**. Esse resultado era esperado uma vez que os nutrientes são ciclados (**Item 6.6**) e retornados via as fezes dos animais de maneira concentrada. Para o potássio, o aumento foi de aproximadamente 122% (238 mg/dm³) em relação à área sem esterco, enquanto para o fósforo foi de 38% (3 mg/dm³).

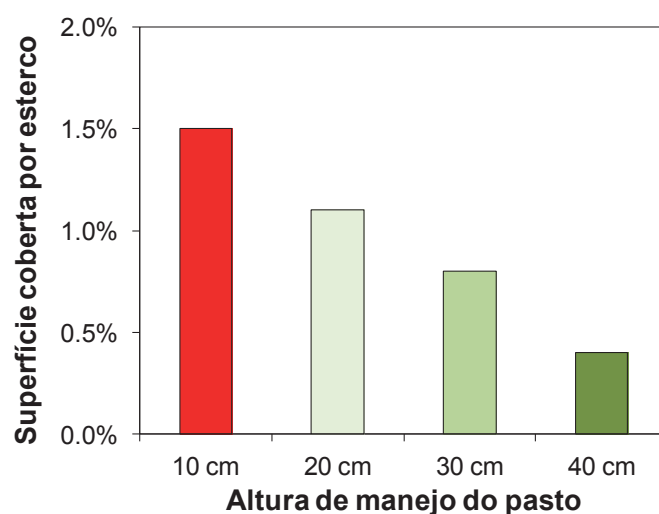


Figura 4.15. A superfície do solo coberta com placas de esterco varia conforme a altura de manejo do pasto, aumentando até 1,5% com o pasto manejado a 10 cm.

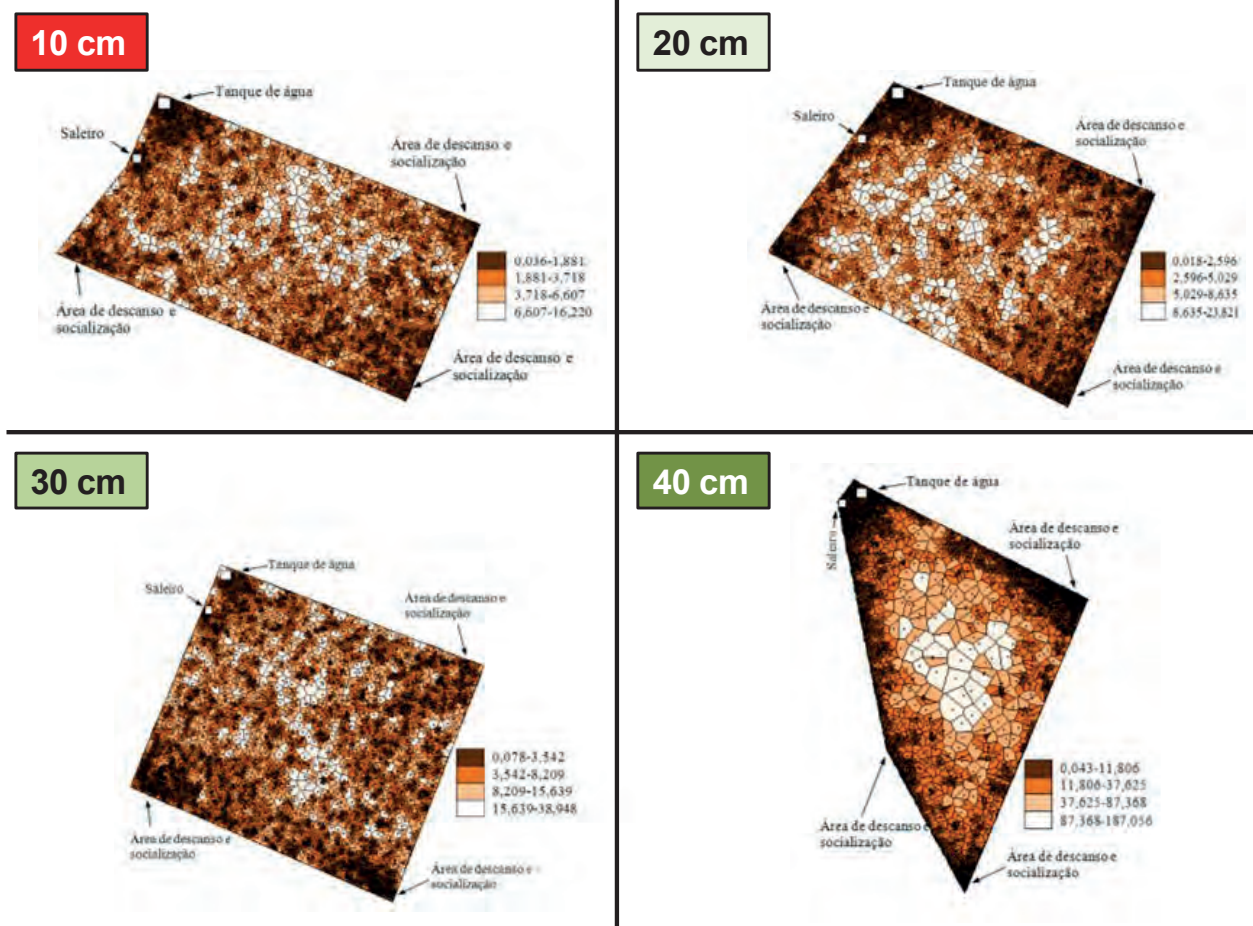


Figura 4.16. Distribuição de placas de esterco nas diferentes alturas de manejo dos animais ao final do ciclo de pastejo de 2011 (quanto mais escura a área, mais deposição de esterco). A deposição ocorre principalmente próxima às cercas e aos tanques de água.

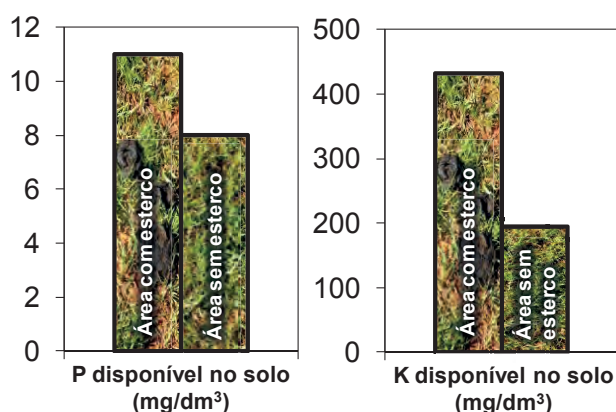


Figura 4.17. As áreas de solo cobertas por placas de esterco apresentam maiores teores de nutrientes.

4.2.3. Ganho de peso

O ganho de peso médio diário varia entre 0,813 e 1,103 kg/animal/dia com o aumento da altura de manejo do pasto (**Figura 4.18**). Como se pode verificar, esses 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 25mil, 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 necessitam. 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. Além disso, ao longo da fase pastagem os perfilhos que vão predominando são aqueles florescidos ou induzidos ao florescimento. Assim, maior a dispersão das lâminas foliares no perfil do pasto, a massa proporcional de lâminas foliares diminui, e aumenta a dificuldade do animal em colhê-las a cada bocado. Entre as alturas de manejo acima de 20 cm, o consumo de nutrientes acaba se equivalendo.

Os ganhos de peso acima de 1 kg/dia refletem a capacidade potencial do pasto e da genética dos animais utilizados, pois os mesmos somente têm a sua disposição pasto e sal mineral. No caso do planejamento de sistemas integrados, é importante frisar que, na média dos 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 po-

de, 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.

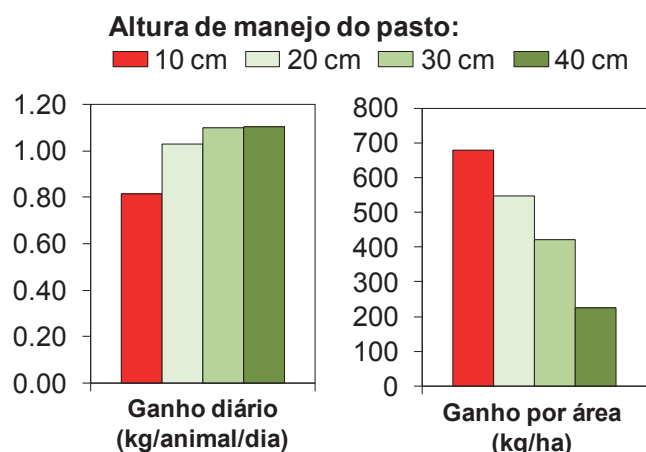


Figura 4.18. O ganho de peso médio diário é menor no pastejo intensivo e equivalente entre os demais. Já o ganho de peso por área é inversamente proporcional às alturas de manejo do pasto.

O ganho de peso vivo por área é inversamente proporcional às alturas de manejo do pasto (**Figura 4.18**). 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 é o reflexo direto da carga animal utilizada nos diferentes manejos (**Figura 4.12**). Em última análise, o aumento da taxa de lotação (de 1 para 4,5) 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 4.18**. 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.

4.2.4. Qualidade da carcaça

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. Essa avaliação mostrou que animais terminados entre os 12-14 meses são mais eficientes no aproveitamento do pasto do que aqueles terminados com 24 me-

ses, 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.

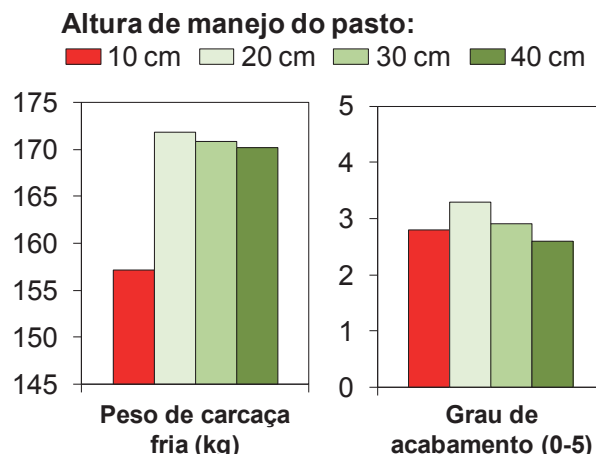
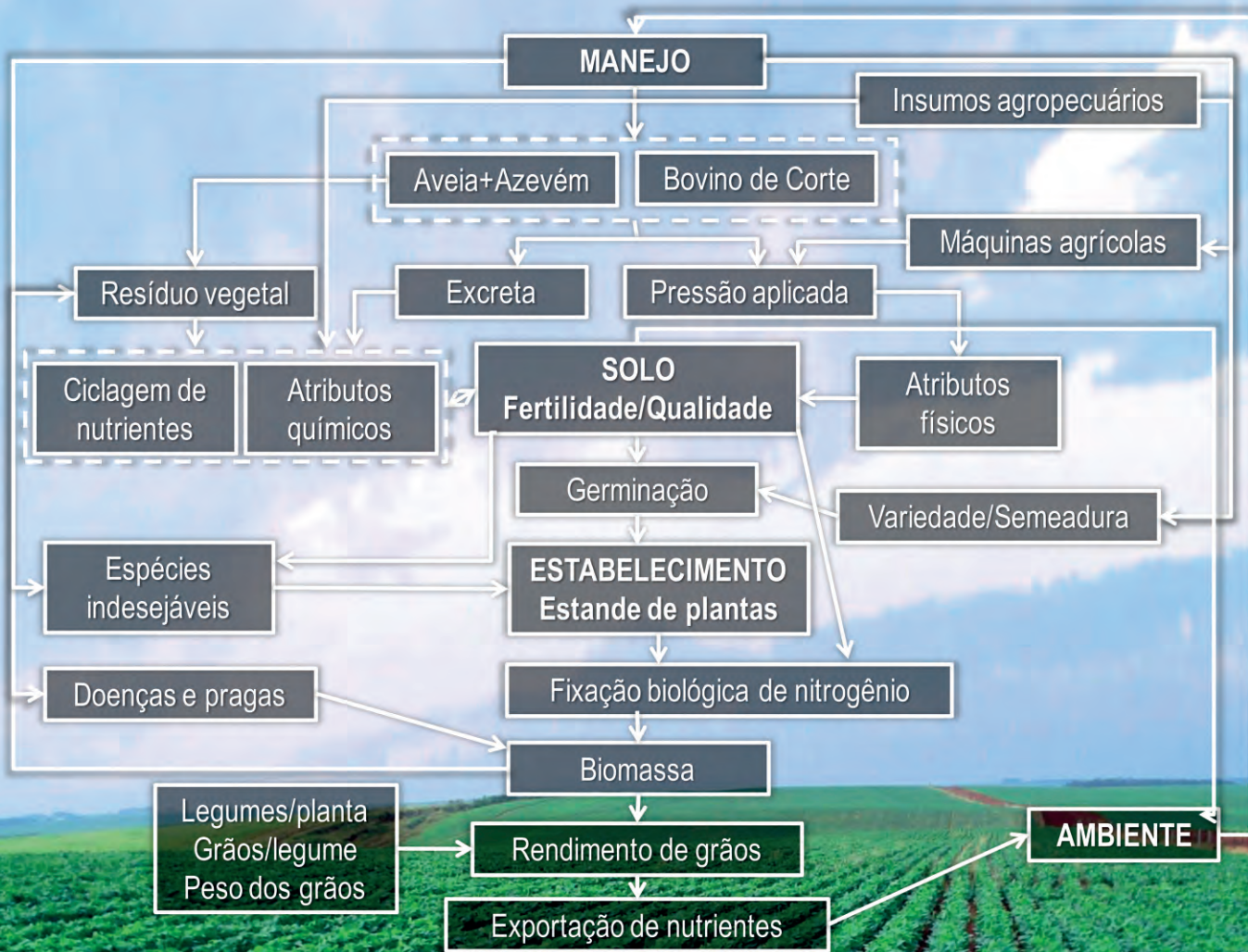


Figura 4.19. O peso da carcaça fria acima de 170 kg e o grau de acabamento 3,0 foi obtido no pastejo moderado. O grau de acabamento 3,25 (obtido no pastejo com altura de 20 cm) tem grande importância, pois é uma indicação de maciez da carne.

Essas avaliações foram feitas em 2003, 2005 e 2008, em carcaças de animais com cerca de 14 meses, com dietas exclusivamente a pasto. Observa-se, na **Figura 4.19**, que o peso da carcaça fria acima de 170 kg e o grau de acabamento 3,0, foi obtido em pastejos moderados (20 e 30 cm de altura do pasto). Em situações de deposição de gordura de cobertura abaixo dos 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. Pastos manejados na altura de 10 cm não alcançaram o peso de abate ao final da fase pastagem, sendo de aproximadamente 300 kg, ainda com um grau de acabamento inferior ao de 3,0 mm. Isto significa que estes animais não podem ser vendidos diretamente para o abate, e ainda seguem ocupando espaço na propriedade, em pastagens de verão, por exemplo, ou ainda podem ser vendidos para terminação, com remuneração normalmente abaixo do valor pago para animais vendidos ao abate.

5 FASE SOJA

Taise R. Kunrath, Amanda P. Martins, Sérgio Ely V. G. de A. Costa, João de A. Bonetti, Maurício Z. Schuster, Francine D. da Silva, Christian Bredemeier, Telmo J. C. Amado, Armindo Barth Neto, Ibanor Anghinoni e Paulo César de F. Carvalho.



5. FASE SOJA

O principal entrave para a adoção do sistema de integração da soja com a pecuária na região do Planalto do Rio Grande do Sul, conforme enfatizado anteriormente, é o pretensão impacto negativo do pastejo no rendimento de grãos da lavoura em sucessão, em particular o efeito do pisoteio animal (**"lenda do casco"**). Nos sistemas integrados, conforme discutido no **Item 4**, atenção especial deve ser dada à altura de manejo do pasto (intensidade de pastejo), que é controlada pela carga animal.

5.1. POPULAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

Para a obtenção de rendimentos elevados de grãos, a fase de estabelecimento das plantas na lavoura é importante, pois determinará o número de plantas e a sua distribuição na área. Isto influenciará a estrutura das plantas, o desenvolvimento de ramos, o manejo das plantas daninhas e das doenças. Os resultados indicam que a população inicial de plantas de soja é diferente entre intensidades de pastejo, aumentando três plantas para cada 10 cm de aumento na altura de manejo do pasto. As médias dos tratamentos variaram entre 38 e 45 plantas/m², sempre com menores valores para as áreas com pastejo intensivo.

O desenvolvimento vegetativo da soja é importante para a produção de grãos, sendo necessário um período entre 50 e 55 dias para que a planta esteja morfológicamente preparada, com relação ao número de nós no caule e ramos. Em relação a esse parâmetro, um estudo foi realizado em 2010 para quantificar o acúmulo de massa seca da parte aérea. Os resultados indicaram que as áreas que foram manejadas no inverno com altura de 10 cm apresentam resultados inferiores às áreas manejadas com 20, 30, 40 cm de altura do pasto e área sem pastejo (**Figura 5.1**).

Enquanto as plantas de soja das áreas onde o pastejo é intensivo (10 cm) acumularam 89 kg de massa seca (MS) por ha por dia, as plantas das demais áreas acumularam cerca de 30% mais massa seca (114 kg de MS/ha por dia). Essa diferença implica em menor aparato

O presente capítulo apresenta as principais implicações que o manejo do pasto durante o inverno (fase pastagem) traz para a fase lavoura (soja) do sistema, em parâmetros tais como a população e o desenvolvimento das plantas de soja (**Item 5.1**), sua nodulação e nutrição (**Item 5.2**), ocorrência de plantas indesejáveis (**Item 5.3**), disponibilidade hídrica e parâmetros fisiológicos (**Item 5.4**), componentes de rendimento (**Item 5.5**), produção final da lavoura de soja (rendimento de grãos) (**Item 5.6**), finalizando com a resposta à calagem (**Item 5.7**).

foto-sintético e menor número de nós por planta para essas áreas, podendo diminuir a sua produtividade (**Figura 5.1**). O menor desenvolvimento das plantas de soja cultivadas em sucessão ao pastejo intensivo é visual e pôde ser observado na maioria das safras ao longo dos anos do experimento, como ocorreu na safra 2014/15 (**Figura 5.2**). Essa dinâmica interfere diretamente na ocorrência de plantas indesejáveis (**Item 5.3**).

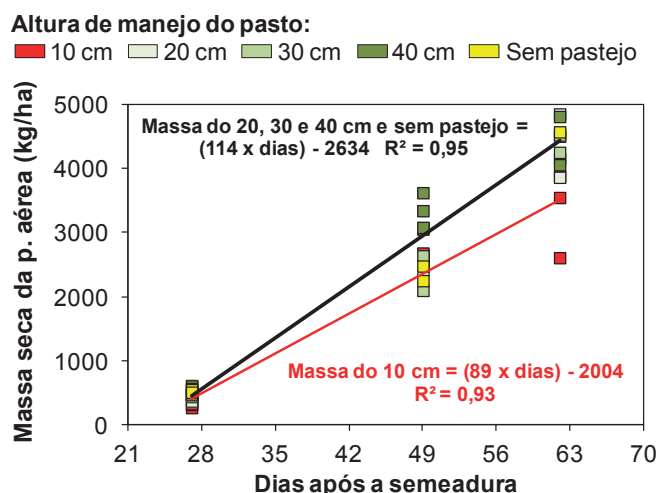


Figura 5.1. As áreas manejadas durante o inverno com alturas do pasto de 10 cm apresentam menor acúmulo de massa seca aérea em relação a áreas manejadas com 20, 30, 40 cm de altura e a área sem pastejo.



Figura 5.2. Quanto maior a intensidade de pastejo utilizada no inverno (menor altura de manejo do pasto), menor é o desenvolvimento inicial das plantas da soja cultivada em sucessão, e maior o tempo para ocorrer o fechamento e o sombreamento da entrelinha. Fotos da safra 2014/15, aos 38 dias após a semeadura da soja.

5.2. NODULAÇÃO E NUTRIÇÃO

Estima-se que entre 65 e 85% da demanda de nitrogênio da soja seja suprida pela fixação biológica de nitrogênio, e os restantes 15 a 35% pelo solo, por meio da mineralização da matéria e dos resíduos orgânicos do solo. Com isso, destaca-se a importância, para a nutrição da soja, de inoculação eficiente que vise favorecer a atividade do rizóbio e a fixação biológica do nitrogênio. Assim, após dez anos de implantação do experimento, um estudo a respeito da nodulação e nutrição das plantas foi realizado para verificar se os diferentes manejos influenciavam nesses aspectos da cultura da soja.

Verificou-se que a massa total de nódulos por planta não é diferente entre as áreas pastejadas com manejo menos intensivo e sem pastejo, porém, nas áreas com pastejo intensivo houve maior massa do nódulo do que nas áreas não pastejadas (**Figura 5.3**), apresentando médias de 4,0 e 2,3 mg por nódulo (respectivamente, 10 cm e sem pastejo). O número de nódulos por planta é inversamente relacionado com a massa do nódulo, isto é, quando aumenta o número de nódulos diminui a massa de cada um desses nódulos. A correlação entre o número e a massa de nódulos por planta indicam a existência de equilíbrio de investimento energético da planta na relação entre essas duas variáveis, mantendo semelhante massa total de nódulos por planta, resultado que foi observado também nesse experimento.

Apesar da menor massa dos nódulos individuais nas áreas manejadas com maior altura (**Figura 5.3**), não foi evidenciado déficit de nitrogênio, pois em todos os manejos houve adequada nutrição de nitrogênio para as plantas. Os teores deste nutriente nas plantas, avaliados na safra 2010/11, foram semelhantes entre as áreas

pastejadas e sem pastejo, com médias variando entre 35 e 41 g/kg para o manejo de 10 e 30 cm, respectivamente.

Além disso, a nutrição dos dois outros principais macronutrientes (fósforo e potássio) também não é afetada pelos diferentes manejos. Porém, assim como ocorre no compartimento solo (**Item 4.2.2**), as plantas de soja que crescem em áreas com deposição de esterco apresentam maiores teores de fósforo e potássio na sua parte aérea (1,4 para 1,7 g P/kg e 18,3 para 25,9 g K/kg, no estágio R2). Já a nutrição em relação ao nitrogênio também não sofre influência pela presença do esterco, pela eficiência do fornecimento desse nutriente pela simbiose com o rizóbio que ocorre nos nódulos.

Altura de manejo do pasto:

■ 10 cm ■ 20 cm ■ 30 cm ■ 40 cm ■ Sem pastejo

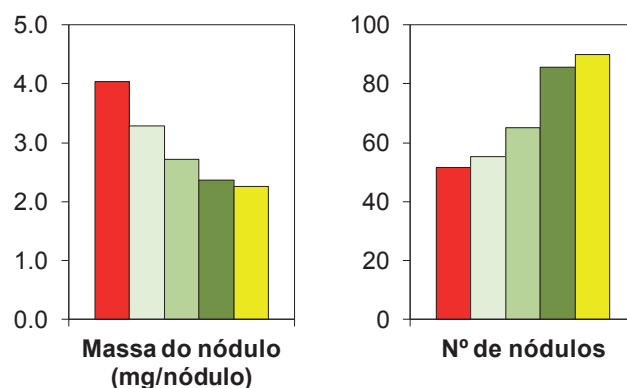


Figura 5.3. Massa e número de nódulos: quando um aumenta, o outro diminui; assim, é mantida uma mesma massa total de nódulos por planta.

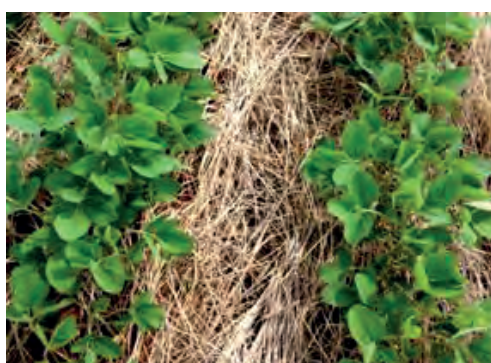
5.3. OCORRÊNCIA DE PLANTAS INDESEJÁVEIS

A ocorrência de plantas indesejáveis na lavoura de soja após o pastejo está intimamente ligada à altura de manejo do pasto. Isto porque, à medida que aumenta a intensidade de pastejo, diminui a cobertura do solo (**Fi-**

gura 5.4), o que pode levar a perda da capacidade competitiva da soja em relação às plantas indesejáveis, quando não controladas, podendo chegar ao ponto de diminuição da produtividade.



Pastejo intensivo



Pastejo moderado

Figura 5.4.

A ocorrência de plantas indesejáveis na entrelinha da soja (fotos da safra 2014/15) em sucessão a altas intensidades de pastejo é maior, pois a altura de manejo do pasto durante o inverno tem impacto direto na cobertura do solo e emergência dessas plantas.

A avaliação desse efeito na ocorrência das plantas indesejáveis foi realizada na safra 2010/11 (27 dias após a semeadura), utilizando-se uma escala com variação de zero a cinco, onde cada unidade da escala representava 20% da área coberta por essas plantas. Os resultados indicam a quase absoluta ausência de invasoras na área sem pastejo, cuja ocorrência aumenta linearmente com a intensidade de pastejo, chegando a 30 % de ocorrência no pastejo mais intenso (**Figura 5.5**).

Em avaliação realizada mais recentemente (safra 2014/15), se calculou o número médio de plantas indesejáveis por área (m^2), verificando-se que intensidades de pastejo menos intensivas, por proporcionarem manutenção de resíduo de forragem (palhada) satisfatório para manter o solo coberto (**Figura 5.4**), inibiu a expressão do banco de sementes de plantas indesejáveis (**Figura 5.5**). Apesar disso, a maior ocorrência dessas plantas nas áreas de pastejo intensivo parece não estar interferindo no rendimento final de grãos da cultura da soja, conforme será abordado posteriormente (**Item 5.6**).

5.4. DISPONIBILIDADE HÍDRICA E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

A disponibilidade hídrica vem sendo fator determinante do crescimento e desenvolvimento da soja no experimento, tanto entre anos como entre os manejos. Porém, conforme apresentado no **Item 5.6**, em anos de precipitação normal ou acima da média, diferenças na produtividade entre tratamentos não vêm sendo observadas. Já em anos de seca (como foi o caso da safra 2011/12), as diferenças tendem a aparecer. Assim, buscou-se avaliar a disponibilidade hídrica e parâmetros fisiológicos em duas safras distintas: 2011/12, com severo déficit hídrico e precipitação de apenas 330 mm; e 2014/15, com boa ocorrência de chuvas e precipitação de 730 mm, um pouco acima da normal climatológica.

Verificou-se que a umidade do solo nas camadas superficiais, durante o ciclo da soja, é bastante afetada pela intensidade de pastejo utilizada no inverno, sobretudo em anos de déficit hídrico (**Figura 5.6**). Assim como na pastagem (**Item 4.1.5**), a umidade do solo é maior quanto menor é a intensidade de pastejo. No caso do pastejo intensivo, a camada superficial do solo (0-5 cm) na safra 2011/12 apresentou umidade muito baixa, pois o valor médio ficou abaixo do ponto considerado de ponto de murcha permanente da planta, que é de 24% para o solo do experimento. Por outro lado, a área sem pastejo ficou com umidade média, na camada subsuperficial (5-10 cm) de 32%, próximo ao valor correspondente ao preenchimento de todos os microporos do solo com água (capacidade de campo = 38%). Em anos de boa ocorrência de chuvas (safra 2014/15), os valores tendem a ficarem mais semelhantes, mas mantêm o mesmo padrão (**Figura 5.6**).

Altura de manejo do pasto:

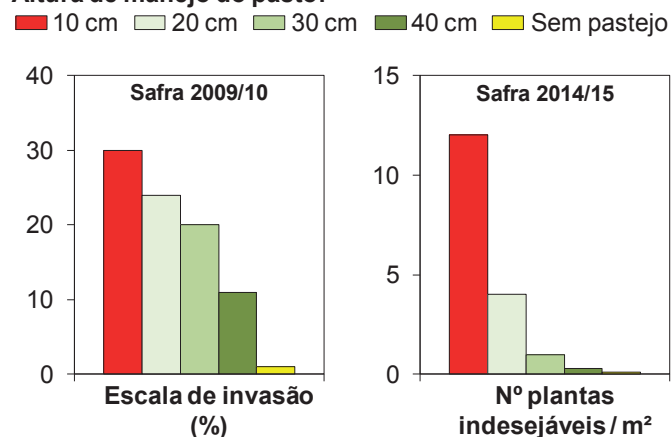


Figura 5.5. Medidas de escala de invasão (em %) ou números absolutos (plantas/ m^2) indicam a mesma tendência: quanto maior a intensidade de pastejo, maior a presença de plantas indesejáveis.

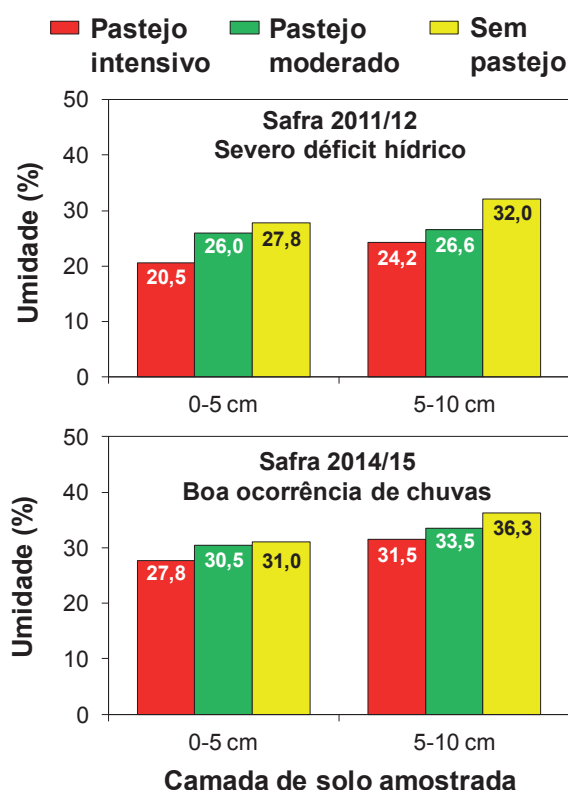


Figura 5.6. A intensidade de pastejo tem grande influência na umidade do solo durante o ciclo da soja, sendo essas diferenças ainda maiores e podendo afetar o rendimento de grãos em anos de déficit hídrico.

Novamente, assim como no pasto (**Item 4.1.5**), a hidratação das folhas de soja, medida pela temperatura das folhas, foi menor nas áreas de pastejo intensivo (**Figura 5.7**). É importante ressaltar que, para esse parâmetro, poucos décimos de diferença já se refletem em grandes distúrbios para as plantas. O comportamento

observado é reflexo claro da menor disponibilidade hídrica desse manejo (**Figura 5.8**). Outro ponto a se destacar é a diferença de temperatura das folhas de uma safra para a outra (valores bem superiores na safra com déficit hídrico) e a menor diferença entre tratamentos quando a safra tem boa ocorrência de chuvas (**Figura 5.6**).

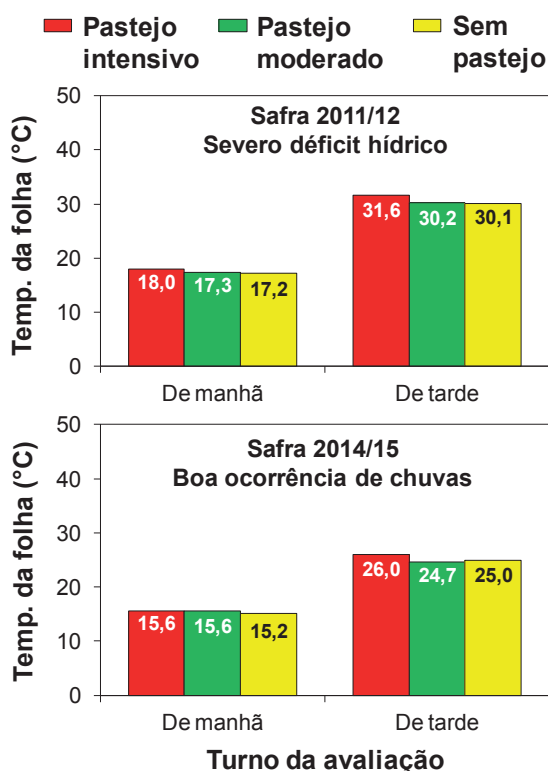


Figura 5.7. Como no pasto, a hidratação da soja (medida pela temperatura da folha) foi menor nas áreas de pastejo intensivo, sobretudo em anos de déficit hídrico.

5.5. COMPONENTES DE RENDIMENTO

Diversos componentes são avaliados para quantificar o rendimento de grãos da cultura da soja. Os componentes primários do rendimento da soja são o número de plantas por área, o número de legumes por planta (ou área), o número de grãos por legume e o peso do grão. Vários destes componentes de rendimento são afetados pelas diferentes intensidades de pastejo. A população final de plantas aumenta com a intensidade de pastejo, variando entre 35 e 41 plantas/m², respectivamente, para o sem pastejo e o pastejo intensivo (10 cm). Dentre os componentes de rendimento, nenhum apresentou diferença entre as alturas de manejo do pasto. O número de legumes por planta apresentou média de 35, o número de grãos por planta de 72 e de grãos por legume de 2,1. Para a massa de 1000 grãos, a média foi de 133,7 g. Apesar disso, o número de grãos por área é diferente (**Figura 5.9**).

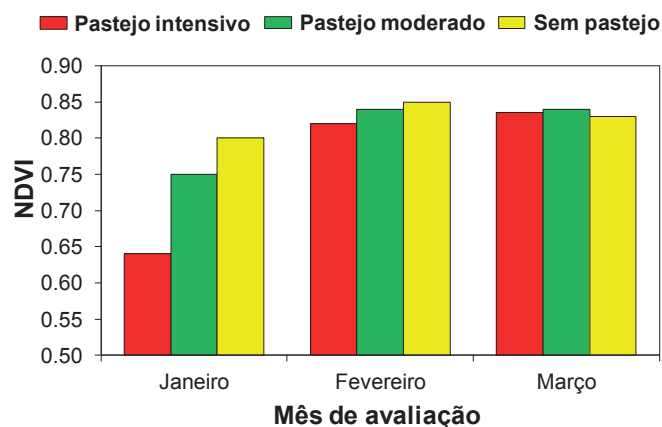


Figura 5.8. O NDVI (avaliado na safra 2014/15) é diferente entre os manejos no início do desenvolvimento da soja, mas ao final do ciclo se equivalem, resultando em rendimento de grãos similares.

Por fim, outra medida fisiológica que foi utilizada na safra 2014/15 com resultados promissores para estudos futuros é o NDVI (sigla em inglês para índice de vegetação da diferença normalizada), que consiste na diferença entre as refletâncias do infravermelho próximo e do vermelho, que se relaciona com características como índice de área foliar, biomassa vegetal, produtividade e atividade fotossintética. Os resultados demonstram grande discrepância entre os manejos no início do desenvolvimento da soja, que evolui para uma igualdade ao final do ciclo. Esses resultados estão de acordo com os relatados nos itens anteriores, demonstrando que os manejos interferem no “arranque” da soja (**Itens 5.1 e 5.3**), mas, ao final do ciclo, se equivalem.

Altura de manejo do pasto:
 10 cm 20 cm 30 cm
 40 cm Sem pastejo

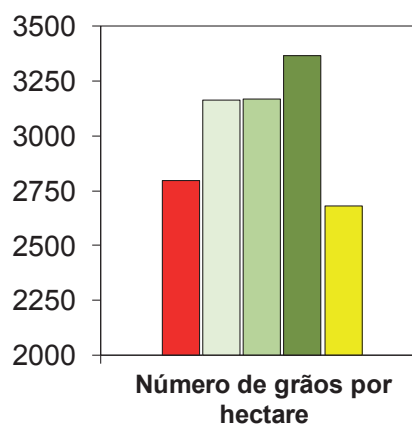


Figura 5.9. O pastejo de intensidade leve e moderada (40, 30 e 20 cm de altura de manejo da pastagem) apresenta maior número de grãos por área.

Assim, como para a nutrição das plantas, na comparação das áreas com e sem deposição de esterco,

observa-se diferenças apenas no número de legumes por planta. As áreas com deposição apresentaram 43 legu-

mes por planta enquanto as áreas sem deposição de esterco apresentaram 36 legumes por planta.

5.6. RENDIMENTO DE GRÃOS

Na avaliação conjunta dos rendimentos de grãos de soja a partir da instalação do experimento (**Tabela 5.1**), verifica-se que os mesmos não foram afetados pela intensidade de pastejo na grande maioria das safras. Isto, apesar das diferenças nas quantidades de resíduos do pastejo (**Item 4.1**), da infestação de plantas indesejáveis (**Item 5.3**), das características e propriedades físicas, hídras, químicas, biológicas, bioquímicas, de manejo e de funcionamento do solo (**Itens 6.1 a 6.6**), e da ciclagem de nutrientes (**Item 6.7**). Entretanto, os rendimentos foram muito variáveis entre anos (>30%), decorrente das condições meteorológicas, essencialmente o déficit hídrico. Essa é a razão para explicar a redução de rendimento com a intensidade de pastejo, ocorrida em algumas das safras (**Tabela 5.1**). A semeadura da soja em condições de baixa umidade do solo prejudica a ação das hastes sulcadoras em profundidade, especialmente no pastejo mais intenso. Nessas condições, a ação dos sulcadores expõe as sementes a condições adversas de temperatura e umidade do solo, potencializando os efeitos do pisoteio e dificultando a germinação e estabelecimento, se refletindo no estande e rendimento de grãos. Nas demais safras isso não mais ocorreu, uma vez que a regulação foi ajustada e as sementes, após depositadas no sulco de semeadura, foram cobertas de maneira a não prejudicar sua germinação.

Não houve diferenças entre tratamentos de manejo do pasto nas situações de estresse acentuado ocorridas em 2004/05, 2005/06 e, especialmente, em 2011/12 (**Tabela 5.1**). Em condições meteorológicas favoráveis no restante das safras, a produtividade média das áreas pastejadas foi de 3,29 t/ha e, na última safra (2014/15), de 3,54 t/ha. Tais produtividades são superiores à média da região e do Estado. Apesar das características mais

favoráveis anteriormente citadas, os pastejos moderados não resultaram em maior produtividade de grãos de soja. Uma questão a ser levada em conta é a época de semeadura da soja que, nos anos iniciais, ocorreu na primeira quinzena de dezembro e, nos anos recentes, na segunda quinzena de novembro (**Item 3.3**). Não obstante o rendimento da soja no experimento ser superior à média da região (**Item 8**), essa questão deve demandar atenção, mesmo que tenha que se considerar que em sistemas integrados o foco não seja maximizar a produção de cada componente individual, mas almejar equilíbrio entre componentes para maximizar o resultado final econômico e de sustentação do processo produtivo (**Item 8**).

Tabela 5.1. O rendimento de grãos da soja não é afetado pela intensidade de pastejo na grande maioria das safras ao longo dos quinze anos de experimento.

Safra	Rendimento de grãos da soja (t/ha)				
	Altura de manejo do pasto				Sem pastejo
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	
2001/02	2,47	2,58	3,13	3,58	3,63
2002/03	3,70	3,81	3,45	3,68	4,05
2004/05	1,29	1,30	1,19	1,31	1,20
2005/06	1,85	2,03	1,66	1,92	1,70
2006/07	3,55	3,53	3,41	3,74	3,71
2007/08	3,33	2,56	2,48	2,83	2,65
2009/10	3,27	3,30	3,49	3,57	3,44
2010/11	3,27	3,16	3,04	2,94	3,09
2011/12	0,28	0,25	0,31	0,30	0,45
2012/13	3,24	3,12	2,83	2,81	2,84
2013/14	3,44	3,49	3,44	3,36	3,31
2014/15	3,67	3,33	3,27	3,65	4,08
Média	2,78	2,71	2,64	2,81	2,85
V.R.*	98%	95%	93%	99%	100%

* V.R. = Valor relativo ao sistema com plantas de cobertura (sem pastejo). As safras 2003/04 e 2008/09 não puderam ser amostradas.

5.7. RESPOSTA À CALAGEM

Nos últimos anos, muitas pesquisas vêm demonstrando que, em sistema plantio direto consolidado (> 15-20 anos), há pouca ou nenhuma resposta das culturas à calagem, pelo tamponamento do pH, devido à decomposição de resíduos que leva à complexação do alumínio, tanto na fase sólida como líquida do solo. Essa situação foi verificada no experimento em um estudo que começou a ser desenvolvido em maio de 2010, com a reaplicação superficial do calcário em subparcelas de 20 x 30 m (**Item 3.4**). Assim, nas safras de 2010/11 a 2012/13, o rendimento de grãos nas áreas com e sem a reaplicação de calcário foi analisado (**Figura 5.10**). Esse período correspondeu a cerca de 20 anos de plantio direto na

área (desde 1993) e corroboraram com os resultados obtidos em outras áreas de plantio direto de longo prazo.

Nota-se que os valores de pH do solo na camada de 0-10 cm variaram bastante (de 4,2 na safra 2010/11, a 5,9 na safra 2011/12), inclusive dentro de cada safra, resultado das áreas com e sem calagem (cada manejo possui dois "pontos" em cada safra, um de pH maior e outro de pH menor que correspondem às áreas com e sem reaplicação de calcário, respectivamente). Porém, a variação no rendimento de grãos foi mínima dentro de cada safra e demonstrou ter pouca ou nenhuma relação com o pH do solo (ou de qualquer outro atributo de acidez, também mensurado nesse estudo) (**Figura 5.10**).

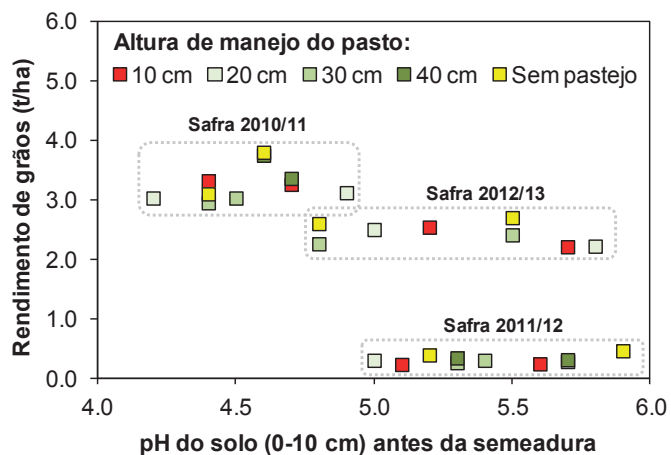
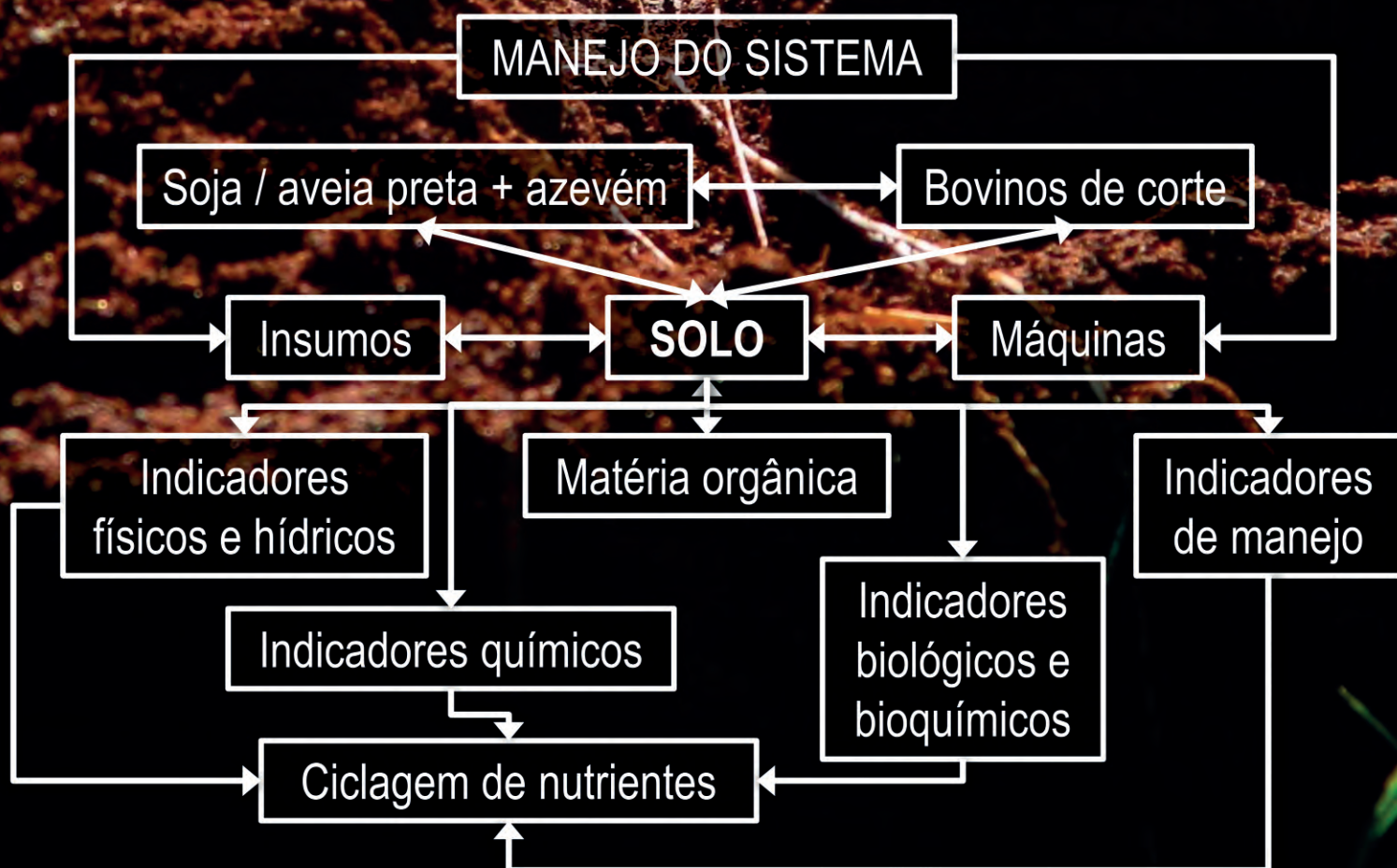


Figura 5.10. Independentemente da safra analisada, o aumento do pH do solo (ou a melhoria de qualquer outro atributo de acidez do solo) propiciado pela calagem tem pouca ou nenhuma influência no rendimento final de grãos da soja após 20 anos de adoção do sistema plantio direto.

Isso significa que a soja em sistema plantio direto consolidado deixou de responder ao calcário e à correção que ele proporciona ao solo (aumento do pH, diminuição do alumínio e aumento das bases), independentemente do pastejo no período hibernar, ao menos nas atuais doses de recomendação para o solo em estudo. Porém, mesmo necessitando de menores doses de calcário e de maior intervalo de calagem, atenção deve ser dada à nutrição de cálcio e magnésio, pois esses nutrientes são essencialmente fornecidos pela calagem. Por outro lado, a variação do rendimento entre as safras (**Item 5.6**) é grande e tem relação direta com o volume de chuvas ocorrido em cada safra, que foi de 800, 330 e 715 mm em 2010/11, 2011/12 e 2012/13, respectivamente.

6 O SOLO NO CONTEXTO

Ibanor Anghinoni, Amanda P. Martins, Sérgio Ely V. G. de A. Costa, João de A. Bonetti, Diego Cecagno, Joice Mari Assmann, Ângela Neufeld, Hazael S. de Almeida, Rodrigo J. S. Jacques, Luís César Cassol, Edicarlos D. de Souza, Osmar Conte, Renato Levien, João Paulo C. Flores, Carlos R. Trein, Eric Victor de O. Ferreira, Cimélio Bayer, José Miguel Reichert, Paulo I. Gubiani, Luisa Fernanda Escobar, Luis Fernando Chavez, Vanessa T. Bertolazi, Alberto V. Inda Jr., Laurent Caner e Paulo César de F. Carvalho.



6. O SOLO NO CONTEXTO

Para o entendimento do funcionamento do solo, como sistema, na produção agropecuária integrada, deve-se dar menos ênfase à abordagem disciplinar, centrada na especialização, ainda tradicionalmente adotada de forma generalizada no país e no mundo, como fruto do processo histórico da formação técnico-científica. Assim, a abordagem do solo nos sistemas integrados deve incluir todas as inter-relações entre os componentes físicos, químicos e biológicos, que são dinâmicas no tempo, e que, em última análise, são determinadas pelo homem ao definir o manejo que impõe ao sistema – no caso presente, intensidades de pastejo em aveia preta + azevém, no inverno, e soja no verão (mais insumos e máquinas e equipamentos agrícolas).

Neste contexto, o solo é considerado o compartimento centralizador dos processos e aquele que captura as modificações do sistema de produção. Por sua vez, o animal em pastejo, além do efeito direto do pisoteio sobre o solo (alterações físicas e hídricas) atua como o agente catalisador que modifica as taxas e os fluxos dos processos sistêmicos, reciclando o material orgânico e determinando a dinâmica dos nutrientes entre os compartimentos. Desta forma, enquanto os cultivos (pastagem e soja) se sucedem quanto à presença dos animais,

em diferentes intensidades de pastejo e de seus respectivos resíduos, o solo é o compartimento a permanecer convergindo alterações físico-hídricas, físico-químicas, biológicas e bioquímicas, ao longo do tempo.

O principal componente do solo a ser afetado pelo manejo do sistema de produção é a matéria orgânica, especialmente em sua fração lábil, pois centraliza as constantes trocas de matéria e energia pela microbiota do solo e que tanto afeta como é afetada por todos os componentes do sistema, representados por seus indicadores de diagnóstico das propriedades, da dimensão e da temporalidade do sistema. Esta abordagem induz a uma mudança da visão do conceito da fertilidade do solo: do químico-mineralista (tradicional) à propriedade que emerge da evolução do sistema, como capacidade produtiva do solo enquanto mantém ou melhora suas funções ecossistêmicas, isto é, sua qualidade funcional.

Desta forma e nesse contexto, são apresentados inicialmente os resultados dos indicadores dos componentes do solo obtidos ao longo dos anos de condução do protocolo experimental (**Itens 6.1 a 6.4**), finalizando com os indicadores da qualidade funcional do solo (**Item 6.5**) e ciclagem dos nutrientes e adubação do sistema em foco (**Item 6.6**).

6.1. INDICADORES FÍSICOS E HÍDRICOS

6.1.1. Compactação

O grande desafio ao integrar o animal no sistema é administrar o potencial de causar compactação no solo. Este é o maior temor dos produtores de culturas comerciais, sobretudo de grãos, na região subtropical do país, que ainda são muito influenciados pelo que se passou a denominar a "lenda do casco". Como a compactação influencia várias características e propriedades do solo, são apresentados, a seguir, os indicadores físicos e hídricos e suas relações em função da intensidade de pastejo. Assim, de um lado, a densidade, a porosidade, a resistência à penetração e a força de tração são indicadores da estrutura do solo, de outro, o estado hídrico, a infiltração de água, a temperatura e a resiliência do solo são indicadores que incorporam componentes dinâmicos (funcionais) do contínuo solo-planta-animal-atmosfera.

Os resultados médios dos primeiros cinco anos do experimento, apresentados na 1ª edição do Boletim Técnico, já indicavam que o impacto do pisoteio animal nos atributos físicos do solo se manifestavam somente na camada superficial (0-5 cm), com aumento da densidade e diminuição da macroporosidade pelo aumento da intensidade de pastejo. Esses resultados foram confirmados ao se considerar os dados obtidos em 2014 e 2015,

com determinações ao final do ciclo de pastejo e após a colheita da soja (**Figura 6.1**).

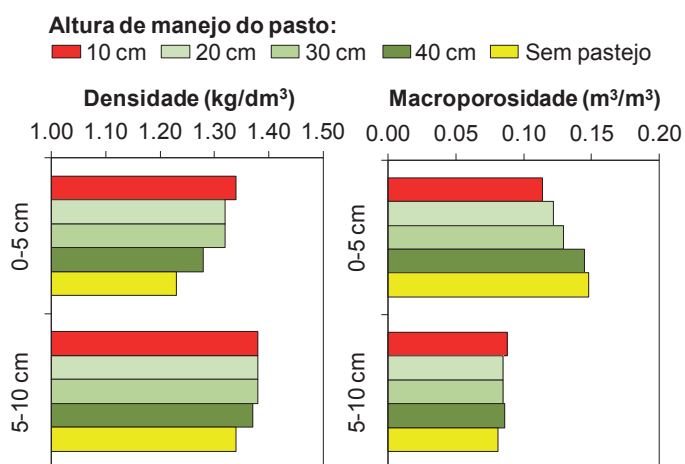


Figura 6.1. O impacto do pisoteio animal na densidade e macroporosidade do solo ocorrem somente na camada superficial (0-5 cm), desde o início do experimento (2001 a 2005) até os anos mais recentes (2014 e 2015).

É importante que se ressalte que os valores da macroporosidade são maiores que o valor tido como crítico (10%), mesmo no pastejo mais intenso (10 cm de altura de manejo do pasto). De outra forma, mesmo que não tenha havido efeito do pastejo, os valores da macroporosidade na camada subsuperficial (5-10 cm) têm se situado, desde o início do experimento, como restritivos

ao crescimento das raízes (<10%), o que se deve, provavelmente, à condição intrínseca do solo (**Figura 6.1**).

É importante, entretanto, ressaltar que esses efeitos negativos do pastejo na compactação do solo foram reversíveis, tanto nos primeiros cinco anos (1ª edição do Boletim Técnico), como também com a inclusão dos dados mais recentes, uma vez que tanto os valores da densidade (**Figura 6.2**) como da macroporosidade (**Figura 6.3**) do solo da camada superficial retornaram aos valores iniciais após o ciclo da soja cultivada na sequência. Na comparação dos dados no tempo (2001 e 2015) após o ciclo de pastejo (novembro), verifica-se apenas um aumento da densidade do solo na camada superficial (0-5 cm) no pastejo mais intenso (10 cm de altura de manejo do pasto), enquanto na área onde a altura do pasto é mantida a 20 cm não houve alteração e, nos demais pastejos (30 e 40 cm de altura de manejo do pasto) e na área sem pastejo, houve diminuição (**Figura 6.2**).

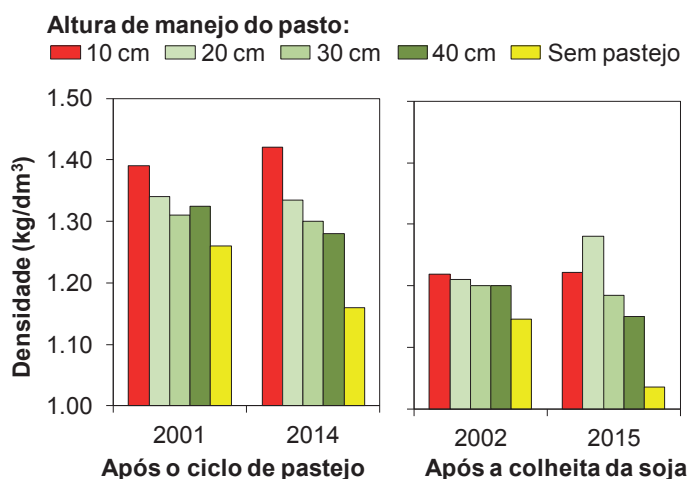


Figura 6.2. Os efeitos negativos do pisoteio animal na densidade do solo (na camada de 0-5 cm) são observados após os ciclos de pastejo, mas são reversíveis e apresentam menores valores após a colheita da soja. No tempo, menores densidades foram observadas nas intensidades de pastejo mais leves e na área sem pastejo.

De um modo geral, e como reflexo da densidade do solo, os dados da macroporosidade seguiram comportamento inverso, com valores tidos como restritivos (< 10 %) somente no pastejo mais intenso, tanto no início (2001) como na última avaliação (2014) (**Figura 6.3**). O cultivo da soja na sequência, seja em 2001/02 ou em 2014/15, tende a remeter os valores da densidade e da macroporosidade aos valores iniciais nas maiores intensidades de pastejo ou mesmo melhorias nas intensidades moderadas, leves e na ausência de pastejo. Essas melhorias nesses dois indicadores físicos (densidade e macroporosidade) de solo ao longo do tempo de condução do experimento resultam da capacidade de recuperação (resiliência) dos sistemas integrados, pela constante adição de resíduos orgânicos de origem vegetal (parte aérea e raízes) e animal (esterco e urina).

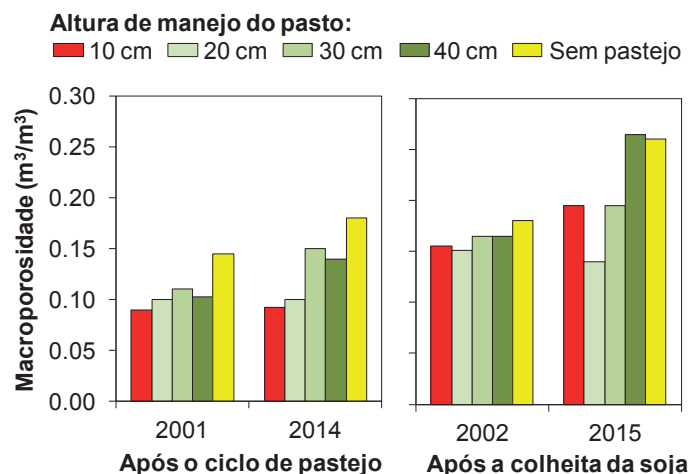


Figura 6.3. Assim como ocorreu com a densidade do solo, o efeito do pisoteio animal na macroporosidade somente ocorreu na camada superficial (0-5 cm) do pastejo intensivo.

Medidas de resistência mecânica do solo à penetração (por penetrômetros de cone) e de força de tração (em hastes sulcadoras de semeadoras) 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 da FT, medidas após seis anos de condução do experimento (**Figura 6.4**), com valores aumentando com a intensidade de pastejo, de forma restrita à camada superficial, repetem os indicativos da densidade e porosidade solo em função do pastejo. No entanto, o limite crítico de RP para o desenvolvimento das raízes (2,0 MPa) não foi atingido em nenhuma das situações.

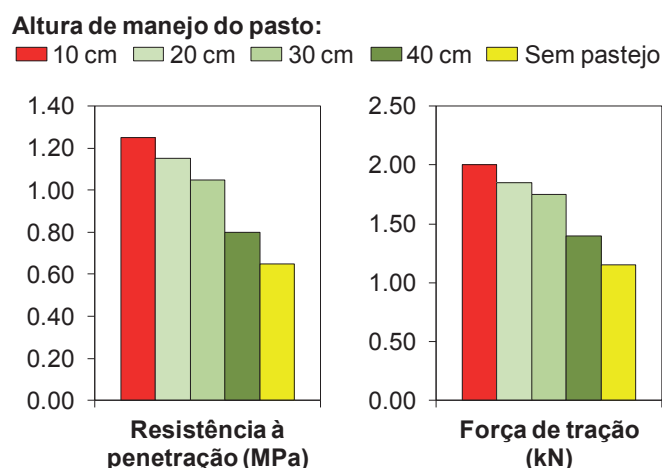


Figura 6.4. A resistência à penetração e a força de tração aumentam na camada superficial do solo com o aumento da intensidade de pastejo, mas não atingem valores considerados restritivos para o desenvolvimento das plantas.

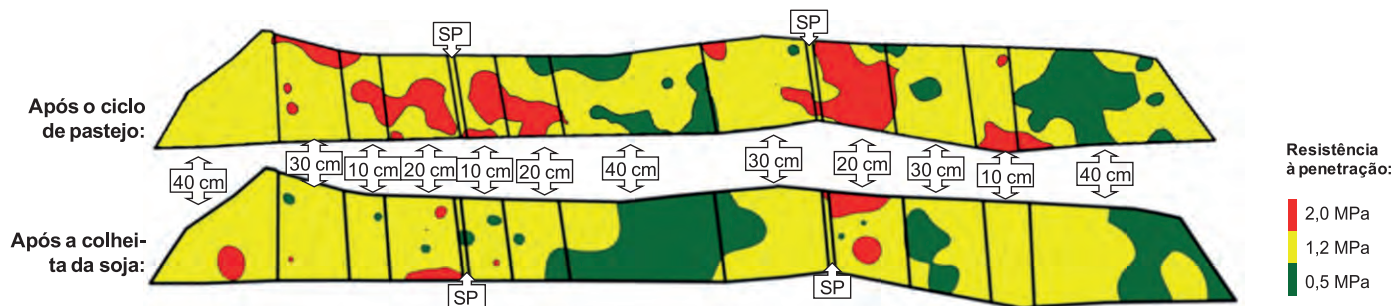


Figura 6.5. Áreas com alta resistência à penetração são mais abrangentes após pastejo do que após soja, ocorrendo em maior proporção nos tratamentos com maior intensidade de pastejo (10 e 20 cm de altura de manejo do pasto). SP = sem pastejo. Para melhor compreensão dos tratamentos, ver Figura 3.1.

Os mapas da RP na camada de 0-10 cm, obtidos em uma grade georreferenciada da área experimental após pastagem e após soja fornecem um diagnóstico espacializado e temporal do estado de compactação do solo. Os mapas resultantes (**Figura 6.5**) refletem a heterogeneidade do solo imposta pelo pisoteio animal (pressão de pastejo) e à própria variabilidade natural (genética) do solo. Áreas com restrição pela resistência mecânica do solo (em vermelho), independentemente das intensidades de pastejo, são mais abrangentes após pastejo do que após soja, concentrando-se, nos tratamentos com maior intensidade.

A avaliação do estado de compactação do solo pelo uso de hastes instrumentadas com sensores de força de tração e aquisição georreferenciada de dados resultou em conclusões semelhantes, porém permite um 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 rearranjo das partículas (deformação), é necessário exercer uma força cada vez maior.

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

A análise conjunta das variáveis analisadas 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 ser reversíveis após o ciclo da soja cultivada na sequência, não atingem aos considerados críticos ao desenvolvimento radicular e ao rendimento dessa cultura, conforme também observados na **Tabela 6.1** na comparação dos tratamentos “sem pastejo” e “com pastejo” (média dos manejos de 20 e 30 cm de altura do pasto).

É importante destacar que, em sistemas integrados de produção, a compactação moderada advinda da inserção do animal em plantio direto promove reorganização do solo. Esse comportamento segue a linha da compactação benéfica do solo, em que a planta é sujeita à um estresse moderado (*eu-stress*), ativador e estimulador, sendo elemento positivo para seu desenvolvimento.

Tabela 6.1. Independentemente do indicador físico utilizado para mensurar a compactação do solo devido ao pastejo, os valores atingidos não são considerados críticos para as plantas, além de serem revertidos após o ciclo da soja.

Indicador físico do solo*	Após o ciclo da pastagem		Após a colheita da soja	
	Sem pastejo	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo
Densidade (kg/dm ³)	1,28	1,34	1,28	1,30
Macroporosidade (%)	14	13	15	13
Porosidade total (%)	50	50	57	52
Pressão de pré-consolidação (kPa)	45	51	56	68

* Média de cinco anos de avaliação na camada superficial (0-5 cm).

6.1.2. Estado hídrico

As medições do estado de umidade do solo, efetuadas ao longo do tempo para subsidiar as avaliações da resistência à penetração e força de tração não mostraram ser diferenciadas; entretanto a umidade é variável entre as intensidades de pastejo (**Item 4.1.5**) e da soja (**Item 5.4**). Afora isso, procurou-se avaliar o intervalo hídrico ótimo (IHO) em função das intensidades de pastejo. Trata-se de um indicador da qualidade física que incorpora vários componentes físicos do solo, visto inicialmente como uma ferramenta promissora de abordagem multidisciplinar. O IHO é definido pela ação conjunta de quatro medidas físicas do solo: capacidade de campo, macroporosidade, resistência à penetração e ponto de murcha. De uma forma geral, a compactação provoca diminuição do IHO, que decresce de um valor máximo até zero, conforme verificado no protocolo experimental (**Figura 6.6**). Mesmo que a densidade ao longo

do perfil do solo tenha sido influenciada pela intensidade de pastejo (**Tabela 6.1 e Figuras 6.1 a 6.3**), a densidade não atinge o seu valor crítico ($D_{sc} = 1,41 \text{ t/m}^3$), em que há restrição por deficiência hídrica (IHO = zero).

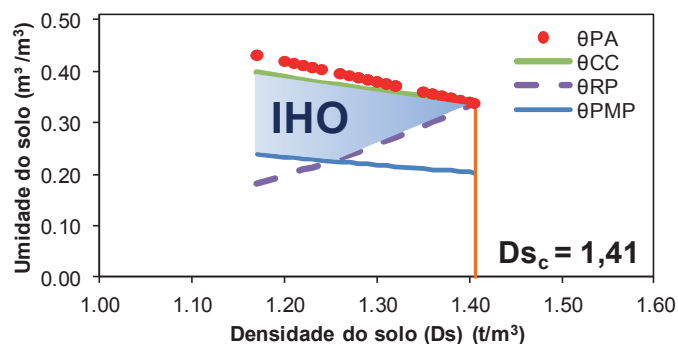


Figura 6.6. Intervalo hídrico ótimo (IHO) do solo da área experimental definido pela ação conjunta da macroporosidade (PA), capacidade de campo (CC), resistência à penetração (RP) e ponto de murcha permanente (PMP), cuja densidade crítica (D_{sc}) foi de $1,41 \text{ t/m}^3$.

Até a profundidade de 20 cm, independentemente do manejo adotado, predominaram valores de densidade até $1,35 \text{ t/m}^3$ e, acima desse valor, até $1,38 \text{ t/m}^3$, ocorreu somente no pastejo mais intenso (**Figuras 6.1 e 6.2**), quando o IHO decresce de forma quadrática em função de aumento da densidade. Esta relação negativa é considerada crítica na avaliação do comportamento hídrico do solo, uma vez que a amplitude do IHO influencia no desenvolvimento das plantas. Entretanto, como tem ocorrido de forma geral, o uso do IHO não forneceu respostas concordantes com a “percepção” das plantas de soja (**Figura 6.7**). De outra forma, as raízes da pastagem foram até beneficiadas na maior pressão de pastejo em relação ao sem pastejo (**Item 4.1.3**).

A condutividade hidráulica, expressa neste trabalho pela infiltração de água, é uma propriedade do solo, pois resulta da ação de forças físicas e que pode ser descrita por equações. Ela reflete a estrutura e o estado de organização do solo, determinados por sua densidade e porosidade sob o efeito das intensidades de pastejo. Assim, avaliações das taxas de infiltração foram efetuadas em novembro de 2001, após o ciclo de pastejo, em

novembro de 2014, também após o ciclo de pastejo e em março de 2014, após o ciclo de soja (**Figura 6.8**). Redução na infiltração da água no solo no pastejo mais intenso já ocorreu no final do primeiro ciclo de pastejo (2001), seguindo a ordem de sua intensidade ($10 \text{ cm} < 20 \text{ cm} < 30 \text{ cm} < 40 \text{ cm}$) (**Figura 6.8**). O mesmo ocorreu na avaliação ocorrida após o ciclo de pastejo de 2014 (**Figura 6.8**), cuja redução na infiltração foi de 75, 30, 24 e 17 % em relação ao tratamento sem pastejo, incluído nessa avaliação.

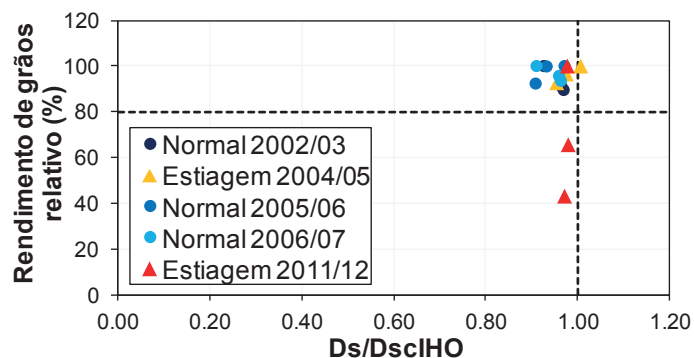


Figura 6.7. Independentemente da chuva ocorrida durante a safra de soja, a densidade do solo não apresenta uma relação clara com o rendimento de grãos.

Esses resultados indicam que pastejos leves a moderados pouco alteram a estrutura do solo, uma vez que a infiltração é pouco afetada. Observa-se que a infiltração acumulada aos 100 minutos no final do ciclo da soja em 2015 é bastante superior à observada ao final dos ciclos de pastejo em 2001 e 2014, invertendo, porém, a ordem de magnitude em relação às intensidades de pastejo: 4,2; 2,5; 1,7 e 2,2 vezes, para 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm de altura de manejo do pasto e sem pastejo, respectivamente, em relação aos dados obtidos após o ciclo de pastejo em 2014 (**Figura 6.8**). Esses resultados mostram que o solo (Latossolo Vermelho distroférrico) é resiliente, uma vez que todos os sistemas se recuperaram em relação à densidade e macroporosidade do solo, como previamente demonstrado (**Figuras 6.2 e 6.3**).

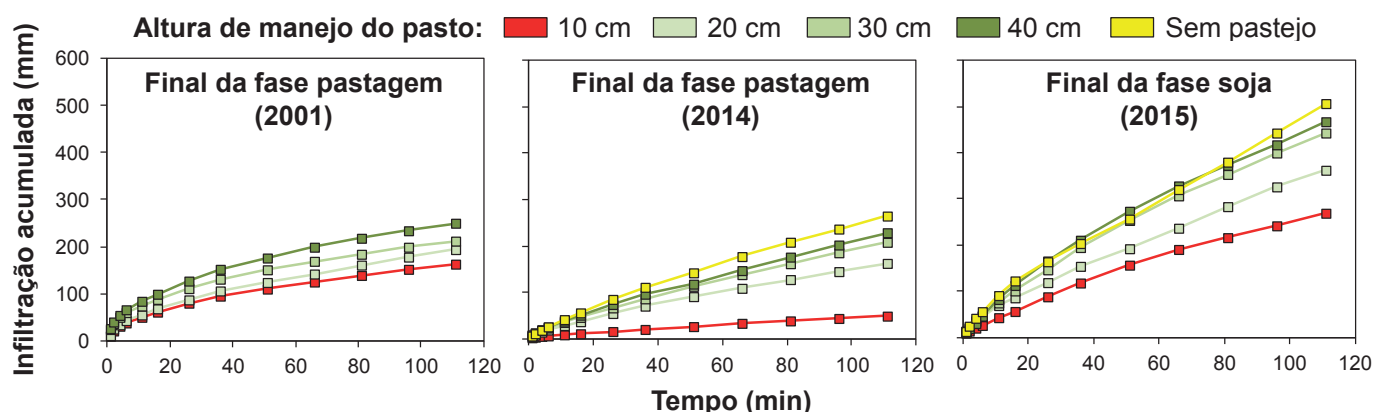


Figura 6.8. A infiltração de água no solo diminui com a intensidade e o tempo de pastejo, especialmente no pastejo intenso ao final do ciclo de pastejo; após soja, a infiltração é maior e pouco diferenciada nos pastejos moderados, leve e sem pastejo.

6.2. INDICADORES QUÍMICOS

6.2.1. Acidez e calagem

A dinâmica da descida do efeito corretivo do calcário aplicado em superfície foi um dos primeiros objetos de estudo. Isto, porque por ocasião da instalação do experimento (2001), a aplicação superficial para a correção da acidez do solo em plantio direto era uma prática em consolidação (hoje já consolidada). O início dos anos 2000 foi um período caracterizado pela divulgação dos primeiros resultados científicos abordando a descida dos efeitos do calcário (elevação do pH e de cátions básicos e diminuição do alumínio trocável). O temor, na época, era de que o pisoteio animal durante o período de inverno, poderia restringir a descida das partículas finas do calcário por efeito de uma possível compactação do solo e, assim, diminuir a eficiência da correção da acidez no perfil do solo.

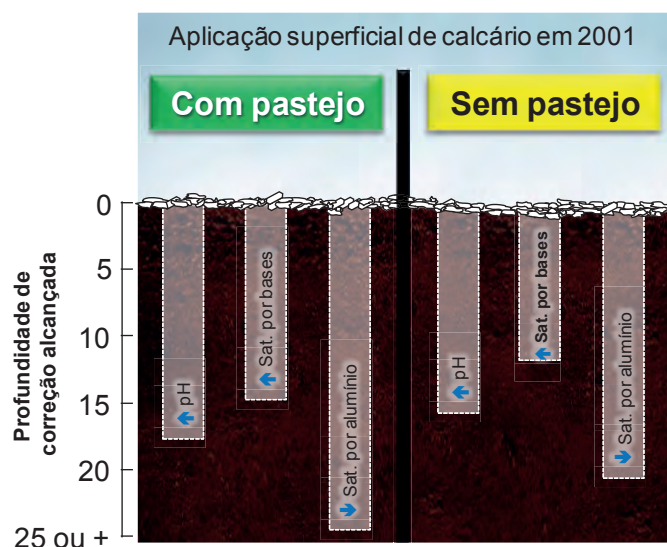


Figura 6.9. Contrariando a hipótese inicial, as áreas com pastejo no inverno (independentemente da intensidade) apresentaram maior efeito de correção da acidez em profundidade devido à calagem, comparando com as áreas sem pastejo.

A partir do estado de acidez do solo (pH em água menor que 5,5 e a saturação por bases menor que 65%) (**Tabela 3.1**), foi efetuada uma aplicação de 4,5 t/ha de calcário (PRNT 62%) (**Tabela 3.3**) ao final do primeiro pastejo (novembro de 2001), 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. Nesse estudo, verificou-se que a máxima correção da acidez do solo ocorreu após 24 meses de sua aplicação, promovendo aumento do pH e da saturação por bases e diminuição da saturação por alumínio, alcançando maiores profundidades de correção nas áreas com pastejo no inverno, contrariando a hipótese inicial (**Figura 6.9**). Além disso, ao contrário do que muitas pesquisas relatavam na época, os efeitos do

calcário aplicado na superfície chegou a atingir 25 cm de profundidade (ou mais, pois esta foi a profundidade máxima analisada) nas áreas com pastejo em apenas dois anos.

No entanto, após esse tempo o efeito da calagem passou a regredir, com os níveis de acidez alcançando valores similares ao do início do experimento. Assim, após a colheita da nona safra de soja (2009/10), realizou-se uma coleta detalhada do perfil do solo (0-40 cm), estratificando-o em camadas com espessura de 2,5 cm. Nesse estudo, verificou-se que a dinâmica da reacidificação do solo, após a calagem inicial, também foi afetada pelas intensidades de pastejo. Apesar de não ter havido diferenças em relação ao pH do solo, as áreas com pastejo (intensivo ou moderado) apresentaram maiores valores de saturação por bases e menores valores de saturação por alumínio em relação à área sem pastejo, denotando a sua menor acidez nove anos após a primeira calagem e estabelecimento do experimento (**Figura 6.10**). Vale ressaltar que os valores apresentados nessa figura são bem diferentes daqueles comumente observados em amostras para análise da fertilidade do solo (coletados na camada de 0-10 cm), pois é a média da camada de 0-40 cm.

2000:
■ Condição original

2010:
■ Pastejo intensivo ■ Pastejo moderado ■ Sem pastejo

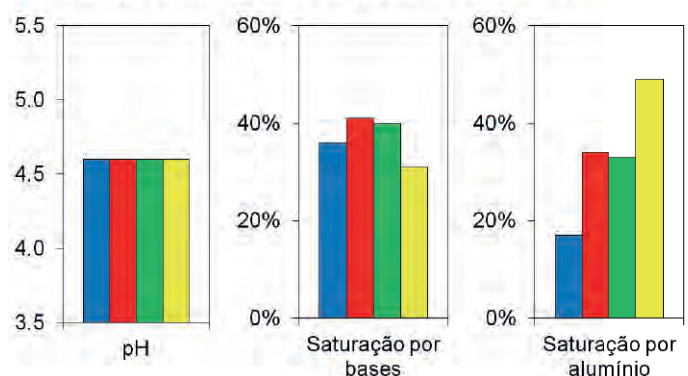


Figura 6.10. Apesar dos valores similares de pH, a reacidificação do solo ocorreu de forma mais intensa na área sem pastejo, quando ocorreram menores valores de saturação por bases e maiores valores de saturação por alumínio, em comparação às áreas pastejadas.

Com os dados da mesma coleta, realizou-se a relação entre os dados observados de pH e saturação por bases e saturação por alumínio (**Tabela 6.2**), sendo verificado que as áreas com pastejo necessitam de um pH menor do que as sem pastejo para atingir o limite mínimo de acidez recomendado pela CQFS RS/SC (2004).

A menor reacidificação do solo e a maior saturação por bases e menor saturação por alumínio observados para um mesmo valor de pH nas áreas com pastejo eram respostas inexistentes até o presente momento a respei-

to dos impactos de sistemas integrados de produção. Grande parte das pesquisas inclusive colocava o animal como causador do processo de acidificação do solo, devido à sua urina. No entanto, conforme abordado neste boletim (**Item 6.6**), os bovinos em pastejo exercem um papel fundamental na ciclagem de nutrientes. A pastagem, estimulada pelo pastejo, atua como uma “bomba”, absorvendo nutrientes de camadas mais profundas e, após, os depositando em superfície. Assim, há menor perda de nutrientes como cálcio, magnésio e potássio (grandes responsáveis pela saturação por bases do solo), inibindo o aparecimento e, inclusive, o efeito fitotóxico do alumínio, mesmo em valores baixos de pH. Além disso, um estudo a respeito de alterações mineralógicas ocorridas no experimento constatou que, após doze anos, os tratamentos com pastejo (sobretudo o intensivo) vêm apresentando a formação de minerais 2:1 com polímeros de hidróxi-alumínio nas entrecamadas, o que se constitui em um dreno de alumínio na fase sólida do solo, tornando-o menos disponível para as plantas e diminuindo sua fitotoxidez.

Tabela 6.2. As áreas com pastejo apresentam melhores condições de acidez para o crescimento das plantas (mais cátions básicos e menos alumínio trocável no solo) em valores de pH mais baixos do que as áreas sem pastejo.

Intensidade de pastejo	Valor de pH correspondente à*	
	Saturação por bases = 65%	Saturação por alumínio ≤ 10%
Intensivo	4,8	≥ 4,8
Moderado	4,9	≥ 4,8
Sem	5,2	≥ 5,1

* Dados médios de camadas de solo estratificadas em espessuras de 2,5 cm até 40 cm de profundidade, coletadas após a colheita da soja da safra 2009/10.

Na mesma ocasião da coleta de solo realizada para verificar o grau de reacidação do solo em profundidade, influenciado pelas intensidades de pastejo (após a colheita da soja da safra 2009/10), uma nova aplicação de calcário foi realizada para comparar com as condições do estabelecimento do experimento. Para isso, a reaplicação de calcário foi realizada em subparcelas de 600 m² (20 x 30 m). Assim, cada parcela experimental apresentava, a partir desse momento, áreas sem e com reaplicação superficial de calcário para avaliação tanto da dinâmica da correção do solo em profundidade quanto da resposta da soja à calagem, esta última abordada no **Item 5.6**.

Assim como em 2001, a dose aplicada se baseou na CQFS RS/SC (2004), totalizando o equivalente a 3,6 t/ha de calcário (PRNT 74%). A coleta de solo foi realizada imediatamente antes (após a safra de soja 2009/10) (**Figura 6.10**) e aos 12, 18, 24 e 30 meses após a reaplicação do calcário, em ambas as áreas, seguindo a mesma metodologia descrita anteriormente (até 40 cm, estratificando-se em camadas de 2,5 cm de espessura).

Esperava-se que o efeito de longo prazo causado por quase dez anos de pastejo animal durante o inverno pudesse alterar a dinâmica da correção da acidez pela calagem superficial que foi observada no estabelecimento do protocolo experimental. No entanto, o que se verificou foi uma correção em profundidade ainda mais acentuada do que na primeira aplicação, com o efeito corretivo do calcário alcançando profundidades de até 40 cm ou mais nas áreas pastejadas, com destaque especial para o pastejo moderado (**Figura 6.11**).

Assim como em 2001, observou-se que, para cada atributo de acidez avaliado, a profundidade máxima de correção alcançada diferia, sendo sempre maior para a saturação por bases e saturação por alumínio e menor para o pH (**Figuras 6.9 e 6.11**). Isso se deve aos diferentes mecanismos de correção da acidez do solo em profundidade devido à aplicação superficial de calcário. O aumento do pH em profundidade depende essencialmente da descida física de finas partículas do corretivo pelo perfil do solo, dissolvendo-se em camadas mais profundas. De fato, este mecanismo contribui para a melhoria nos três atributos de acidez aqui tratados. No entanto, na saturação por bases e por alumínio ocorre também o mecanismo da descida química – muito mais eficiente do que a descida física. Neste mecanismo, os produtos da dissolução do calcário (Ca²⁺ e Mg²⁺, por exemplo) se ligam a ânions orgânicos ou inorgânicos e percolam no perfil do solo, alcançando camadas mais profundas.

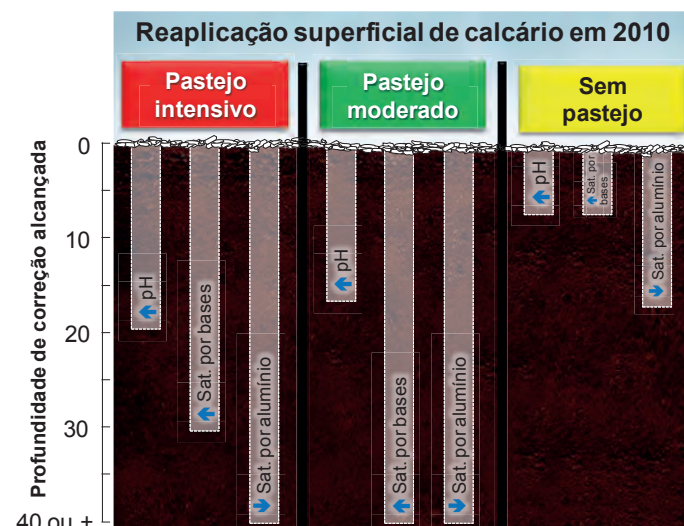


Figura 6.11. A correção do solo após a reaplicação superficial de calcário em 2010 alcançou camadas de solo ainda mais profundas do que em 2001 nas áreas pastejadas em relação às não pastejadas.

Assim, acredita-se que a correção até maiores profundidades nas áreas com pastejo seja resultado de uma maior quantidade e continuidade de bioporos no perfil do solo dessas áreas, propiciando a descida das partículas finas do calcário. Além disso, a maior produção de raízes da aveia preta e do azevém sob ação do pastejo (**Item 4.1.3**) também devem propiciar uma maior proporção de solo rizosférico e atividade microbiana (**Item 6.3**),

além do esterco depositado sobre o solo (**Item 4.2.2**), provavelmente aumentando os teores de carbono orgânico dissolvido na solução do solo, que por sua vez, contribui para a descida química dos compostos dissolvidos do calcário.

Por fim, é importante salientar que os efeitos na acidez do solo e na sua correção aqui apresentados são específicos para o manejo da calagem e condições de solo e clima da região. Tais condições são relevantes, pois, para um mesmo manejo de animais, as respostas às aplicações de calcário podem ser diferentes em função de outras condições impostas. Além disso, no sistema integrado de produção de soja e bovinos de corte, especial atenção deve ser dada à época de coleta do solo, pois ocorre uma variação de acidez do solo dentro de um mesmo ano ("resiliência química do solo"), com maior acidez após o cultivo da soja e menor acidez após o ciclo de pastejo.

6.2.2. Disponibilidade de nutrientes

O experimento foi estabelecido em uma área com longo histórico de cultivo agrícola, que já vinha sendo manejada por sete anos em plantio direto. Assim, a maior parte dos indicadores químicos de disponibilidade de nutrientes já apresentava níveis acima dos teores críticos (**Tabela 3.1**). Em 2007, seis anos após a implantação do experimento, foi realizado um levantamento sistemático (aos moldes do praticado pela agricultura de precisão) para verificar o estado de disponibilidade dos nutrientes na área experimental. Verificou-se que 99% da área apresentavam teor Médio de matéria orgânica e que 99% e 98% apresentavam teores de fósforo e potássio acima dos teores críticos (classe Alta e Muito Alta), sendo que a classe dominante de fertilidade para estes dois nutrientes foi a Alta (**Figura 6.12**).

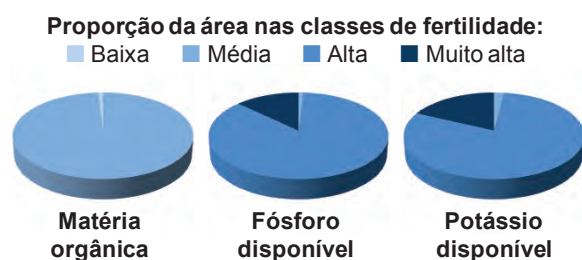


Figura 6.12. Seis anos após o início do experimento, independentemente da intensidade de pastejo, os teores disponíveis de fósforo e potássio se encontravam na faixa de suficiência (classes Alta e Muito Alta) em praticamente a totalidade da área experimental.

A adubação da área experimental segue àquela praticada na Fazenda do Espinilho, sendo que, até essa época, a adubação nitrogenada na pastagem variava entre 45 e 90 kg N/ha, e a adubação fosfatada e potássica, na soja, de 60 kg P_2O_5 /ha e entre 60 e 90 kg K_2O /ha, respectivamente. Essas doses ensejam à recomendação

da CQFS RS/SC (2004) e, por isso, os níveis de fertilidade do solo na área experimental são adequados, independentemente da presença dos animais no inverno e/ou da intensidade do pastejo (**Figura 6.12**).

A realização de uma nova coleta no ano de 2012 indicou que o manejo durante o inverno só teve algum impacto nos teores de fósforo disponível (Mehlich 1), pois, apesar de haver variações nos teores de matéria orgânica e de potássio, a classe de fertilidade se manteve como Média e Muito alta, respectivamente, desde o início do experimento, em todos os manejos testados. Por outro lado, a adubação fosfatada realizada aumentou a classe de fertilidade de todos os manejos para a Muito Alta (**Figura 6.13**).

2000:

■ Condição original

2010:

■ Pastejo intensivo

■ Pastejo moderado

■ Sem pastejo

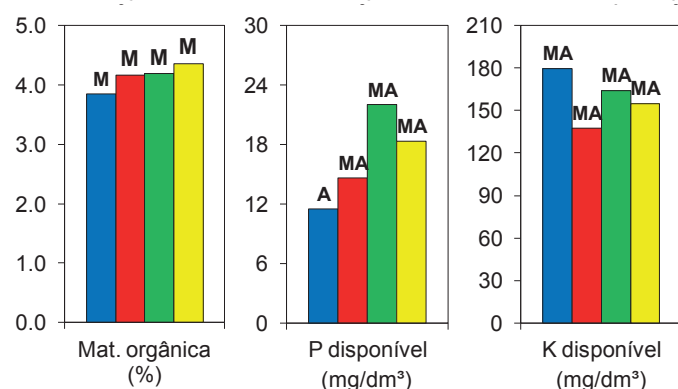


Figura 6.13. Independentemente da presença dos animais e/ou da intensidade de pastejo, os diferentes manejos mantiveram ou aumentaram a fertilidade do solo (M = Média; A = Alta; MA = Muito alta).

Apesar da ausência de diferença de classes de matéria orgânica, os valores observados apresentaram a tendência de seguirem a ordem crescente: pastejo intensivo < pastejo moderado < sem pastejo. Entretanto, essa sequência se inverte quando se analisa a reatividade da matéria orgânica desses manejos (ou, em outras palavras, a capacidade da matéria orgânica reter elementos catiônicos, como os macronutrientes cálcio, magnésio e potássio, que representam as principais bases do solo), conforme exemplificado na **Figura 6.14**. Essa possível maior reatividade também pode ser a explicação para os maiores valores de saturação por bases, observados nas áreas com pastejo (**Figura 6.10**).

No entanto, as bases do solo apresentam um comportamento distinto entre si no que tange à sua dinâmica ao longo do tempo. Como se observa na **Figura 6.15**, os estoques desses nutrientes no sistema como um todo (armazenado no solo e nos resíduos presentes sobre a superfície do solo no momento da coleta realizada) no início do experimento eram parecidos nas diferentes áreas destinadas aos respectivos manejos e as entra-

das de calcário e/ou adubo foram similares, assim como as saídas produtivas (via grãos de soja ou carne).

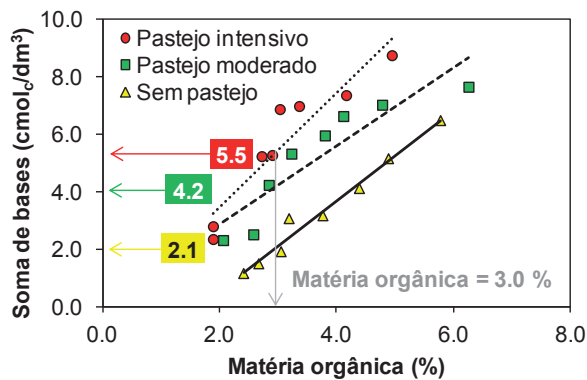


Figura 6.14. Para o mesmo teor de matéria orgânica no solo, a soma de bases aumenta com a intensidade de pastejo (na figura são apresentados os valores de cada manejo para uma situação em que o teor de matéria orgânica do solo é igual a 3,0%).

Por outro lado, os manejos se distinguem no que diz respeito às saídas improdutivas (perdas por erosão ou lixiviação, por exemplo), sendo que nas áreas sem pastejo a perda de cálcio e magnésio é maior, acarretando um menor teor final no sistema e no solo. Para o potássio, a dinâmica parece se inverter, pois as maiores perdas são observadas no pastejo intensivo (embora a diferença entre os manejos seja bem menor do que para cálcio e magnésio), também acarretando em um menor teor final desse nutriente no respectivo manejo (**Figura 6.15**).

Isso se deve, sobretudo, ao papel do animal como agente catalisador dos processos de ciclagem e reciclagem. Cálcio e magnésio diferem da dinâmica do potássio principalmente pela forma que eles são ciclados pelos bovinos: 96 a 99% do cálcio e 70 a 90% do magnésio ingerido pelos animais retornam nas fezes, com uma liberação mais lenta do que o potássio, cujo retorno acontece predominantemente (cerca de 80% do ingerido) via urina, em uma forma prontamente solúvel e concentrada, estando sujeito a perdas. Por fim, vale salien-

tar que os dados da **Figura 6.15** contemplam a camada de 0-40 cm e, por isso, diferem dos apresentados na **Figura 6.13** para o potássio.

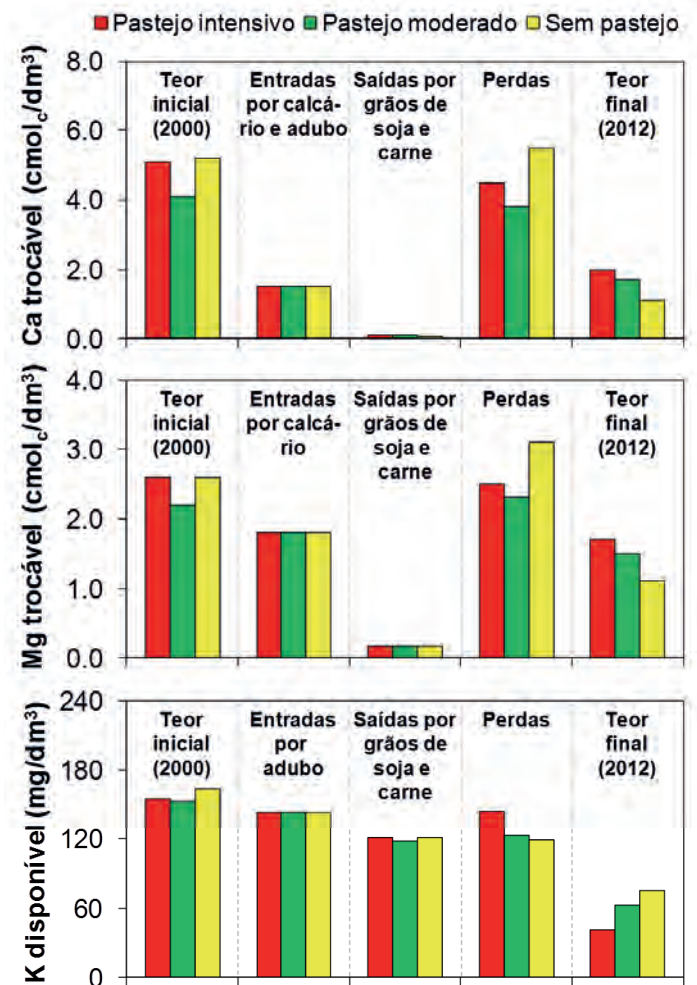


Figura 6.15. A diminuição dos teores de cálcio e magnésio trocáveis e potássio disponível no solo, observado pelos baixos valores no teor final, se deve principalmente às saídas improdutivas (perdas) que, para o cálcio e o magnésio são maiores na área sem pastejo, e para o potássio é maior com pastejo intensivo.

6.3. INDICADORES BIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS

6.3.1. Mesofauna

O solo possui grande quantidade e diversidade de seres vivos. Nele, habitam muitos organismos, tão pequenos que não se consegue enxergar sem o uso de microscópios; são os microrganismos, principalmente as bactérias, os fungos, os protozoários e as algas. No solo, também vive uma grande quantidade de organismos de maior tamanho, os quais são denominados de fauna do solo, conforme encontrado no experimento em coleta realizada em outubro de 2014 (**Figura 6.16**).

A fauna do solo realiza várias atividades que são de grande importância para o crescimento das plantas e

para o funcionamento do solo: fragmentam resíduos vegetais e os transportam até camadas mais profundas; abrem poros de grande tamanho fundamentais para a infiltração de água e aeração do solo; se alimentam de outros organismos (controle biológico); etc.

Os resultados demonstram uma diminuição abrupta de coleópteros (besouros), com a intensidade de pastejo (**Figura 6.17**). Com isto, todos os processos benéficos também diminuirão de forma semelhante. Por outro lado, se for realizado um manejo adequado do solo, há aumento dos organismos e dos processos por eles realizados, com ganho da qualidade biológica do solo e do crescimento das plantas.



Figura 6.16. Organismos da fauna do solo coletados na área do experimento em novembro de 2014: (A) grilo, (B) minhoca, (C) colêmbolo, (D) centopeia, (E) formiga, (F) percevejo, (G) besouro; (H) aranha.

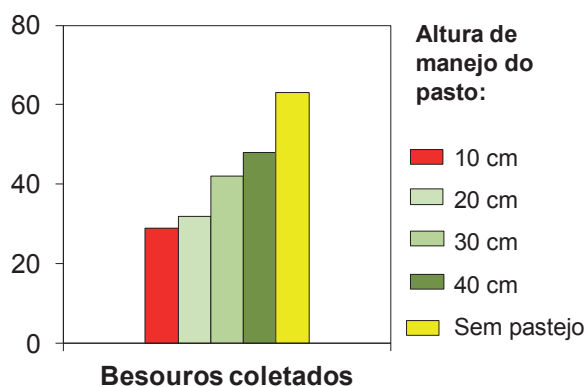


Figura 6.17. O número de besouros na camada superficial do solo é maior nas áreas sem pastejo, diminuindo com o aumento da carga animal.

6.3.2. Atividade microbiana

A maior liberação de compostos orgânicos na superfície das raízes também estimula a atividade microbiana do solo, que utiliza esses compostos como fonte de carbono. Assim, os efeitos, determinados pelas diferentes intensidades de pastejo resultaram em quantidades diferenciadas de resíduos dos diversos compartimentos do sistema pastagem-animal, uma vez que essas avaliações foram efetuadas durante o ciclo de pastejo de 2007. Medidas que relacionam a perda de carbono permitem avaliar se determinado manejo está provocando estresse e são importantes no processo de avaliação da sustentabilidade do solo.

Neste sentido a respiração microbiana e o quociente metabólico (qCO_2), que é a relação entre carbono respirado e carbono imobilizado na biomassa microbiana, são importantes para detectar o efeito das condições de estresse ambiental, que é acentuado pelo manejo do solo (**Figura 6.18**).

Valores de respiração e de qCO_2 elevados indicam que a população microbiana está gastando mais carbono para manter sua biomassa na maior intensidade de pastejo (10 cm de altura de manejo do pasto). Nesta situação, a cobertura do solo é menor e a incidência da radiação maior e a população microbiana gasta mais energia para sua manutenção (**Figura 6.18**). À medida que a atividade microbiana diminui, o processo se torna mais eficiente e menos carbono é perdido como CO_2 pela respiração e uma fração significativa é incorporada ao tecido microbiano, como ocorre nas intensidades moderadas de pastejo. Desta forma, solos com baixo qCO_2 estão mais próximos ao estado de equilíbrio, incorporando carbono na biomassa microbiana e contribuindo para a redução de carbono na atmosfera, ou seja, sequestrando carbono.

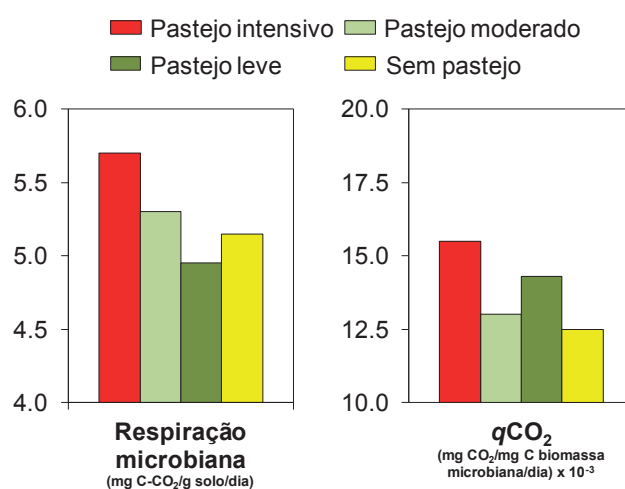


Figura 6.18. O pastejo intenso resulta em maiores valores de respiração microbiana e de quociente metabólico (qCO_2), o que significa que a população microbiana está gastando mais carbono para manter sua biomassa.

6.3.3. Atividade enzimática

Em sistemas de integração lavoura-pecuária, em adição aos resíduos das plantas (cultura comercial e pastagem), as excreções dos animais, na forma de esterco e de urina, afetam a atividade biológica do solo. Assim, quando são incluídas gramíneas no pastejo, há maior quantidade de raízes, que promovem aumento na proporção de solo rizosférico, onde a atividade microbiana é muito aumentada.

Foram efetuadas análises da atividade enzimática em duas épocas: a primeira, no final do ciclo de pastejo (outubro de 2009), pela hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), que é efetuada por diversas enzimas do solo (proteases, lipases e esterases); e a segunda, no final do ciclo de pastejo (outubro de 2014) e da soja (abril de 2015), pela atividade da urease (**Figura 6.19**).

Altura de manejo do pasto:

10 cm 20 cm 30 cm 40 cm Sem pastejo

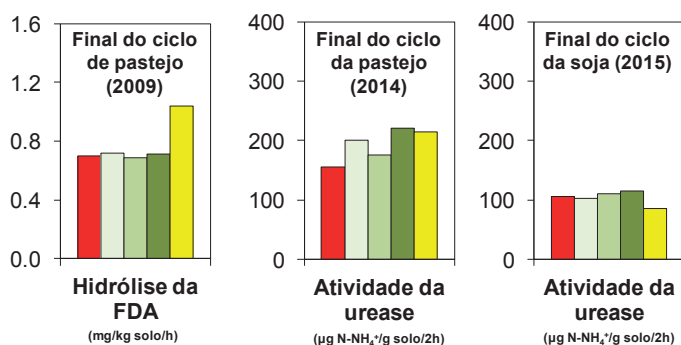


Figura 6.19. Ao final dos ciclos de pastejo, a atividade enzimática tende a ser maior quanto menor a presença do animal. Ao final do ciclo da soja, maiores valores ocorrem nas áreas com pastejo por causa da diversidade e quantidade de resíduos do pasto e suas raízes.

6.4. INDICADORES DE MANEJO

6.4.1. Estoques de carbono e de nitrogênio e suas frações

De todos os atributos do solo, a matéria orgânica é, com certeza, o compartimento central e mais importante, pois afeta direta ou indiretamente todos os demais características e propriedades do solo como sistema. Desta forma, o conhecimento dos seus estoques e labilidade é de grande utilidade para se conhecer o potencial de liberação de nutrientes para as plantas, via ciclagem.

Influências das intensidades de pastejo no carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) são verificadas ao longo do tempo (**Figura 6.20**), 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 e do primeiro ao sexto ano para NT (**Figura 6.20**) em todas as intensidades de pastejo, com exceção do pastejo mais intenso. Neste tratamento, o COT decresceu substancialmente após o terceiro ano e o NT, a partir do sexto ano. Esperava-se, como ocorreu, que com o tempo as áreas com 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 em relação aos demais manejos, pela menor adição de resíduos no sistema, pela exportação pelos 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 6.18**).

Assim como ocorreu para o COT e o NT (**Figura 6.20**), houve acúmulo do carbono orgânico na fração particulada em todas as intensidades de pastejo até o

Os resultados da primeira avaliação, uma medida da atividade microbiana total do solo, apesar da tendência apresentada, indicam que a presença dos animais no sistema, independentemente da intensidade de pastejo, não consegue manter o nível de atividade microbiana similar ao sem pastejo. A ação da urease no solo é uma indicação da ciclagem de nitrogênio e que, no ciclo de pastejo, tende a aumentar com a diminuição da intensidade de pastejo. A atividade dessa enzima no ciclo de pastejo é 55 % maior do que no ciclo da soja, onde ocorre uma tendência de ser menor quando não era precedida do pastejo. A maior atividade da urease na pastagem em relação à soja decorre da diversidade e quantidade de resíduos do pasto e suas raízes, especialmente exsudações da aveia, e dos animais, como esterco e urina (**Figura 6.19**).

terceiro ano de adoção do sistema (**Figura 6.21**). 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 intensivo os estoques decresceram continuamente. Por outro lado, apesar das

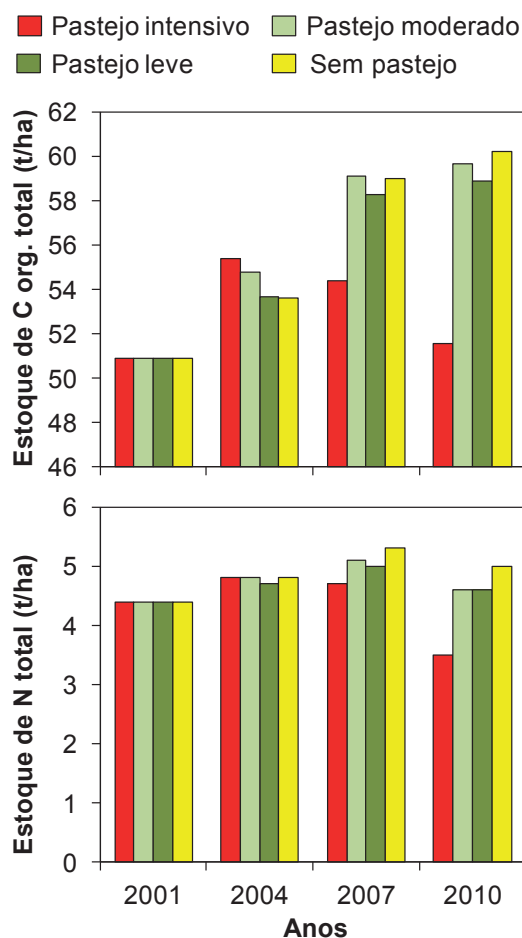


Figura 6.20. Houve aumento contínuo nos estoques de carbono do primeiro para o nono ano e do primeiro ao sexto ano para nitrogênio, em todas as intensidades de pastejo, com exceção do pastejo mais intenso.

variações apresentadas (**Figura 6.21**), o NT manteve comportamento similar ao COT (**Figura 6.20**). Mesmo assim, o estoque de nitrogênio na fração particulada apresentou oscilações, com valores baixos no sexto ano, no tratamento sem pastejo, e alto no pastejo mais intenso no terceiro ano (**Figura 6.21**), o que está em desacordo com os dados de COT.

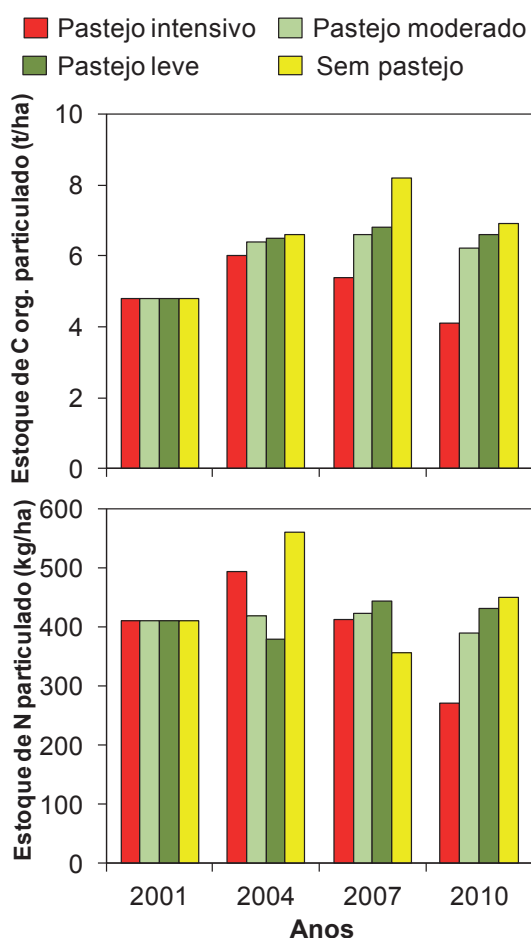


Figura 6.21. A fração particulada é a mais lábil da matéria orgânica e tida como um eficiente indicador do manejo adotado no solo.

A diminuição de ambas as frações (total e lábil) no pastejo mais intenso se deve à alta atividade microbiana (**Figura 6.18**) e ao baixo aporte de resíduo do pasto (**Item 4.1**), prejudicado pela baixa adubação nitrogenada no experimento, que até então foi de 45 kg/ha na maioria dos anos (**Item 3.4**). Além disto, esse tratamento (10 cm) já vinha sofrendo influência da exportação pelos produtos comerciais gerados (carne e grãos), com uma diminuição de 1,17 t/ha e taxa de perda de 39 kg/ha por ano no período 2007-2010, 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 de manejo do pasto (**Item 4.1.3**). É desejável que o solo apresente uma fração considerável de C particulado, pois estará garan-

tindo fluxo de C para o solo e, assim, manter sua atividade biológica.

Para compreender a evolução do COT ao longo do tempo, foi realizado recentemente um trabalho para descrever a evolução do seu estoque no período de 2001 a 2014, a partir dos coeficientes de humificação (K_1) e decomposição (K_2) da matéria orgânica, utilizando-se de um modelo simples (unicompartimental). Os coeficientes encontrados são similares a outros encontrados nas regiões subtropicais e temperadas do país: $K_1 = 0,18$ (18 % da matéria orgânica é humificada), e o K_2 de 0,011 (1,1 % é perda), o que resulta em sequestro de carbono em todas as intensidades de pastejo. Assim, independentemente do manejo do pasto, o tempo de meia vida da matéria orgânica no experimento é de 62 anos e a quantidade de carbono aportada anualmente para manter os estoques de COT é de 3,15 t/ha por ano (**Tabela 6.3**).

Tabela 6.3. Taxas de sequestro de carbono maiores ou similares à área sem pastejo são obtidas com o pastejo sendo manejado a altura de 30 ou 40 cm.

Altura de manejo do pasto	Adição anual de carbono (t/ha)	Taxa de sequestro de carbono (t/ha/ano)
10 cm	3,7	0,10
20 cm	4,2	0,15
30 cm	5,0	0,31
40 cm	4,9	0,31
Sem pastejo	4,9	0,29

Mantendo-se as condições atuais de manejo, o tempo necessário para o C estabilizar no solo (suas entradas serem iguais às saídas), é dependente das taxas de humificação (K_1) e de decomposição (K_2) dos resíduos. Assim, ao se utilizar, essas taxas em todas as intensidades de pastejo, o tempo para o carbono se estabilizar será o mesmo, mas em patamares distintos. Assim, onde a altura de manejo do pasto é mantida a 30 e 40 cm e sem pastejo, o estoque tenderá a estabilizar (C_e) entre 78,7 e 80,5 t/ha, os maiores valores entre os pastos, sendo, inclusive, superior à mata, tomada como referência, com C_e de 72,0 t/ha (**Tabela 6.4**).

Tabela 6.4. O manejo do pasto a 30 e 40 cm e sem pastejo, o estoque de carbono tende a estabilizar em valores maiores do que os da mata.

Altura de manejo do pasto	Carbono orgânico do solo (0-20 cm, t/ha)		
	Em 2014	Em 50 anos	Estabilizado
10 cm	52,1	55,0	59,0
20 cm	53,2	59,3	67,6
30 cm	55,0	65,7	80,5
40 cm	54,9	65,4	79,8
Sem pastejo	54,7	64,8	78,8
Mata	72,0	72,0	72,0

Por outro lado, o estoque de COT do solo no pastejo mais intenso (10 cm de altura de manejo do pasto) tenderá ao valor de 59,0 t/ha, o que equivale a 73% do estoque do tratamento de 30 cm de altura do pasto, na

camada avaliada. Também se observa que o estoque de carbono orgânico no pastejo mais intenso está muito próximo (55,0 t/ha) de atingir seu potencial de sequestro de carbono ($C_e = 59,0$ t/ha), mas bem distante do valor original da mata (**Tabela 6.4**).

6.4.2. Estoques de fósforo e suas formas

Assim como ocorreu com o P disponível (**Figura 6.13**), houve aumento no estoque de fósforo total ao longo do período experimental (**Figura 6.22**). Apesar dos animais funcionarem como aceleradores do processo de ciclagem desse nutriente, a sua dinâmica no solo em integração com a pecuária é determinada pela fração inorgânica, uma vez que a fração orgânica é pouco afetada. Aumentos na forma orgânica somente ocorreram na camada superficial de 0 a 5 cm.

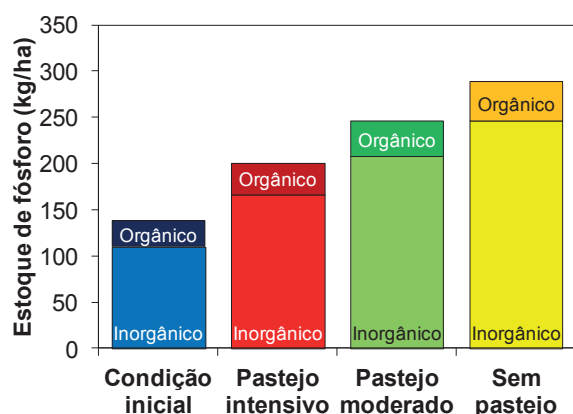


Figura 6.22. Houve aumento no estoque de fósforo total ao longo do período experimental predominantemente na forma inorgânica.

O aumento do estoque desse nutriente na camada de 0 a 20 cm ocorreu predominantemente na fração inorgânica moderadamente lábil. 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.

6.4.3. Nutrientes na biomassa microbiana

Os teores de carbono, nitrogênio e fósforo na biomassa microbiana ao longo do ciclo de pastejo e da soja, bem como sua atividade no solo (**Figura 6.18**), variaram com as intensidades de pastejo e épocas de amostragem. Nas duas épocas avaliadas: a) maio a dezembro de 2007; e b) maio de 2010 a janeiro de 2011, os teores

desses nutrientes aumentaram a partir do estabelecimento da pastagem (maio) até um máximo em setembro e depois decresceram, conforme ilustrado na **Tabela 6.5**. Esses valores estão relacionados com a evolução da pastagem no tempo com o aumento da temperatura, até a sua senescência, a partir de novembro, seguindo-se o estabelecimento da soja, que ainda estava no estágio inicial de crescimento, nas avaliações de dezembro e janeiro. O teor de nitrogênio na biomassa microbiana decresceu de forma mais rápida devido à diminuição de sua disponibilidade no solo com o avanço do ciclo de pastejo.

Tabela 6.5. Os estoques dos nutrientes na biomassa microbiana do solo aumentam a partir do início do ciclo de pastejo até um máximo em setembro e, depois, decrescem.

Época da avaliação	Nutriente na biomassa microbiana (kg/ha)		
	Carbono	Nitrogênio	Fósforo
Maio/2010	345	20	23
Julho/2010	357	43	36
Setembro/2010	371	48	40
Novembro/2010	358	31	29
Janeiro/2011	354	32	30

Os estoques de carbono, nitrogênio e fósforo na biomassa microbiana na camada amostrada (0-10 cm) seguiram comportamento similar: foram menores no pastejo mais intenso e não se diferenciando nas demais intensidades de pastejo e no sem pastejo (**Figura 6.24**).

Altura de manejo do pasto:

■ 10 cm ■ 20 cm ■ 30 cm ■ 40 cm ■ Sem pastejo

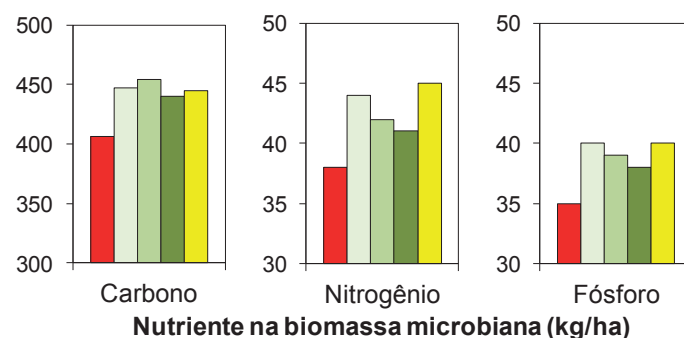


Figura 6.24. Menores quantidades de nutrientes na biomassa microbiana ocorrem no pastejo intensivo (10 cm de altura de manejo do pasto).

6.5. INDICADORES DA QUALIDADE FUNCIONAL

6.5.1. Estado de agregação

Considera-se que o estado de agregação como um dos mais importantes indicadores da qualidade do solo, por incluir aspectos físicos, relacionados à textura e estrutura; bioquímicos, relacionados à formação e estabele-

cimento dos agregados; e microbiológicos, relacionados ao balanço de carbono orgânico (humificação e decomposição). Ela decorre da aproximação e cimentação das partículas de solo por meio de mecanismos físicos, químicos e biológicos. A sua avaliação, pelo diâmetro médio ponderado (DMP) em duas camadas de solo, foi efetuada em

duas épocas ao longo do tempo (**Figura 6.25**) Em sua expressão, revela, em todas as épocas e camadas de solo, menor agregação do solo na ausência do que na presença dos animais, havendo, entretanto, sempre valores numéricos de DMP mais altos nos pastejos leve a moderados. Valores mais altos para todas as intensidades de pastejo e camadas de solo na última avaliação (2010/11) pode ser uma indicação de melhoria do seu estado de agregação com o tempo.

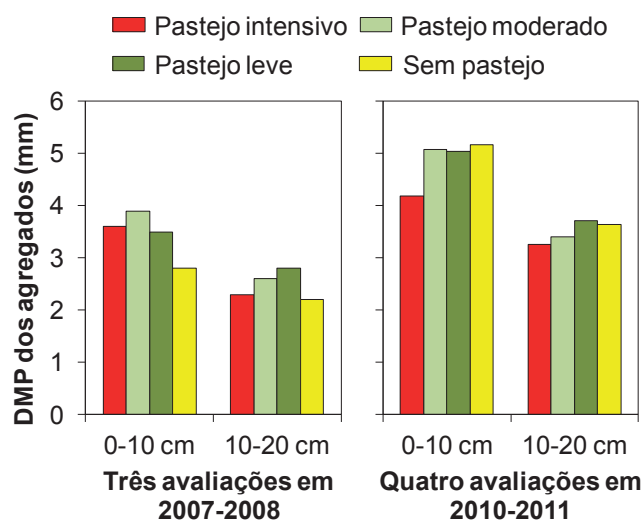


Figura 6.25. Menor agregação do solo ocorre na ausência dos animais; ela é maior nos pastejos leve e moderado em ambas as avaliações.

6.5.2. Diversidade microbiana funcional

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 atividades bioquímica e metabólica, além de proporcionarem respostas mais rápidas às mudanças no ambiente, apresentam um 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 mais altos (**Figura 6.26**), quando comparados a sistemas de manejo com culturas comerciais exclusivas ou em sucessão a plantas de cobertura, que estão por volta de 4,5. As intensidades moderadas de pastejo apresentaram maior diversidade metabólica da comunidade microbiana, o que 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 6.25**), de maior estoque (**Figura 6.20**) e

labilidade de carbono (**Figura 6.21**) e da maior atividade microbiana (**Figura 6.18**).

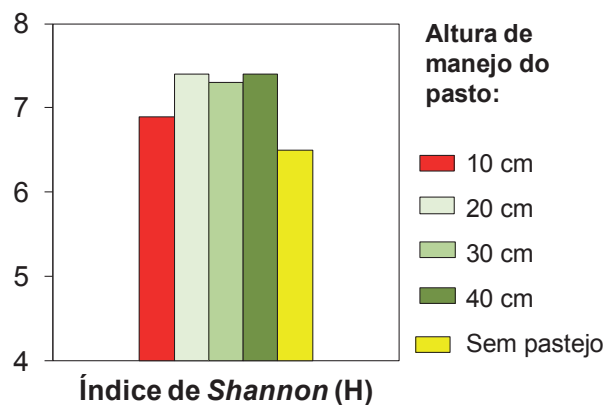


Figura 6.26. As intensidades moderadas de pastejo apresentam maior diversidade metabólica da comunidade microbiana.

6.5.3. Índice de manejo de carbono

Melhorias na qualidade do solo, afetadas pelo manejo em sistemas integrados de produção, podem ser detectadas pelo índice de manejo de carbono (IMC), uma medida da labilidade da matéria orgânica, a fração mais afetada pelo manejo. Ele permite avaliar a dinâmica dos processos em relação à perda ou ao ganho de carbono, isto é, à sustentabilidade dos sistemas: quanto maior o IMC, em relação a uma condição de referência, maior a qualidade do solo.

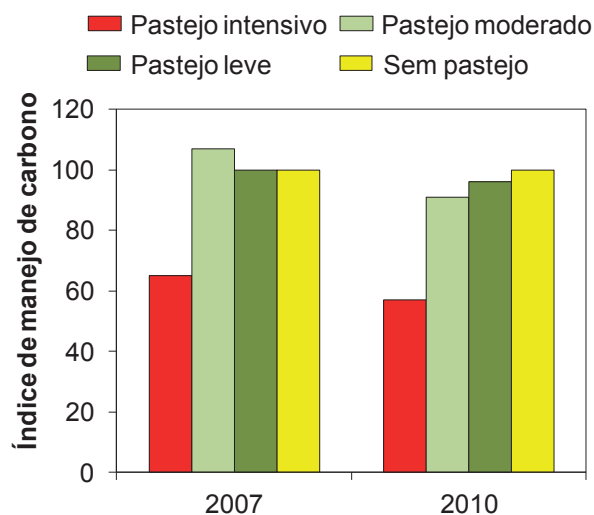


Figura 6.27. As intensidades moderadas de pastejo apresentaram maior diversidade metabólica da comunidade microbiana.

Verifica-se que, em intensidades de pastejo leve (40 cm) e moderado (30 e 20 cm), o valor do IMC é similar aos de referência (sem pastejo) (**Figura 6.27**) e valores muito mais baixos na maior intensidade de pastejo (10 cm). Esses valores (65 em 2007; 57 em 2010) são similares aos encontrados para na Depressão Central para um solo em pousio e a em sucessão aveia preta/milho sem adição de nitrogênio, tendo como referên-

cia uma pastagem nativa, tomada como referência, indicando a baixa sustentabilidade do sistema. Os valores de IMC numericamente inferiores na última amostragem em

relação à anterior (**Figura 6.27**) nas áreas pastejadas, resultam do decréscimo do carbono orgânico particulado, a fração lábil da matéria orgânica (**Figura 6.21**).

6.6. CICLAGEM DE NUTRIENTES E ADUBAÇÃO DO SISTEMA

A ciclagem dos nutrientes é apresentada como o processo fundamental para caracterizar os sistemas integrados de produção agropecuária. Ela constitui o fluxo dos nutrientes entre os diversos compartimentos (atmosfera-planta-animal-solo) do sistema, em uma série de processos nos respectivos ciclos biogeoquímicos. A entrada do animal no sistema modifica as taxas e os fluxos, atuando como catalisador dos processos sistêmicos, reciclando o material orgânico e determinando a dinâmica dos nutrientes entre os compartimentos do sistema.

O solo, por acolher os vários processos sinérgicos, é considerado o componente principal desses compartimentos. O pleno conhecimento da ciclagem é importante para o uso eficiente dos nutrientes do solo, dos resíduos e dos fertilizantes. Para isso, é necessário que se tenha experimentos de longa duração para promover o acúmulo da fração orgânica, especialmente a lábil, que é determinada pelo manejo que se imprime ao sistema.

A quantidade total de nutrientes a ser ciclada é determinada pela quantidade de biomassa produzida nas fases do sistema, no caso presente, da parte aérea do pasto e da soja (**Tabela 6.6**), uma vez que não houve coleta de raízes. A biomassa do pasto, por ser afetada pelas intensidades de pastejo, com maiores valores nos pastejos leve e moderado, está diretamente relacionada com as quantidades totais de biomassa, uma vez que a biomassa da soja não foi afetada pelas intensidades de manejo do pasto. O mesmo ocorreu com a quantidade

total a ser ciclada de nitrogênio, de fósforo e de potássio, cujos valores também estão diretamente relacionados com os de produção total de biomassa (**Tabela 6.6**), uma vez que os respectivos teores são pouco afetados pelas intensidades de pastejo. Da mesma forma, as diferenças em função do pastejo ocorreram nos nutrientes contidos no pasto, com maiores valores para o pastejo leve (40 cm) e moderado (30 cm) e menor para o pastejo intensivo (10 cm). A quantidade de biomassa da parte aérea do pasto + soja, variando entre 9,83 a 12,54 t/ha (**Tabela 6.6**), se relaciona com a taxa de acúmulo (**Tabela 6.3**) e com o balanço positivo de carbono (**Tabela 6.4**), sendo maiores nos pastejos leve e moderado e menor no pastejo intensivo. É importante ressaltar a alta quantidade de nutrientes envolvidos em um ciclo soja-pastejo, especialmente de nitrogênio (255 a 356 kg/ha) e de potássio (139 a 168 kg/ha).

A ciclagem, no contexto deste trabalho, se refere à medida do desaparecimento dos resíduos da parte aérea do pasto, do esterco bovino e da parte aérea da soja (caules e folhas) em sacos de decomposição (litter bags) no campo e a consequente liberação dos nutrientes neles contidos. Nesta situação, tem-se uma determinação parcial dos nutrientes ciclados, uma vez que não se considera a contribuição das raízes das plantas, da urina animal e da própria matéria orgânica do solo, especialmente da fração lábil.

Tabela 6.6. A biomassa do pasto, por ser afetada pelas intensidades de pastejo, determina as diferenças na magnitude da biomassa total do sistema, uma vez que a biomassa da soja não é afetada pelo pastejo. O mesmo ocorre com a quantidade total a ser ciclada de nitrogênio, de fósforo e de potássio.

Biomassa/nutrientes	Cultura	Sem pastejo	Altura de manejo da pastagem			
			40 cm	30 cm	20 cm	10 cm
Biomassa aérea (t/ha)	Pasto ⁽¹⁾	5,5	7,5	6,9	5,6	4,7
	Soja ⁽²⁾	5,4	5,0	5,6	5,1	5,1
	Total	10,9	12,5	12,5	10,7	9,8
Nitrogênio - N ⁽³⁾ (kg/ha)	Pasto	104	147	138	120	80
	Soja	209	194	215	206	175
	Total	313	341	353	326	255
Fósforo - P ⁽³⁾ (kg/ha)	Pasto	13	20	16	15	15
	Soja	10	6	10	8	7
	Total	23	26	26	23	22
Potássio - K ⁽³⁾ (kg/ha)	Pasto	72	103	106	81	68
	Soja	70	60	62	62	65
	Total	142	163	168	143	139

⁽¹⁾Valores médios de 15 ciclos de pastejo (2001/15); ⁽²⁾Valores médios de 14 cultivos de soja (2001/15); ⁽³⁾Calculados a partir da produção média de biomassa no período 2001/15 e dados médios dos teores de nutrientes no período 2009/11.

A dinâmica de decomposição desses 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 pelos teores de celulose e de lignina (**Tabela 6.7**). A decomposição dessas formas (lábil e

recalcitrante) e a consequente liberação de nutrientes ocorrem de forma concomitante ou separada (primeiro, a lábil e, depois, a recalcitrante) é identificada pelo ajuste de equações não lineares. A meia vida ($T^{1/2}$), que é o tempo para liberar a metade do nutriente do resíduo, tem sido utilizada 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).

Tabela 6.7. Apenas os resíduos do pastejo tem seu teor de lignina afetado intensidade de pastejo, sendo menor nos pastejos moderados.

Altura de manejo do pasto	Teor de lignina (%) [*]			
	Pastagem		Soja	
	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$
10 cm	11,2	24,4	11,7	8,8
20 cm	8,8	17,6	11,5	8,8
30 cm	9,8	18,8	12,3	8,9
40 cm	11,7	23,2	11,9	8,8
Sem pastejo	12,3	-	11,5	8,0

^{*} Valores médios de dois ciclos de cultivo (2009-2011)

Para efeito de ilustração, são apresentados, neste boletim, a fração lábil e os respectivos tempos de meia vida de cada nutriente, por serem os fatores determinantes da ciclagem em curto espaço de tempo. Assim, para o nitrogênio (**Tabela 6.8**), a fração lábil e $T^{1/2}$ dos resíduos do pasto e do esterco são afetados pelas intensidades de pastejo, enquanto que, na soja isso não ocorreu, sendo que nesta (soja), tanto a fração lábil como o $T^{1/2}$ são maiores. Nos resíduos do pastejo, o $T^{1/2}$ é menor nos pastejos moderados a leve: 39 a 55 dias para o pasto, e 7 a 20 dias para o esterco, indicando decomposição mais rápida, por apresentarem menor teor de lignina (**Tabela 6.7**).

Tabela 6.8. Para o nitrogênio, a fração lábil e o $T^{1/2}$ dos resíduos do pasto e do esterco são mais baixos nos pastejos moderados.

Altura de manejo do pasto	Parâmetros de liberação de N dos resíduos ⁽¹⁾							
	Pasto		Esterco bovino		Folha de soja		Caule de soja	
	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$
	(%)	(dias)	(%)	(dias)	(%)	(dias)	(%)	(dias)
10 cm	72	128	61	77	82	127	75	66
20 cm	64	39	14	7	83	130	74	65
30 cm	57	53	10	11	82	120	75	61
40 cm	51	55	20	20	82	125	74	67
SP ⁽²⁾	68	82	-	-	83	130	75	70

⁽¹⁾ FL = fração lábil; $T^{1/2}$ = tempo de meia vida. ⁽²⁾ SP = sem pastejo.

Para o fósforo (**Tabela 6.9**), a decomposição da fração lábil é rápida para todos os resíduos, sendo, porém, menor para o esterco ($T^{1/2}$ de 5 a 16 dias), seguido das folhas de soja ($T^{1/2}$ de 16 a 23 dias), do resíduo do

pasto ($T^{1/2}$ de 13 a 40 dias) e, por fim, do caule da soja ($T^{1/2}$ de 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. O tempo de meia-vida dos caules de soja é relativamente elevado (58 a 66 dias). O tempo mais baixo para a liberação de fósforo dessas frações (lábeis) está relacionado ao menor teor de lignina em relação à fração recalcitrante.

Tabela 6.9. Para o fósforo, a decomposição da fração lábil é rápida para todos os resíduos, sendo, porém, menor para o esterco, seguido das folhas de soja, do resíduo do pasto e, por fim, do caule da soja.

Altura de manejo do pasto	Parâmetros de liberação de P dos resíduos ⁽¹⁾							
	Pasto		Esterco bovino		Folha de soja		Caule de soja	
	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$
10 cm	31	24	35	9	61	57	22	12
20 cm	44	14	32	5	61	57	22	15
30 cm	44	14	32	6	61	59	22	15
40 cm	32	26	35	11	61	58	23	15
SP ⁽²⁾	32	25	-	-	61	59	23	15

⁽¹⁾ FL = fração lábil; $T^{1/2}$ = tempo de meia vida. ⁽²⁾ SP = sem pastejo.

A liberação de potássio dos diferentes resíduos (**Tabela 6.10**) é unicamente dependente da 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: resíduo do pasto (15 a 18 dias), esterco (11 a 12 dias), folhas de soja (8 a 9 dias) e caules de soja (12 a 15 dias) e sendo, em todos os casos, pouco afetado pela intensidade de pastejo, o que indica a sua liberação imediata para a próxima cultura (pastagem ou soja) e a própria ciclagem no sistema.

Tabela 6.10. A liberação de potássio dos diferentes resíduos é rápida e pouco afetada pela intensidade de pastejo.

Altura de manejo do pasto	Parâmetros de liberação de K dos resíduos ⁽¹⁾							
	Pasto		Esterco bovino		Folha de soja		Caule de soja	
	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$	FL	$T^{1/2}$
	(%)	(dias)	(%)	(dias)	(%)	(dias)	(%)	(dias)
10 cm	86	17	91	11	99	16	98	11
20 cm	89	18	93	12	99	16	98	11
30 cm	91	20	95	12	99	15	98	11
40 cm	90	20	94	12	99	16	98	11
SP ⁽²⁾	90	18	-	-	98	20	98	12

⁽¹⁾ FL = fração lábil; $T^{1/2}$ = tempo de meia vida. ⁽²⁾ SP = sem pastejo.

A taxa de liberação dos nutrientes dos resíduos 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 em função de sua menor relação C:N; o esterco sofre, no trato digestivo animal, um processo de degradação

(mesmo que parcial) da fração recalcitrante, tornando-a mais rapidamente degradada no solo.

Para uma avaliação completa da ciclagem, deve-se considerar o fluxo dos nutrientes em todos os compartimentos. Conforme apresentado nas **Tabelas 6.8 a 6.10**, somente houve avaliação das quantidades de nutrientes liberadas na decomposição dos resíduos do pasto, do esterco e dos caules e folhas de soja. Assim, para o ciclo mais completo do pastejo (**Tabela 6.11**), foram incluídas as quantidades exportadas pelos animais, a partir da literatura, as quantidades cicladas pela urina, a partir do balanço entre as quantidades nutrientes absorvidas pela pastagem, descontando-se as quantidades liberadas pela decomposição do resíduo do pasto e do esterco e as exportadas pelos animais. A partir desse balanço (**Tabela 6.11**), pode-se verificar que as quantidades cicladas são grandes, quando comparadas com as próprias recomendações de adubação, especialmente de

nitrogênio e potássio e que impactos das intensidades de pastejo ocorreram na ciclagem desses nutrientes e não na de fósforo. No caso dos dois primeiros, a ciclagem foi maior nos pastejos leve e moderados em relação ao sem pastejo e, principalmente, em relação ao pastejo intensivo. O maior aumento da ciclagem ocorreu no pastejo leve (40 cm), que foi de 90 % para o nitrogênio e de 38 % para o potássio em relação ao sem pastejo. Essa diferença é atribuída à reciclagem desses nutrientes no sistema, conforme apontado na literatura.

É importante que se observe que as quantidades de nitrogênio e de potássio cicladas pela excreta dos animais é uma fração importante na ciclagem e aumenta com a intensidade de pastejo, majoritariamente pela urina em relação ao esterco. A ciclagem de fósforo pela excreta dos animais é, entretanto, pequena e ocorre majoritariamente pelo esterco.

Tabela 6.11. As quantidades de nutrientes cicladas são grandes, quando comparadas com as próprias recomendações de adubação, especialmente de N e K. Os impactos das intensidades de pastejo ocorreram principalmente na ciclagem desses nutrientes, com menor impacto no P.

Biomassa/nutrientes	Resíduo/retirada/ ciclagem ⁽²⁾	Sem pastejo	Altura de manejo da pastagem			
			40 cm	30 cm	20 cm	10 cm
Biomassa (seca) aérea (t/ha)	Pasto	5,4	5,6	4,5	3,2	1,5
	Esterco	-	0,5	0,6	0,8	1,2
	Total	5,4	6,1	5,1	4,0	2,7
Nitrogênio - N⁽¹⁾ (kg/ha)	Pasto	89	120	90	62	28
	Esterco	-	12	16	21	26
	Urina ⁽³⁾	-	23	24	17	21
	Retirada animal	-	5	8	10	14
	Ciclagem	89	160	138	110	89
Fósforo - P⁽¹⁾ (kg/ha)	Pasto	17	12	11	8	5
	Esterco	-	3	3,5	5	8
	Urina ⁽³⁾	-	0,8	0,5	0,7	0,9
	Retirada animal	-	1,2	2,0	2,8	3,6
	Ciclagem	17	17	17	16,5	17,5
Potássio - K⁽¹⁾ (kg/ha)	Pasto	78	80	71	44	20
	Esterco	-	10	12	15	22
	Urina ⁽³⁾	-	17,6	22,3	17	23,7
	Retirada animal	-	0,4	0,7	1,0	1,3
	Ciclagem	78	108	106	77	67

⁽¹⁾Dados de matéria seca e produção animal (Retirada pelo animal: 2,8, 0,73 e 0,25 kg de N, P e K, respectivamente, por 100 kg de peso vivo), na média de 15 ciclos de pastejo; ⁽²⁾Dados de liberação de nutrientes dos resíduos de pasto e do esterco de dois ciclos de pastejo; ⁽³⁾Valores estimados a partir do balanço dos nutrientes ingeridos

A participação da ciclagem dos resíduos em fornecer nutrientes para a cultura a ser instalada em sucessão pode ser estimada por sua liberação ao longo do tempo. As quantidades acumuladas refletem as taxas de decomposição, especialmente da fração lábil (menor $T^{1/2}$), conforme apresentado nas **Tabelas 6.8 a 6.10**. Como consequência, a liberação dos nutrientes dos resíduos do pastejo (**Tabela 6.12**) foi mais rápida e maior para a intensidade de pastejo leve (40 cm) e moderada (30 cm) e, essas duas, mais altas em relação ao pastejo intensivo (10 cm). A fração dos nutrientes liberada em relação ao total existente nos resíduos é baixa para o fósforo (37 a 50 %), média para o nitrogênio (45 a 69 %) e alta para

o potássio (74 a 98 %). As quantidades de nutrientes liberadas dos resíduos do pastejo para a cultura seguinte (120 dias), no caso a soja, representa uma pequena quantidade de fósforo (11,4 a 16,0 kg de P_2O_5 /ha) e grande de nitrogênio e potássio, especialmente no sem pastejo, pastejo leve e moderado (102 a 122 kg N/ha e 85 a 108 kg de K_2O /ha, respectivamente) em relação às demandas da cultura.

A liberação de nitrogênio, fósforo e potássio dos resíduos da soja para a cultura seguinte, no caso a pastagem (**Tabela 6.13**), a exemplo do crescimento e rendimento de grãos, não foi afetada pelas intensidades de pastejo. As quantidades liberadas desses nutrientes para

o ciclo seguinte (pastejo) seguiu a mesma ordem da liberação dos resíduos do pastejo, mas em quantidades menores, especialmente para o nitrogênio, uma vez que a coleta dos resíduos de soja foi feita na colheita dos grãos, quando uma fração considerável das folhas já havia senescido e caído ao chão.

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. A cinética de sua liberação (**Tabelas 6.12 e 6.13**), infor-

ma a magnitude de sua liberação no tempo, o que permite definir a dose e o manejo da adubação, especialmente a nitrogenada, para a expectativa de rendimento, de forma a estabelecer uma sincronia entre o suprimento pelo solo e a demanda pelas culturas, ao longo do seu desenvolvimento. Para isso, deve-se conhecer o fluxo dos nutrientes entre todos os compartimentos do sistema: o resíduo da palhada na superfície e da excreta dos animais (esterco e urina) e dos resíduos que se localizam no perfil do solo (raízes e humus).

Tabela 6.12. A quantidade de nutrientes liberada pelos resíduos do ciclo de pastejo para a soja é alta em relação à demanda da soja e mais rápida e maior para as intensidades de pastejo leve (40 cm) e moderada (30 cm) e, essas duas, mais altas em relação ao pastejo intensivo (10 cm).

Nutriente	Altura de manejo do pasto	Tempo após dessecação do pasto (dias)				Total nos resíduos	Fração liberada (%)
		30	60	90	120		
Nitrogênio – N⁽¹⁾ (kg/ha)	Sem pastejo	44	50	62	70	102	69
	40 cm	44	50	70	77	122	63
	30 cm	28	38	50	56	102	55
	20 cm	25	36	42	45	83	54
	10 cm	8	10	16	19	41	46
Fósforo – P₂O₅⁽¹⁾ (kg/ha)	Sem pastejo	6,9	8,2	13,3	14,4	30	48
	40 cm	8,7	11,4	15,6	16,0	43	37
	30 cm	13,7	14,2	15,6	16,0	32	50
	20 cm	9,2	9,8	11,4	12,1	25	48
	10 cm	6,9	9,2	10,1	11,4	27	42
Potássio – K₂O⁽¹⁾ (kg/ha)	Sem pastejo	77	80	82	83	85	98
	40 cm	79	88	94	94	108	87
	30 cm	60	66	74	77	93	83
	20 cm	38	44	48	50	68	74
	10 cm	28	34	38	44	49	90

⁽¹⁾ Valores retirados das curvas de regressão não lineares nos ciclos de pastejo de 2009 e 2010, ajustados para o período 2001 a 2015.

Tabela 6.13. A quantidade de nutrientes liberada dos resíduos da soja é rápida e alta em relação à demanda da pastagem para nitrogênio potássio e, a exemplo do crescimento e rendimento de grãos, não é afetada pelas intensidades de pastejo.

Nutriente	Altura de manejo do pasto	Tempo após a colheita da soja (dias)				Total nos resíduos	Fração liberada (%)
		30	60	90	120		
Nitrogênio – N⁽¹⁾ (kg/ha)	Sem pastejo	12	19	31	38	94	40
	40 cm	12	19	33	36	91	40
	30 cm	13	19	33	36	96	38
	20 cm	14	21	30	34	94	36
	10 cm	9	15	23	30	75	40
Fósforo – P₂O₅⁽¹⁾ (kg/ha)	Sem pastejo	4,1	6,4	7,8	8,3	10,7	78
	40 cm	3,1	5,2	6,1	6,8	8,2	83
	30 cm	3,5	5,5	6,8	7,1	10,8	67
	20 cm	2,5	5,2	6,7	7,3	8,7	84
	10 cm	2,6	4,0	5,0	6,5	8,6	76
Potássio – K₂O⁽¹⁾ (kg/ha)	Sem pastejo	14	57	66	75	78	96
	40 cm	17	50	62	56	69	81
	30 cm	27	49	57	65	70	93
	20 cm	22	53	60	68	70	97
	10 cm	19	43	47	49	65	80

⁽¹⁾ Valores retirados das curvas de regressão não lineares nas safras de soja de 2009/10 e 2010/11, ajustados para o período 2001 a 2015.

A ciclagem e o balanço de potássio no sistema foram também estudados (**Figura 6.28**) pela determinação das quantidades desse nutriente adicionadas, acumuladas nos diferentes compartimentos (soja, pastagem e animais) e exportadas no ciclo pastejo/soja (2006/07). De forma diferenciada em relação à média do período 2001-2015, as quantidades cicladas nesse ciclo aumentaram com a intensidade de pastejo: de 161, no tratamen-

to sem pastejo a 284 kg/ha, no pastejo intensivo (**Figura 6.28**), sendo, entretanto, 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 no total ciclado 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 (40 cm), para 164 kg/ha, no pastejo intensivo (10 cm) (**Figura 6.28**). 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.

Enquanto o balanço de K na lavoura (entradas menos saídas) foi pequeno e pouco diferenciado entre os tratamentos (-0,9, no 20 cm a +11 kg/ha no 10 cm), o balanço no solo variou bastante: de +31, no sem pastejo, a -80, no 40 cm, e -104 kg/ha, no 10 cm. Isto indica que, ao menos parte das quantidades ciclada nas áreas pastejadas, foi transferida do solo. 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.

A condição atual do sistema soja-bovinos de corte pode ser caracterizada como um sistema consolidado dentro dos princípios da agricultura conservacionista (plantio direto). Ele apresenta fertilidade química do solo construída no tempo (sem problemas de acidez e com disponibilidade de nutrientes na faixa de suficiência) (**Item 6.2**), sem efeitos físicos e hídricos restritivos (**Item 6.1**), com balanço positivo de carbono (**Item 6.4**), com alta atividade microbiológica e bioquímica (**Item 6.3**), com alta qualidade funcional (agregação, diversidade microbiana funcional e índice de manejo de carbono) (**Item 6.5**) e com alta ciclagem de nutrientes, tudo isso especialmente nos pastejos moderados a leve (**Item 6.6.**), levaram a se utilizar uma lógica diferente; a adubação do sistema (**Figura 6.29**).

Assim, ao invés de adubar somente com nitrogênio a pastagem e com fósforo e potássio a soja, como se

fazia até a safra 2011/12, passou-se a aplicar toda a adubação na pastagem, com a quantidade desse nutriente (100 a 150 kg/ha) para uma expectativa de 6-8 t/ha de biomassa da pastagem e de uma adubação de manutenção de fósforo e potássio (300 kg/ha da fórmula 00-20-30), para uma expectativa de produtividade de 4,0 t/ha de grãos de soja.

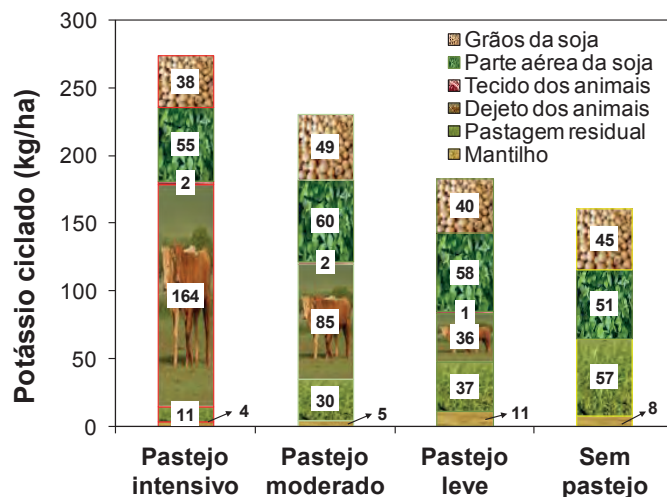


Figura 6.28. As quantidades de K cicladas no ciclo estudado (2006/07) aumentaram com a intensidade de pastejo, sendo, entretanto, superiores às necessidades das respectivas culturas.

Considerando o ganho médio de 350 kg de peso vivo por hectare, na média dos pastejos moderados (bom pastejo), os animais exportam em torno de 14, 6,0 e 0,6 kg/ha de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, havendo assim uma ciclagem em torno de 115, 15 e 90 kg/ha desses nutrientes, respectivamente (**Tabela 6.13**).

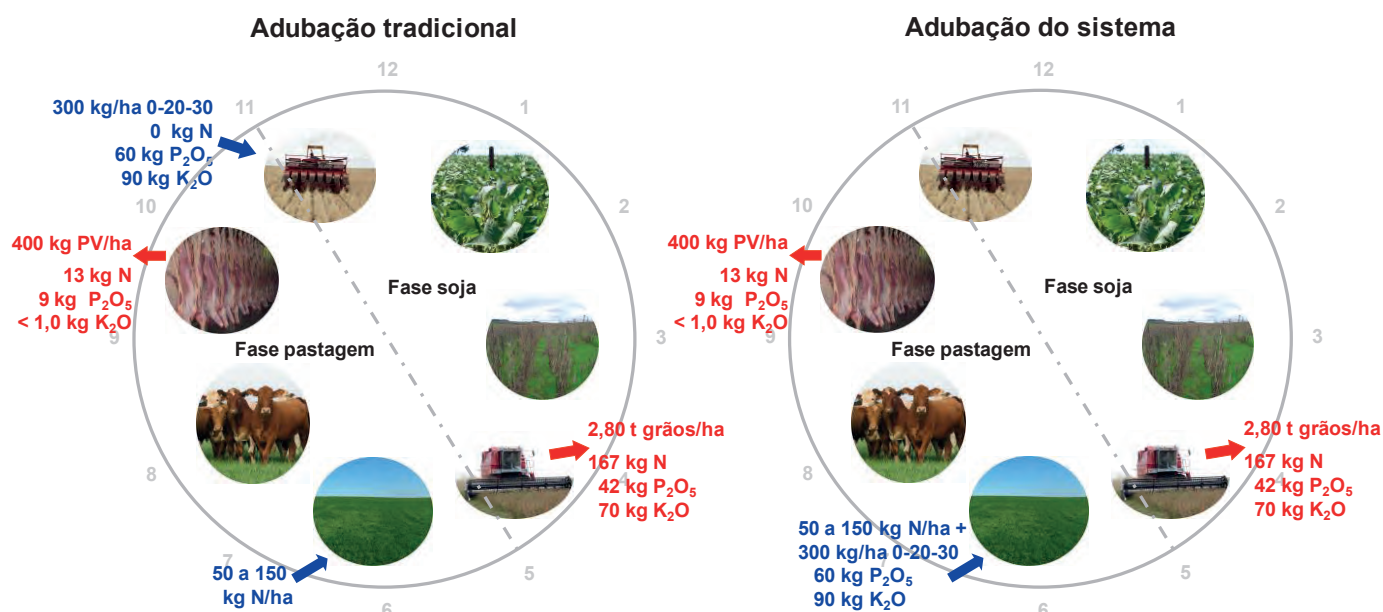


Figura 6.29. A adubação do sistema soja-bovinos de corte é uma estratégia de manejo a ser adotada no sistema plantio direto consolidado e fertilidade química construída (nutrientes na faixa de suficiência e ausência de elementos tóxicos).

E
N
T
R
A
D
A
S

C
I
C
L
A
G
E
M

S
A
Í
D
A
S

Radiação Solo Clima Atmosfera Água

INTEGRAÇÃO SOJA-BOVINOS DE CORTE

Boas práticas agropecuárias

Insumos agrícolas
Insumos pecuários
Combustíveis

Água

Nutrientes

Resíduos

Propriedade agrícola

Gases

Sedimentos

Nutrientes

Água

Produto animal

Produto vegetal

7 ASPECTOS AMBIENTAIS

Amanda P. Martins, Taise R. Kunrath, William de Souza Filho,
Diego Cecagno, Cimélio Bayer, Fernanda Roberta P. Tatsch, Egon José Meurer,
Fernando M. Pfeifer, Ibanor Anghinoni e Paulo César de F. Carvalho.

7. ASPECTOS AMBIENTAIS

Na produção de alimentos, além dos índices de produtividade, é necessário observar as novas demandas da sociedade. O consumidor agora se preocupa com a origem do produto, com o bem-estar animal e com as características de seu ambiente de produção. A conscientização dos direitos dos consumidores, a produção com menores impactos ao ambiente e a preocupação com a saúde e o bem-estar animal impõem condições ao mercado que devem ser atendidas pelos produtores. No Brasil, o enfoque já não tem sido exclusivamente voltado à maximização da produção animal, mas também ao desenvolvimento de ambientes de produção sustentáveis e de qualidade. A integração lavoura-pecuária é um sistema de produção onde o dilema produtividade *versus*

conservação tem uma solução compatível com as atuais demandas da sociedade e do mercado consumidor. Utilizando as plantas de cobertura na alimentação animal, além da proteção do solo e do aproveitamento mais eficiente dos recursos ambientais, há um aumento, equilibrado, nos níveis de produção animal e vegetal, consequentemente melhorando a renda do produtor e gerando um sistema de produção sustentável. Neste capítulo abordaremos os impactos das intensidades de pastejo na eficiência e uso de nutrientes (**Item 7.1**), a ocorrência de elementos-traço (**Item 7.2**) e a emissão dos gases de efeito estufa pelos animais e pelo solo (**Item 7.3**), no contexto do modelo conceitual apresentado.

7.1. EFICIÊNCIA DE USO DOS NUTRIENTES

Um dos pilares da agricultura moderna nas regiões tropicais e subtropicais é a utilização de doses expressivas de fertilizantes e calcário o que, atualmente, vem causando um conflito entre a obtenção de altas produtividades e a sustentabilidade do sistema de produção. Entretanto, a questão que se coloca para o futuro não é a **não utilização** desses insumos e, sim, a sua **boa utilização**, que se traduz numa maior eficiência de uso. Visando atender a esta demanda da compreensão da eficiência de diferentes sistemas, um estudo foi realizado no ano de 2010, analisando a eficiência de uso dos seguintes nutrientes: cálcio, magnésio e potássio. Esses nutrientes foram escolhidos por apresentarem ciclo menos complexo do que outros nutrientes, como o nitrogênio e o fósforo, que ainda carecem de estudos mais aprofundados.

A eficiência de uso dos nutrientes foi mensurada após a equivalência da produção da fase pastagem e da fase soja, transformando a quantidade total de grãos e de carne produzida em quantidade total de proteína produzida (**Figura 7.1**), considerando-se uma média de 40% e 20% de conteúdo proteico, respectivamente. De modo geral, verificou-se que os sistemas com pastejo tendem a ser mais eficientes na utilização dos nutrientes analisados para a produção de proteína, com exceção do potássio que se mostrou com eficiência de uso similar entre os distintos manejos (**Figura 7.2**).

Essas diferenças se devem basicamente às menores perdas dos sistemas integrados (**Item 6.2**), pois a produção total de proteína entre os sistemas foi muito parecida (cerca de 1 t/ha, a cada ano) (**Figura 7.1**). Isso se deve ao fato de que a fase que mais contribui para a produção de proteína é a soja, cuja produtividade ao longo dos anos não foi afetada pelas intensidades de pastejo (**Item 5.6**).

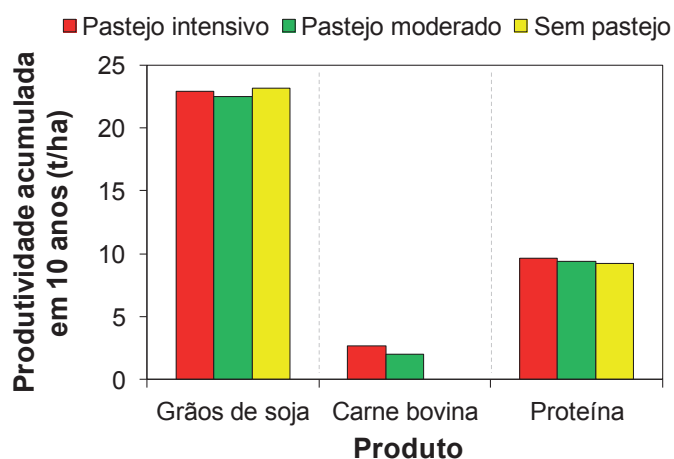


Figura 7.1. Não houve diferença entre os manejos na produtividade acumulada de grãos de soja, resultando também em ausência de diferença na produtividade de proteína, uma vez que a soja é a grande responsável pela produção total de proteína do sistema.

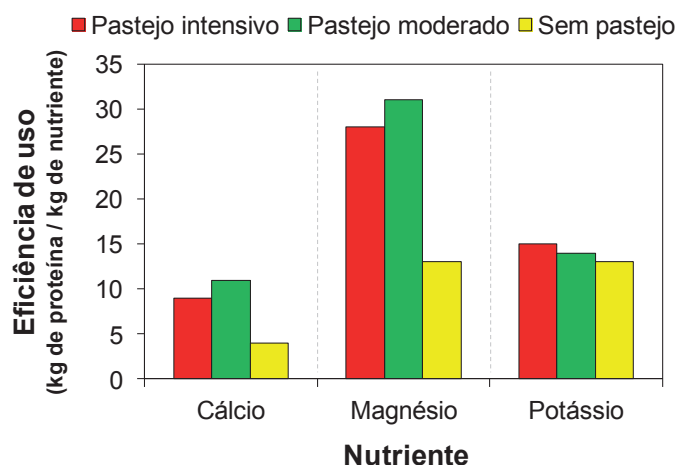


Figura 7.2. A eficiência de uso de cálcio e magnésio é maior em intensidades moderadas de pastejo, enquanto a de potássio não é afetada pelo pastejo.

7.2. OCORRÊNCIA DE ELEMENTOS-TRAÇO

As concentrações de elementos-traço (ETs) em solos antes das adições antropogênicas são, geralmente, de pouco risco, pois o crescimento de plantas ou a qualidade da água não são negativamente afetados. Contudo, o uso de subprodutos oriundos das zonas rurais como esterco de aves, bovinos, suínos, resíduos urbanos e industriais podem conter ETs e se constituir em fontes de poluição não pontuais de solos e sistemas aquáticos. Os ETs apresentam bioacumulação e biomagnificação na cadeia alimentar e podem trazer sérios riscos à saúde.

Um estudo nessa temática foi realizado no experimento após a colheita da soja da safra 2010/11, quando foram retiradas amostras de solo na camada 0-20 cm na área experimental e também em uma área de mata nativa próxima ao local do experimento, para fins de referência e comparação. Para a coleta das amostras, foi utilizado um trado holandês, com ponteira em aço inoxidável. Os ETs [cádmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn)] foram determinados nas amostras de solo e nos grãos de soja daquela safra.

Neste estudo observou-se que os teores tanto no solo como nos grãos de soja estão dentro dos limites estabelecidos pelos órgãos competentes (**Tabela 7.1**). No entanto, as maiores quantidades de esterco depositado no tratamento 10 cm (**Item 4.2.2**) poderiam estar contribuindo para o maior teor de Cu nesse tratamento,

pois o animal excreta a maior parte do Cu absorvido (em insumos pecuários) via esterco. Porém, salienta-se que essa é apenas uma hipótese e mais estudos são necessários para verificar a origem do maior teor de Cu, como o fracionamento desse elemento no solo, por exemplo. Mesmo assim, isto não se refletiu em altos teores de cobre nos grãos de soja.

Cabe destacar que a condução do sistema soja-pecuária de corte por dez anos com produção de grãos e carne, acarreta exportação de nutrientes e elementos-traço da área. Além disso, a metodologia de amostragem adotada, na camada de 0-20 cm, a fim de estar em conformidade com o estabelecido pelo CONAMA e Ministério da Agricultura para amostragem com intuito de determinação de ETs, pode não estar refletindo adequadamente os teores desses elementos na área. Isto, por se tratar de sistema plantio direto consolidado, onde os efeitos mais pronunciados em termos de nutrientes são constatados até uma profundidade de 10 cm. Acredita-se que a amostragem do solo estratificada possa indicar, com maior precisão, os teores desses elementos-traço em solos. Ainda, nesse sentido, o sistema de produção em tela conduzido nessa área gera características químicas, físicas e biológicas muito particulares, o que certamente se reflete nos teores e mobilidade desses ETs, necessitando de amostragens de solo estratificadas.

Tabela 7.1. Os teores dos elementos-traço foram baixos e estão abaixo dos valores estabelecidos pelo CONAMA. Os teores dos elementos-traço determinados nos grãos de soja foram baixos e estão abaixo dos valores estabelecidos pelo Codex Alimentarius

Material	Área	Cd	Cu	Pb	Ni	Zn
Solo	Altura do pasto: 10 cm	$3,6 \times 10^{-2}$	84	44	8,2	45
	Altura do pasto: 20 cm	$3,4 \times 10^{-2}$	42	43	9,6	45
	Altura do pasto: 30 cm	$3,6 \times 10^{-2}$	60	40	9,0	47
	Altura do pasto: 40 cm	$3,6 \times 10^{-2}$	51	42	8,7	39
	Sem pastejo	$4,0 \times 10^{-2}$	38	34	9,9	44
	Mata nativa	$6,2 \times 10^{-2}$	57	43	10,5	49
	Valor de prevenção ⁽¹⁾	130×10^{-2}	60	72	30,0	300
	Valor de intervenção ⁽²⁾	300×10^{-2}	200	180	70,0	450
Grãos de soja	Altura do pasto: 10 cm	4×10^{-3}	9,62	0,30	2,12	47
	Altura do pasto: 20 cm	11×10^{-3}	9,30	0,25	1,83	45
	Altura do pasto: 30 cm	13×10^{-3}	9,13	0,26	2,04	48
	Altura do pasto: 40 cm	7×10^{-3}	9,99	0,26	1,74	48
	Sem pastejo	10×10^{-3}	10,45	0,23	3,73	50
	Valor máximo permissível ⁽³⁾	180×10^{-3}		0,36		

⁽¹⁾Concentração da substância no solo acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo; ⁽²⁾Concentração de determinada substância no solo acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico;

⁽³⁾De acordo com o Codex alimentarius.

7.3. EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

A mudança do clima no planeta com o surgimento cada vez mais frequente de extremos climáticos se tornou um dos grandes desafios ambientais já enfrentados pela humanidade. Esse problema tem sido evidenciado nas últimas décadas devido ao aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, influenciado pelas ações antrópicas em setores como agricultura e pecuária. O vapor de água e CO_2 são os mais importantes GEE, mas outros gases como CH_4 , N_2O , ozônio, hidrocarbonetos halogenados e aerossol também podem aumentar a temperatura global. Embora o vapor de água seja o principal GEE na atmosfera, ele é pouco afetado pelas atividades humanas, enquanto o CO_2 , CH_4 e N_2O são muito influenciados pelas ações antropogênicas. Assim, estes três gases são considerados os mais importantes relacionados ao efeito estufa.

No setor agropecuário, as emissões são distribuídas em cinco grupos de atividades: produção animal e vegetal, utilização de fertilizantes nitrogenados, deposição de dejetos animais e uso da terra. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a produção animal contribuiu em torno de 18% do total das emissões de GEE. Os ruminantes apresentam como principal característica um estômago composto capaz de digerir a fibra vegetal (digestão fermentativa) antes da digestão enzimática. Um dos produtos formados através da digestão fermentativa (entérica) é o metano. Em adição às implicações ambientais, esse processo pode gerar perdas de 2 a 12% da energia bruta consumida em metano para o meio ambiente.

Diversos estudos apontam que os sistemas integrados, como os de lavoura-pecuária, além de intensificar o uso da terra e diversificar a produção, têm potencial para contribuir na redução das emissões de GEE por unidade de produto agropecuário. Essa contribuição está relacionada diretamente com o manejo adotado no sistema de produção como um todo, sendo que há uma maior contribuição por parte dos bovinos nas emissões de CH_4 , proveniente do processo entérico digestivo. Assim, nos anos de 2013 e 2014 avaliou-se a eficiência de emissão, mensurada por g CH_4 /kg de peso vivo ganho. A emissão diária de CH_4 foi medida usando a técnica do gás traçador SF_6 e o sistema de amostragem de ar foi através de cilindros de aço inoxidável (volume de 0,5 L) regulados por uma válvula de ingresso de ar (**Figura 7.3**). As emissões de CH_4 foram avaliadas duas vezes em 2013 e três vezes em 2014 em 36 animais (três animais por parcela, totalizando nove animais por tratamento).

O valor médio de emissão de metano foi de $183,02 \pm 49,52$ g de CH_4 por animal por dia. Os resultados indicaram que os novilhos mantidos em pastagens com moderada/leve intensidade de pastejo (20, 30 e 40 cm de

altura de manejo do pasto) demonstraram menores emissões nos dois anos de avaliação (emissão de CH_4 para cada kg de peso vivo ganho nos diferentes tratamentos). A eficiência de emissão foi maior no tratamento de 20 cm de altura de manejo do pasto, quando as emissões por kg de ganho de peso vivo foram de apenas 159 g de CH_4 (**Figura 7.4**). Além disso, verificou-se que ocorre uma variação sazonal na emissão de CH_4 durante o ciclo de pastejo, consequência do consumo de matéria seca, assim como produto das mudanças estruturais do pasto ao longo do inverno (maiores valores ao final do ciclo – setembro e outubro).

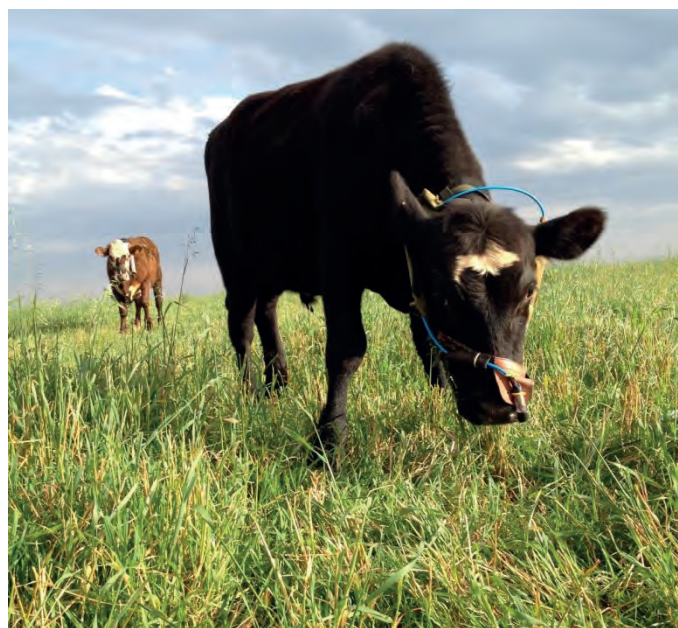


Figura 7.3. Novilho com sistema de amostragem de metano (CH_4) no campo (inverno de 2014).

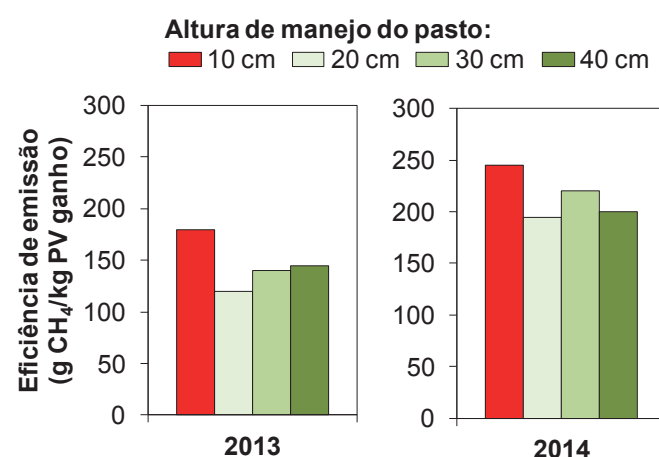


Figura 7.4. Intensidades moderadas a leves de pastejo (20, 30 e 40 cm) apresentam menores emissões de CH_4 pelos animais.

O surgimento de novos tecidos, como material senescente e o início do florescimento do pasto no final do inverno e início da primavera, causam uma modificação

estrutural que pode influenciar as taxas de digestibilidade do pasto consumido. O aumento da heterogeneidade da pastagem com o avanço da estação provavelmente trouxe maiores variabilidades no consumo e qualidade da matéria seca ingerida pelos animais e consequentemente nas emissões de CH_4 . Assim, estruturas de pasto decorrentes de intensidades de pastejo moderadas favorecem a mitigação das emissões ao provocarem diminuição da emissão de CH_4 em relação ao ganho de peso vivo. Portanto, o manejo correto da pastagem pode ser uma poderosa ferramenta na mitigação de gases de efeito estufa no setor pecuário.

Além dos animais, o solo também contribui para a emissão dos gases de efeito estufa. No solo, a maioria do N_2O produzido se dá pelos processos de nitrificação e desnitrificação. As emissões de N_2O variam de acordo com a composição do resíduo e da quantidade de biomassa adicionada ao solo. Nesse experimento, medições

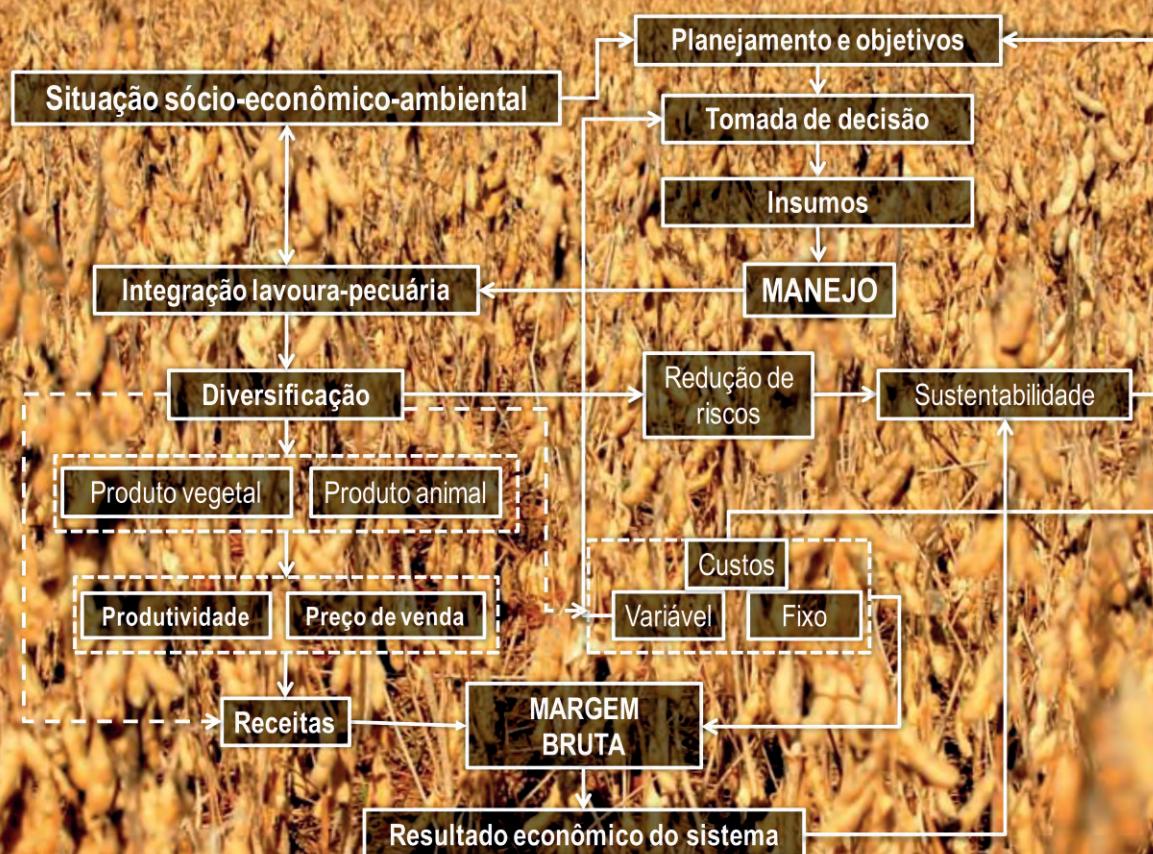
foram realizadas de 2011 a 2012 (duas fases pastagens e uma fase soja) (**Figura 7.5**) e verificou-se que as emissões de N_2O do solo não são afetadas pela intensidade de manejo do pasto, com emissões horárias que variaram de 8,7 a 11,8 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ para os manejos de 30 e 10 cm de altura de manejo do pasto, respectivamente.



Figura 7.5. Imagens das coletas de gases de efeito estufa do solo na safra de soja (2011/12).

A group of cattle, including several brown and white cows, are standing in a lush green field. The sky is a clear, pale blue. The cattle are looking towards the camera, with some showing white patches on their brown fur.

O diagrama de fluxo, intitulado "Diagrama de fluxo sobre o planejamento econômico de um sistema de produção", ilustra a relação entre fatores socioeconômicos, ambientais e de gestão no planejamento econômico de um sistema de produção. O processo começa com a "Situação sócio-econômico-ambiental", que influencia diretamente o "Planejamento e objetivos" e a "Tomada de decisão". O "Planejamento e objetivos" também influencia a "Tomada de decisão". A "Tomada de decisão" leva aos "Insumos", que são utilizados no "MANEJO". O "MANEJO" influencia a "Integração lavoura-pecuária" e a "Redução de riscos". A "Integração lavoura-pecuária" também influencia a "Diversificação". A "Diversificação" leva à produção de "Produto vegetal" e "Produto animal", que são avaliados em termos de "Produtividade" e "Preço de venda". Esses fatores contribuem para as "Receitas". O "MANEJO" também influencia os "Custos", que são divididos em "Variável" e "Fixo". As "Receitas" e os "Custos" (Variável e Fixo) determinam a "MARGEM BRUTA". A "MARGEM BRUTA" leva ao "Resultado econômico do sistema". O "Resultado econômico do sistema" influencia a "Sustentabilidade". A "Redução de riscos" também influencia a "Sustentabilidade". A "Sustentabilidade" influencia o "Planejamento e objetivos" e a "Tomada de decisão".



8. DESEMPENHO ECONÔMICO

A decisão da estratégia produtiva a ser adotada pelo empreendedor rural, assim como o foco a ser definido, são fatores importantes para o resultado da atividade agropecuária. Os produtores geralmente focam sua atenção nos resultados produtivos, por meio do rendimento de grãos ou produção de kg de peso vivo por animal e por hectare. Contudo, analisar conjuntamente os dados econômicos e produtivos é passo chave para verificar o desempenho do sistema utilizado. Assim, no

8.1. VARIAÇÃO DO PREÇO DE VENDA

As informações econômicas mais acompanhadas pelos(as) produtores(as) são referentes aos preços de venda dos produtos agropecuários. Na **Figura 8.1** pode-se observar a oscilação dos preços da soja e do boi nos últimos 14 anos, bem como a média do período.

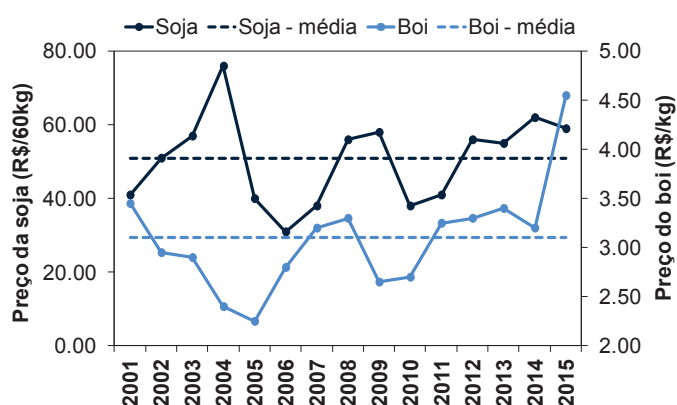


Figura 8.1. Evolução dos preços de grãos de soja (R\$/sc) e de boi (R\$/kg PV) entre 2001 e 2015: A variação do preço da soja em relação ao preço médio foi de 23%, enquanto que para o preço do boi a oscilação média foi de 17%.

A variação do preço da soja em relação ao preço médio dos últimos 14 anos foi de 23%, enquanto que para o preço do boi a oscilação média foi de 17%. O menor preço pago pela soja aconteceu em 2006 (R\$

presente capítulo será abordada, primeiramente, a variação do preço de venda dos dois produtos do sistema integrado em questão (soja e boi) (**Item 8.1**), a produtividade da soja na área experimental e na região em que ela está inserida (**Item 8.2**), a margem bruta dos sistemas com e sem pecuária (**Item 8.3**) e, por fim, a diminuição dos riscos que o sistema integrado pode oferecer (**Item 8.4**).

32,28) e o maior preço foi registrado em 2004 (R\$ 76,47), quando a produção de soja foi fortemente afetada por uma seca, reduzindo a oferta do produto e, assim, aumentando o preço. Esta situação demonstra a vulnerabilidade do(a) produtor(a) rural às oscilações de mercado e às condições climáticas, principalmente na fase lavoura. Já para a pecuária, as oscilações de preço pago pelo kg de boi (entre R\$ 2,28 e R\$ 4,55) se mostram mais estáveis ao longo dos anos (**Figura 8.1**).

A variação nos preços também pode ser vista como estímulo à gestão mais detalhada e com planejamento de ações na condução da atividade, com destaque à adoção da diversificação para redução de riscos econômicos. A variação dos preços ocorre entre anos, mas também sazonalmente entre os períodos de maior e menor oferta de produto. Por exemplo, historicamente, julho é o mês do ano de maior preço médio de boi gordo no estado do Rio Grande do Sul. A partir de agosto há tendência de aumento na oferta de animais para abate oriundos de pastagens de inverno, o que influencia na queda das cotações até outubro, quando ocorre o pico da disponibilidade de animais, principalmente devido ao término do ciclo de crescimento das forrageiras anuais de inverno.

8.2. PRODUTIVIDADE DA SOJA NO EXPERIMENTO E NA REGIÃO

Por meio da diversificação da fonte de receita econômica, a adoção de sistemas integrados de produção agropecuária permite o uso mais eficiente dos recursos, promovendo aumento da produção, redução do impacto ambiental e do risco econômico, sem afetar o rendimento da lavoura. Na **Tabela 8.1** pode ser observado o desempenho da lavoura no sistema integrado de lavoura-pecuária adotado nos tratamentos pastejados e na área sem pastejo, comparativamente com o rendimento médio divulgado pelo IBGE para o município de Tupanciretã. Observa-se que o desempenho da lavoura de soja no protocolo experimental foi superior à média da região, com exceção de duas safras.

Tabela 8.1. Na maioria das safras, a produtividade da soja no experimento foi superior à média da região.

Safr	Rendimento (t/ha)		
	No experimento		Na região
	Com pastejo*	Sem pastejo	
2001/02	2,94	3,63	1,85
2002/03	3,66	4,05	3,22
2004/05	1,28	1,20	0,72
2005/06	1,87	1,70	2,25
2006/07	3,56	3,71	2,64
2007/08	2,80	2,65	2,40
2009/10	3,41	3,44	2,58
2010/11	3,10	3,09	3,00
2011/12	0,29	0,45	1,02
2012/13	3,00	2,84	3,00

* Média de todas as alturas de manejo do pasto (10, 20, 30 e 40 cm).

Isso demonstra que a época mais tardia de plantio da soja em sistemas integrados, em novembro/dezembro, não prejudica a produtividade da lavoura. Além disso, a intensidade de pastejo não afeta o rendimento da lavoura (**Item 5.6**), mas é fator fundamental

8.3. MARGEM BRUTA

O desempenho econômico dos cinco tratamentos conduzidos no protocolo experimental da Fazenda do Espinilho foi analisado com base na margem bruta do sistema de produção deflacionada pelo índice geral de preços – disponibilidade interna (IGP-DI). Este índice foi usado como referência de comparação dos valores econômicos obtidos ao longo dos 15 anos até maio de 2015. A margem representa a receita líquida (excluindo custos fixos) e é utilizada para estimar o potencial produtivo de uma propriedade, sendo uma estimativa do que “sobra” ao produtor rural, ao vender a soja e animais produzidos e descontar os custos operacionais de produção. A margem bruta anual foi considerada como o somatório dos produtos anuais (grãos de soja e animais vendidos), descontado os custos anuais (**Figura 8.2**). Nestes foram considerados os itens operacionais da lavoura (dessecante, sementes, operação de plantio, fertilizantes, herbicidas, fungicidas, inseticidas, aplicações e colheita) e da pecuária (sementes de aveia preta, operação de plantio, fertilizantes, compra dos animais, produtos veterinários, aplicações e manejo dos animais).

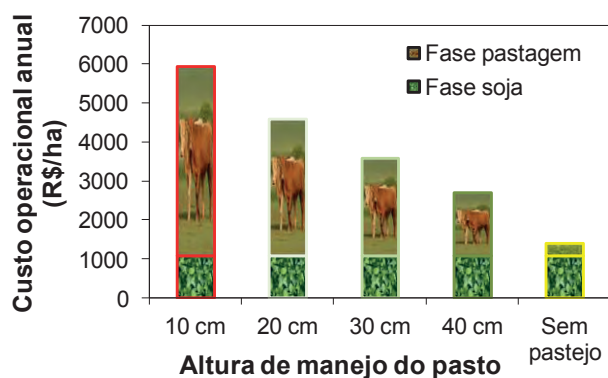


Figura 8.2. O custo operacional da lavoura foi semelhante entre os manejos e, na fase pastagem, aumenta de acordo com a intensidade de pastejo.

Considerando a integração lavoura-pecuária, a área com altura de manejo do pasto em 10 cm apresentou o maior custo operacional total, o que está relacionado com o maior custo em pecuária, devido à aquisição de maior número de animais. O custo operacional foi decrescendo à medida que se aumentou a altura de manejo do pasto, devido ao menor número de animais necessários para manutenção das alturas pretendidas. O custo operacional da lavoura foi semelhante entre os tratamentos de altura de manejo do pasto e a área sem pastejo, que apresentou o menor custo operacional total. No tratamento sem pastejo, o custo considerado para

de influência no desempenho dos animais e, assim, no rendimento econômico. De modo geral, a maioria dos sistemas pecuários acaba utilizando intensidades de pastejo e lotações superiores à capacidade da área, o que afeta negativamente o resultado do sistema.

pecuária se refere somente ao uso de plantas de cobertura no solo no período de inverno.

Na **Figura 8.3** podemos visualizar o desempenho econômico com base na margem bruta obtida no protocolo experimental. Os melhores desempenhos em margem bruta, de modo geral, ocorreram nas safras 2002/2003, 2013/2014 e 2014/2015, enquanto os menores resultados foram verificados nas safras 2004/2005, 2005/2006 e 2011/2012. É importante destacar que os anos de pior desempenho foram aqueles com menor volume de chuva acumulada no período de desenvolvimento da soja.

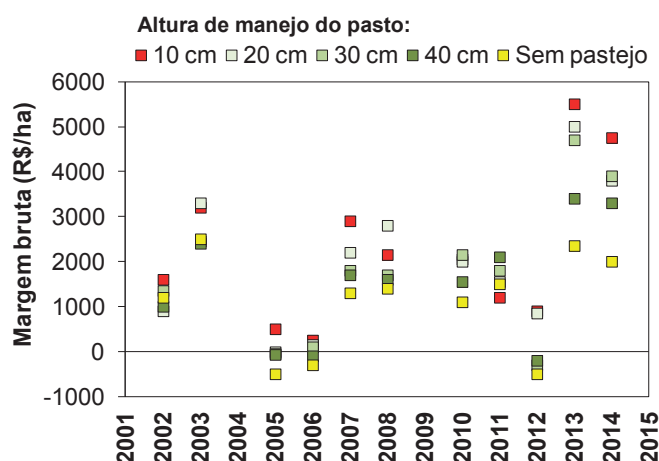


Figura 8.3. Margem bruta obtida nos diferentes manejos ao longo dos anos: no geral, os anos de pior desempenho (menor margem bruta) foram aqueles com menor volume de chuva acumulada no período de desenvolvimento da soja.

Considerando a média obtida nos últimos 14 anos, a margem bruta foi menor no tratamento sem pastejo, ou seja, quando não se trabalhou com integração lavoura-pecuária. Portanto, uma informação importante é que, considerando a receita bruta e os custos operacionais, o sistema integrado de lavoura-pecuária é mais interessante economicamente do que apenas realizar o cultivo de soja no verão. O segundo aspecto avaliado foi verificar se a pecuária traria alguma alteração no desempenho econômico da fase de lavoura. E a resposta obtida foi que, independente da intensidade de pastejo, o resultado econômico da lavoura foi semelhante. O próximo passo então foi identificar a intensidade de pastejo que otimiza o resultado econômico. A resposta foi que, na média dos anos avaliados ao longo do experimento, as alturas de manejo do pasto de 10 e 20 cm promovem a maior margem bruta. (**Figura 8.4**).

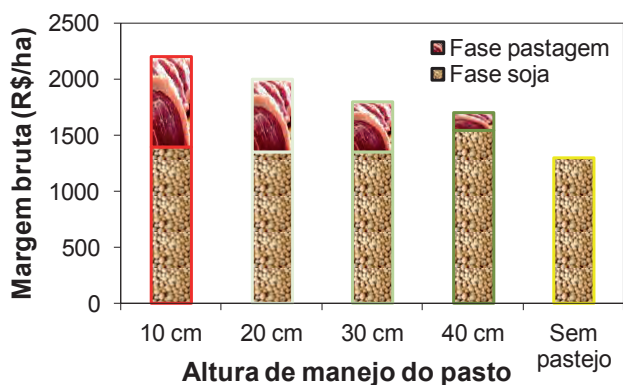


Figura 8.4. Considerando a média ao longo dos anos do experimento, a margem bruta foi menor nas áreas sem pastejo. Nas áreas integradas, as alturas de manejo do pasto de 10 e 20 cm promovem a maior margem bruta do sistema.

A margem bruta total é fortemente influenciada pela participação da pecuária no sistema. A diferença de margem bruta entre o sistema integrado de produção agropecuária nos manejos de altura do pasto de 10, 20 e 30 cm com o tratamento sem pastejo é da ordem de, respectivamente, R\$ 876,00; R\$ 692,00 e R\$ 503,00 a mais por hectare. Para estabelecer comparação entre a lavoura de soja e o sistema integrado, considerando os diferentes manejos de altura, apresentamos o desempenho econômico do sistema em equivalente a sacos de soja (**Figura 8.5**).

8.4. REDUÇÃO DE RISCOS

Além do incremento em renda, a adoção de sistemas integrados de produção agropecuária reduz o risco econômico frente à variação nas condições climáticas do período de verão. Comparando os anos de condução do experimento com chuva acima e abaixo da média histórica (55 anos de dados meteorológicos) durante os meses de dezembro e abril (período de desenvolvimento da soja), verificou-se diferença significativa na margem bruta entre os sistemas de lavoura-pecuária com pastejo moderado (20 cm) e lavoura-sem pastejo (**Figura 8.6**).

Observa-se grande diferença na margem bruta em anos com chuva abaixo da média histórica (2004/2005, 2005/2006 e 2011/2012), quando o modelo lavoura - sem pastejo apresentou desempenho econômico negativo. Embora a margem bruta da lavoura - sem pastejo tenha sido positiva em anos com chuva acima da média histórica, o sistema de lavoura-pecuária com pastejo moderado apresentou valores superiores (42%). Assim, verificamos que a atividade pecuária é capaz de diminuir o risco da operação agrícola e se torna ainda mais impor-

O desempenho econômico obtido no sistema integrado de lavoura-pecuária, na média dos 14 anos de desenvolvimento do protocolo experimental, demonstra receita superior ao tratamento sem pastejo. As alturas de manejo do pasto de 10, 20, 30 e 40 cm proporcionaram incremento em equivalente a sacos de soja de, respectivamente, 68%, 55%, 41% e 27% em relação ao sistema não pastejado. Considerando uma propriedade que irá adotar o sistema integrado de lavoura + pecuária em 100 ha com pastejo moderado (20 cm), por exemplo, espera-se um aumento equivalente a 1200 sacos de soja no rendimento econômico da propriedade.

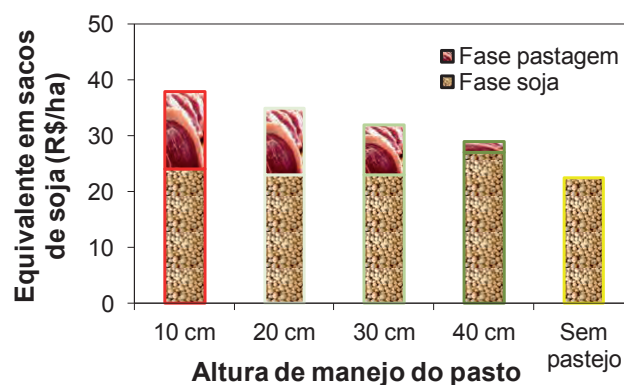


Figura 8.5. As alturas de manejo do pasto de 10, 20, 30 e 40 cm proporcionaram incremento em equivalente a sacos de soja de, respectivamente, 68%, 55%, 41% e 27% em relação ao sistema não pastejado.

tante em anos com chuva abaixo da média histórica (**Figura 8.6**).

Em relação ao que foi exposto, destacamos que os mercados de soja e de boi apresentam períodos diferentes de alta e de baixa dos preços, sendo portanto atividades complementares. No Rio Grande do Sul, a diferença entre a área cultivada com lavouras no verão e a área registrada como pecuária no inverno demonstra que a grande maioria das propriedades que adotam soja como cultivo de verão utilizam plantas de cobertura no inverno, que cumprem a função de preservação do solo, contudo, não são submetidas a pastejo e não geram entrada de receita para o produtor rural. Esta opção coloca o produtor em constante risco econômico de sustentação da sua atividade, pois nos resultados de 14 anos foram observadas várias frustrações de safras. Esse contexto ressalta a integração lavoura-pecuária como alternativa para trazer maior segurança ao produtor, sendo uma estratégia de produção com elevado potencial de aumento da renda.

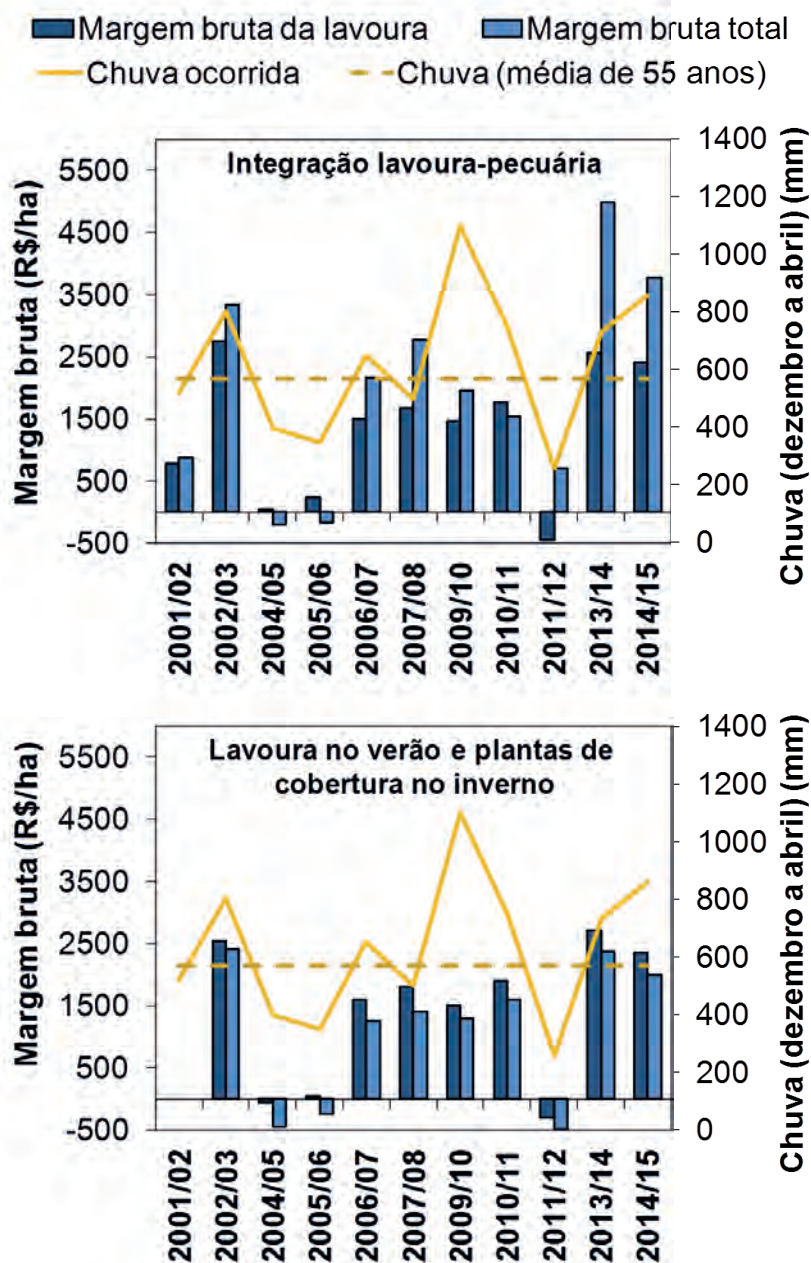


Figura 8.6. Há grande diferença na margem bruta do sistema em anos com chuva abaixo da média histórica, quando o modelo lavoura-sem pastejo apresenta pronunciado desempenho econômico negativo. A integração da soja com a pecuária em pastejo moderado eleva a margem bruta média em 42%.



9 CONSIDERAÇÕES E BALANÇO GERAL

Paulo César de F. Carvalho, Ibanor Anghinoni, Amanda P. Martins e Taise R. Kunrath.

9. CONSIDERAÇÕES E BALANÇO GERAL

Os resultados do experimento tiveram sucesso em responder aos questionamentos que originaram essa proposta. O balanço geral é pautado por 68 variáveis relacionadas aos diferentes componentes do complexo solo-planta-animal do sistema (**Tabela 9.1**). Isto ilustra a amplitude de resultados necessários para se analisar sistemas intrincados tais como são os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, e ao mesmo tempo leva a concluir que não seja possível julgar um sistema dessa complexidade por meio de relações de causa-efeito singulares, diretas, ou por pouco período de tempo. O balanço tem que ser analisado por amplo conjunto de dados, sob perspectiva sistêmica e multidisciplinar, e sob acompanhamento de longo prazo.

Pode-se depreender do conjunto de respostas acima que o sistema de produção de soja sem integração com pecuária seja uma atividade de elevado risco. Em sistema plantio direto, há razoável conservação dos atributos do solo, mas o rendimento da lavoura é largamente dependente da quantidade de chuvas no verão, que por sua vez mostra-se bastante variável na região do Planalto Médio do RS. Em situações comuns de déficit hídrico, o sistema de produção de soja sem integração prova ser muito vulnerável.

A soja que é integrada com pastagens sob pastejo intensivo (10 cm) promove a maior margem bruta do sistema, o que é um forte apelo ao produtor. Porém, ao analisar o impacto desse sistema nos atributos físicos e químicos do solo, a maior parte dos efeitos indica ser, esta, uma opção indesejável e insustentável a longo prazo. Quando a taxa de lotação é demasiadamente elevada, a menor cobertura do solo associada ao maior impacto do casco provocam um conjunto de impactos negativos que são potencializados em anos de déficit hídrico. O solo mais exposto acarreta efeitos que vão desde o au-

mento de plantas indesejáveis até a menor disponibilidade hídrica no sistema. A despeito de sua rentabilidade, não é um sistema recomendado.

Já a integração da soja com bovinos de corte sob intensidades de pastejo moderadas promove vários atributos do solo, traz diversificação e resiliência para os anos de elevado déficit hídrico, e elevada margem bruta. O animal em pastejo moderado permite ciclar mais nutrientes no sistema e aumentar a eficiência de produção de alimento por unidade de nutriente circulante, característica esta típica de sistemas que promovem a intensificação sustentável. A destacar o impacto positivo deste sistema em atributos chave do componente solo, que são importantes indicadores da sua qualidade, tais como: agregação, diversidade microbiana e qualidade estrutural/funcional. Ademais, o conjunto de resultados relacionados aos atributos físicos do solo e de rendimento da soja sob pastejo moderado põe por terra o paradigma da compactação do solo por animais em sistemas agrícolas em plantio direto. O gado, ao contrário, melhora o conjunto de atributos físicos, desde que conduzidos sob intensidades de pastejo moderadas. Outro ponto relevante está na pouca variação da produtividade pecuária ao longo dos anos. No caso deste protocolo, a melhor combinação de resultados sugere que o melhor modelo seja a integração da soja com a pecuária onde os pastos mistos de aveia e azevém são manejados com 20 cm de altura.

Para concluir, o conjunto de resultados desse protocolo que atinge seus 15 anos de condução indica que a introdução do gado em pastejo moderado no sistema de produção da soja melhora vários atributos do solo, diminui os riscos envolvidos na operação agrícola e aumenta a rentabilidade do sistema.

Tabela 9.1. Balanço geral do sistema medido pelas variáveis avaliadas e conhecimentos adquiridos ao longo desses quinze anos, no que diz respeito ao impacto do manejo do pasto nos diferentes compartimentos do sistema.

Variáveis avaliadas	Manejo do pasto		
	Sem pastejo	Pastejo moderado/leve (20, 30 ou 40 cm)	Pastejo intensivo (10 cm)
	Na fase pastagem		
Taxa de crescimento do pasto	Referência	Similar/Diminui pouco	Diminui mais
Produção total do pasto	Referência	Aumenta/Similar	Diminui
Resíduo no fim do ciclo	Referência	Similar/Diminui pouco	Diminui muito
Biomassa radicular no fim do ciclo	Referência	Aumenta	Aumenta mais
Ressemeadura natural do azevém	Referência	Aumenta	Diminui
Disponibilidade hídrica	Referência	Diminui	Diminui mais
Plantas indesejáveis	Referência	Aumenta pouco	Aumenta mais
Lotação animal	Não se aplica	Referência	Aumenta
Deslocamento dos animais	Não se aplica	Referência	Aumenta
Tempo em pastejo dos animais	Não se aplica	Referência	Aumenta
Heterogeneidade espacial do pasto	Não se aplica	Referência	Diminui
Resíduo de esterco	Não se aplica	Referência	Aumenta
Ganho de peso por animal	Não se aplica	Referência	Diminui
Ganho de peso por área	Não se aplica	Referência	Aumenta
Qualidade da carcaça	Não se aplica	Referência	Diminui
Qualidade do pasto oferecido	Não se aplica	Referência	Diminui

Tabela 9.1. Continuação...

Na fase soja			
População inicial	Referência	Diminui	Diminui mais
Taxa de acúmulo de massa aérea	Referência	Similar	Diminui
Massa de nódulos total	Referência	Similar	Similar
Massa de cada nódulo	Referência	Aumenta	Aumenta mais
Número de nódulos por planta	Referência	Diminui	Diminui mais
Nutrição de N, P e K	Referência	Similar	Similar
Plantas indesejáveis	Referência	Aumenta	Aumenta mais
Disponibilidade hídrica	Referência	Diminui/Similar	Diminui mais
População final	Referência	Aumenta	Aumenta mais
Componentes de rendimento	Referência	Similar	Similar
Rendimento de grãos	Referência	Similar	Similar
Resposta à calagem	Referência	Similar	Similar
No solo			
Densidade superficial após pastejo	Referência	Aumenta pouco	Aumenta mais
Porosidade superficial após pastejo	Referência	Diminui pouco	Diminui mais
Densidade superficial após soja	Referência	Aumenta/Similar	Aumenta
Porosidade superficial após soja	Referência	Similar/Diminui	Diminui
Resistência à penetração	Referência	Aumenta pouco	Aumenta mais
Força de tração requerida	Referência	Aumenta pouco	Aumenta mais
Infiltração da água após pastejo	Referência	Diminui pouco	Diminui mais
Infiltração da água após soja	Referência	Diminui/Similar	Diminui mais
Correção da acidez em profundidade	Referência	Aumenta mais	Aumenta
Taxa de acidificação	Referência	Diminui	Diminui
Perdas de Ca e Mg	Referência	Diminui mais	Diminui
Perdas de K	Referência	Similar	Aumenta pouco
Disponibilidade de P e K	Referência	Similar	Similar
Mesofauna	Referência	Diminui	Diminui mais
Atividade microbiana	Referência	Aumenta/Similar	Aumenta mais
Atividade enzimática	Referência	Diminui/Similar	Diminui/Similar
Estoque de C e N	Referência	Aumenta/Similar	Diminui
Estoque de P inorgânico	Referência	Diminui	Diminui mais
Estoque de P orgânico	Referência	Similar	Similar
Taxa de sequestro de C	Referência	Aumenta/Similar	Diminui
Nutrientes na biomassa microbiana	Referência	Similar	Diminui
Agregação do solo	Referência	Aumenta mais	Aumenta/Similar
Diversidade microbiana funcional	Referência	Aumenta mais	Aumenta
Índice de manejo de carbono	Referência	Similar	Diminui
Ciclagem de N	Referência	Aumenta	Similar
Ciclagem de P	Referência	Similar	Similar
Ciclagem de K	Referência	Similar/Aumenta	Diminui
Liberação de nutrientes pelo fase pastagem	Referência	Similar/Aumenta	Diminui
Liberação de nutrientes pela fase soja	Referência	Similar	Similar
Nos aspectos ambientais			
Produção de proteína	Referência	Similar	Similar
Eficiência de uso de Ca e Mg	Referência	Aumenta mais	Aumenta
Eficiência de uso de K	Referência	Similar	Similar
Elementos-traço no solo	Referência	Similar	Similar
Elementos-traço nos grãos de soja	Referência	Similar	Similar
Emissão de CH ₄ pelos animais	Não se aplica	Referência	Aumenta
Emissão de N ₂ O pelo solo	Referência	Similar	Similar
No desempenho econômico			
Custo operacional	Referência	Aumenta	Aumenta mais
Margem bruta	Referência	Aumenta	Aumenta mais
Produtividade total	Referência	Aumenta	Aumenta mais
Risco	Referência	Diminui	Diminui
Intensificação sustentável	Referência	Aumenta	Diminui

10 DEPOIMENTOS



10. DEPOIMENTOS

10.1. DO PRODUTOR

Sou agrônomo, formado na UFRGS em 1982 e trabalho desde os 22 anos no campo. Inicialmente trabalhei no sistema arroz-pousio-pecuária, e nos últimos onze anos, me dedico a 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 experimento que originou este Boletim. Trabalhamos, nessa Fazenda, basicamente com soja e cria 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 trigo no inverno, utilizamos o azevém em pastejo para bovinos de corte e como cobertura para o plantio direto da soja.

Já sentíamos, há tempo, as vantagens do cultivo da soja associado ao azevém e, por consequência, ao gado. O experimento Integração Soja-Bovinos de Corte 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, como aconteceu recentemente – o ganho de inverno não é alterado, 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. Quando me perguntam se temos “pivôs” de irrigação, respondo que temos gado no inverno, não que seja contra a utilização de pivôs, mas sim, que sou totalmente favorável à pecuária no sistema.

O produtor de soja sempre teve na cabeça que o gado – se tivesse que existir no seu negócio, seria um mal necessário. No seu entender, 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.

Caso plantássemos trigo durante o inverno, em lugar do gado, provavelmente teríamos prejuízos (vejam a **Tabela 10.1**). Tendo em vista o alto custo de lavoura, a baixa remuneração ao produtor, associado aos riscos meteorológicos, o risco para essa cultura é enorme. Com a produção de bovinos, os riscos são bem menores.

Tabela 10.1. Resultado econômico entre as opções de trigo e gado no inverno na Fazenda do Espinilho.

Variáveis	Opção no inverno	
	Trigo	Gado
Custo ¹ (R\$/ha)	1.400,00	264,00
Produtividade média (5 anos) ¹ (R\$/ha)	42,83	485,00
Valor médio de venda em 2015 (trigo:R\$/sc / gado:R\$/kg)	27,00 ¹	4,82 ²
Receita (R\$/ha)	1.156,41	2.337,70
RESULTADO (R\$/ha)	-243,59	2.073,70

¹Fonte: Agropan; ²Fonte: Agrolink.

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, Dr. Paulo Carvalho, por qualificarem o manejo do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. Penso que um dia o Rio Grande do Sul também vai agradecer.

Francisco Garcia de Garcia Neto
Agropecuária Cerro Coroadó

A CIÊNCIA NO CAMPO EM TEMPO REAL

Levar conhecimento e informação ao homem do campo é tarefa difícil e uma grande responsabilidade. Exige, além da fundamentação teórica, a experiência prática e o traquejo que só a convivência proporciona ao longo do tempo. O processo de convencimento do produtor rural envolve, muitas vezes, o enfrentamento de processos arraigados, paradigmas se formam e ultrapassam gerações, muitas vezes aceitos como “verdades” de difícil contestação. Um exemplo clássico no âmbito da produção é a “relação antagônica” entre agricultura e pecuária, onde o uso de animais ainda é visto pela maioria dos usuários da terra como causador de problemas às áreas com cultivo de grãos.

O boletim técnico Integração Soja-Bovinos de Corte no Sul do Brasil, que ora se apresenta em sua segunda e atualizada edição, constitui-se em efetiva ferramenta de apoio à implantação no campo da filosofia dos sistemas integrados de produção agropecuária, nos preceitos conservacionistas de manejo do solo. Trata-se de trabalho escrito a várias mãos, por pesquisadores e estudantes de diversas áreas das ciências agrárias, com objetivos, metodologias e resultados que refletem a pluralidade de formações acadêmicas e que interagem harmonicamente, no tempo. A abordagem dos trabalhos que dão origem a esse valioso compilado de informações geradas é, na grande maioria dos casos, bastante prática, indo de encontro aos principais paradigmas vigentes.

Os resultados alcançados ao longo desses 15 anos expressam, em estudos conduzidos com critérios científicos sólidos e em escala temporal abrangente, o potencial econômico e ambiental da integração lavoura-pecuária, com benefícios diretos para essas atividades já em curto prazo, mas, sobretudo, com a construção de ambientes de produção intensificados e sustentáveis em médio e longo prazos.

Além de desmistificar o “efeito negativo” do animal em pastejo sobre o cultivo de soja em sucessão, o trabalho deixa muito evidente que o gado pode ser, na realidade, um agente catalisador de processos que agregam qualidade ao solo, do ponto de vista, químico, físico e biológico. E que, nesse contexto, o segredo entre fazer mal ou fazer bem ao sistema reside, principalmente, no manejo adequado do pastejo.

Estamos diante de uma obra de leitura obrigatória para os técnicos que têm a missão de transferir conhecimento ao homem do campo, bem como para os próprios produtores que despertam inquietudes por melhorias e adequações necessárias em seus sistemas de produção. Registramos aqui nossas felicitações e nosso agradecimento aos pesquisadores líderes deste projeto, professores Paulo César de Faccio Carvalho e Ibanor Anghinoni, extensivo aos integrantes de seus grupos de pesquisa na UFRGS. Consideramos, esta, uma grande e legítima oportunidade da ciência ao campo. Saibamos degustá-la, quantas vezes forem necessárias!



Felipe de Campos Carmona
Sócio Diretor da Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária



Davi Teixeira dos Santos
Diretor Executivo da SIA – Serviço de Inteligência em Agronegócios

11 NOVOS DESAFIOS

Paulo César de F. Carvalho, Ibanor Anghinoni, Amanda P. Martins e Taise R. Kunrath.



11. NOVOS DESAFIOS

Agências internacionais, como a FAO, elegeram os sistemas integrados de produção agropecuária como via de intensificação sustentável. Reconhece-se, esta, como rara opção de produção de alimento e de serviços ecossistêmicos, conciliando produção e sustentabilidade. No Brasil, esses sistemas foram contemplados na agenda governamental de mitigação e adaptação a mudanças climáticas para receberem crédito e fomento, como descrito anteriormente. Tal contexto cria grande demanda por conhecimento para implementar sistemas integrados junto ao atual modelo produtivo. Isto requer investimentos em pesquisa e difusão.

Pesquisar sistemas integrados é um desafio. Primeiramente porque as iniciativas necessitam ser de longo prazo. Nesse sentido, há pouca tradição em nosso país, seja do setor público, seja do privado, em apoiar iniciativas de pesquisa e desenvolvimento na escala de tempo necessária ao estudo desses sistemas. Além disso, esses sistemas requerem perspectiva sistêmica e conhecimento holístico, atributos escassos atualmente nas Academias e nas Instituições de Pesquisa e Fomento. Tais sistemas desafiam pesquisadores pelo fato de que, usualmente, sejam profundos especialistas, profundos conhecedores de um tema, características que não são suficientes para entender processos interativos. Ao contrário, a especialização se traduz em resistência a essa tecnologia, pois os pesquisadores não têm sucesso em elevar seu conhecimento conexo a outras áreas temáticas. 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 relações de causa-efeito singulares se alteram no funcionamento do sistema em seu todo. O mesmo vale para os produtores, técnicos e estudantes. Sistemas integrados de produção agropecuária exigem entendimento que contemple as escalas de multidisciplinaridade (diferentes componentes da integração), interdisciplinaridade (interação entre esses componentes) e transdisciplinaridade (todas as relações em nível holístico). Não há o conforto do saber especializado. Consequentemente, para se avançar no conhecimento, há que se agregar conhecimento de várias disciplinas, nucleando-as na perspectiva sistêmica. E este é o desafio que esta equipe vem tentando vencer.

Este é, provavelmente, o experimento de integração soja-pecuária de mais longo prazo do subtropical brasileiro. Não é comum que o seja, não é comum que em uma propriedade particular esteja, não é comum uma parceria tão profícua entre uma Universidade e uma

família de produtores rurais. Não é comum, mas é exatamente assim este experimento, um exemplo de parceria público-privada. Temos o desafio em projetar que venhamos a conduzi-lo ainda por muitos anos, sempre se mantendo os tratamentos originais, refletindo e testando outras e novas hipóteses. Temos o desafio de manter o interesse e o apoio da família Garcia de Garcia que nos abraça em sua propriedade, de manter os recursos de financiamento que nos permitem cumprir com os custos envolvidos, de manter o espírito de equipe de todos, enfim, de manter as engrenagens do sistema funcionando. Na medida em que se consiga manter este protocolo experimental por muitos anos, o interesse técnico, público e científico, poderão atingir níveis difíceis de alcançar. Tem-se, por filosofia desta equipe de trabalho, a visão de que esse experimento se torne um Laboratório de Experimentação Agro-Ambiental, uma plataforma de pesquisa mais do que um experimento, onde equipes diversas possam se juntar, estudando os assuntos mais distintos do mundo científico, em ambiente organizado, mas livre, de disponibilização e compartilhamento de dados e conhecimento. E isto, felizmente, já vem acontecendo.

Neste segundo Boletim, resgatemos a seguir os desafios que havíamos projetado para o período 2010-2020 (itens de 1 a 10) ainda na sua primeira edição, fazendo um balanço do cumprimento das metas anteriormente anunciadas.

- 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.*

Avanços nesse tema podem ser observados nesta nova edição, e deve trazer suporte a futuras recomendações de adubação sistêmica. Realizado e avançando.

- 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.*

Este tema foi abordado em uma das Dissertações de Mestrado concluídas recentemente e vem sendo aprofundado em uma Tese de Doutorado em andamento e os resultados já obtidos podem ser observados nesta nova edição. Realizado.

- 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 de-*

sempenho das plantas, visando sua utilização em sistemas de integração lavoura-pecuária.

Tema de uma Tese de Doutorado defendida recentemente. Resultados neste Boletim. Realizado.

- 4) *Estudar a variabilidade espaço-temporal dos indicadores de fertilidade do solo e as recomendações de adubação e calagem em Agricultura de Precisão.*

Tema de uma Tese de Doutorado defendida recentemente. No entanto, necessita-se avançar ainda nas recomendações de adubação e calagem para sistemas integrados.

- 5) *Aprofundar o conhecimento nos mecanismos de regulação do consumo de forragem e de deslocamento dos animais em busca pelo alimento, e consequente distribuição dos dejetos e impactos do casco nas diferentes escalas de tempo e de espaço do sistema.*

Tema de Tese e de Dissertação em andamento. Dados devem compor os resultados do próximo Boletim. Em vias de realização.

- 6) *Estudar as emissões de gases de efeito estufa, do sequestro de carbono e do balanço de equivalente carbono, na busca pela qualificação do sistema no que diz respeito ao seu impacto ambiental.*

Tema de Tese em andamento. Alguns dados já constam deste Boletim. Outros devem compor o próximo Boletim. Em vias de realização.

- 7) *Avançar no entendimento das complexas relações econômicas existentes, e como elas afetam as decisões dos produtores e sua percepção pelos riscos envolvidos.*

Avanços nesse tema podem ser observados nesta nova edição. Realizado.

- 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.*

Avanços conceituais foram realizados e podem ser aferidos na produção intelectual relacionada a esta equipe. Em andamento.

- 9) *Avançar na certificação desses tipos de sistemas, buscando seu reconhecimento e valorização.*

Esta é uma meta que transcende os limites científicos do protocolo experimental, mas avançou via processo de certificação relacionado ao Programa PISA (Produção Integrada de Sistemas Agropecuários) associado ao MAPA e ao Programa Juntos para

Competir (FARSUL/SEBRAE/SENAR). A ferramenta de certificação que vem sendo utilizada é a SAFA (*Sustainable Assessment of Food and Agriculture Systems*) e é disponibilizada pela FAO. Realizado, mas não apresentado neste Boletim.

- 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.*

Esta equipe tem se envolvido com outros protocolos experimentais neste tema, e organizado ou participado de Dias de Campo, Congressos, Simpósios, e outros. A difusão desta temática tem sido realizada nos mais diferentes fóruns. É difícil quantificar o que já foi realizado, quantas pessoas foram atingidas, mas acreditamos que este grupo esteja difundindo este tema de forma importante a contribuir com a sociedade. Em andamento.

Além destes desafios anteriormente propostos, nosso grupo de pesquisa entende também que se necessita avançar no entendimento dos processos e dos fenômenos que ocorrem em sistemas integrados como um todo, além de apenas explicar os resultados por eles gerados, em objetos de estudo tais como: a ciclagem de nutrientes, a falta de resposta da soja em rendimento de grãos, o uso mais eficiente de nutrientes, o papel das raízes no sistema, etc. Soma-se a isso a necessidade de estudos novos e/ou mais aprofundados a respeito do impacto da inserção dos animais no sistema na ocorrência de doenças, de pragas e de inimigos naturais e da possível diminuição na aplicação de defensivos agrícolas.

12 **PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS**



RESUMO

PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA	
Artigos científicos publicados	35
Artigos científicos em fase de publicação	15
Capítulos de livros	4
Trabalhos completos em Anais de Eventos	16
Resumos em Anais de Eventos	71

FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS	
Doutorado	8
Mestrado	14
Iniciação científica	33
Em andamento	15

12.1. PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

12.1.1. Artigos científicos

- KUNRATH, T.R., CARVALHO, P.C.F., CADENAZZI, M., BREDEMEIER, C., ANGHINONI, I. Grazing management in an integrated crop-livestock system: soybean development and grain yield. **Revista Ciência Agronômica**, v.46, p.645-653, 2015.
- MARTINS, A.P., ASSMANN, J.M., CECAGNO, D., CARLOS, F.S., ANGHINONI, I., CARVALHO, P.C.F. Soil carbon and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock system under no-tillage in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.9-17, 2014.
- MARTINS, A.P., COSTA, S.E.V.G.A., ANGHINONI, I., KUNRATH, T.R., BALERINI, F., CECAGNO, D., CARVALHO, P.C.F. Soil acidification and basic cation use efficiency in an integrated no-till crop-livestock system under different grazing intensities. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.195, p.18-28, 2014.
- MARTINS, A.P., ANGHINONI, I., COSTA, S.E.V.G.A., CARLOS, F.S., NICHEL, G.H., SILVA, R.A.P., CARVALHO, P.C.F. Amelioration of soil acidity and soybean yield after surface lime reapplication to a long-term no-till integrated crop-livestock system under varying grazing intensities. **Soil & Tillage Research**, v.144, p.141-149, 2014.
- MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S.B.C.; COSTA, S.E.V.G.A.; KUNRATH, T.R. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.4-9, 2014.
- DAMIAN, F., AMADO, T.J.C., BREDEMEIER, C., BREMM, C., ANGHINONI, I., CARVALHO, P.C.F. Pasture grazing intensity and presence or absence of cattle dung input and its relationships to soybean nutrition and yield in integrated crop-livestock systems under no-till. **European Journal of Agronomy**, p.84-91, 2014.
- DAMIAN, F., AMADO, T.J.C., FERREIRA, A.O., ASSMANN, J.M., ANGHINONI, I., CARVALHO, P.C.F. Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop-livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, p.60-69, 2014.
- ASSMANN, J.M.; ANGHINONI, I.; MARTINS, A.P.; COSTA, S.E.V.G.A.; CECAGNO, D.; CARLOS, F.S.; CARVALHO, P.C.F. Soil carbon and nitrogen stocks and fractions in a long-term integrated crop-livestock system under no-tillage in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, p.52-59, 2014.
- COSTA, S.E.V.G.A., SOUZA, E.D., ANGHINONI, I., CARVALHO, P.C.F., MARTINS, A.P., KUNRATH, T.R., CECAGNO, D., BALERINI, F. Impact of an integrated no-till crop-livestock system on phosphorus distribution, availability and stock. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.1, p.43-51, 2014.
- DE OLIVEIRA, C.A.O., BREMM, C., ANGHINONI, I., DE MORAES, A., KUNRATH, T.R., CARVALHO, P.C.F. Comparison of an integrated crop-livestock system with soybean only: Economic and production responses in southern Brazil. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v.1, p.1-9, 2013.
- KUNRATH, T.R., CADENAZZI, M., BRAMBILLA, D.M., ANGHINONI, I., MORAES, A., BARRO, R.S., CARVALHO, P.C.F. Management targets for continuously stocked mixed oat annual ryegrass pasture in a no-till integrated crop-livestock system. **European Journal of Agronomy**, v.57, p.71-76, 2014.
- 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, p.37-42, 2011.
- 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**, v.46, p.1301-1309, 2011.
- FERREIRA, E.V.O., ANGHINONI, I., ANDRIGHETTI, M.H., MARTINS, A.P., CARVALHO, P.C.F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.161-169, 2011.
- CHÁVEZ, L.F., ESCOBAR, L.F., ANGHINONI, I., CARVALHO, P.C.F., MEURER, E.J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de inte-

- gração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1254-1261, 2011.
- 16) 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 superprecoces em pastos hibernais submetidos a intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1379-1384, 2011.
 - 17) ANGHINONI, I., ASSMANN, J. M., MARTINS, A.P., COSTA, S.E.V.G.A., CARVALHO, P.C.F. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. **Synergismus Scientifica**, v.6, p.1-8, 2011.
 - 18) CARVALHO, P.C.F., ROCHA, L.M., BAGGIO, C., MACARI, S., KUNRATH, T.R., MORAES, A. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 39, p. 1857-1865, 2010.
 - 19) CARVALHO, P.C.F., ANGHINONI, I., MORAES, A. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. 2010.
 - 20) 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.
 - 21) 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.
 - 22) 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.
 - 23) 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.
 - 24) BAGGIO, C.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, J.L.S.; ANGHINONI, I.; LOPES, M.L.T.; THURLOW, 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.
 - 25) 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 de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1675-1684, 2009.
 - 26) LOPES M.L.T.; CARVALHO P.C.F.; ANGHINONI I.; SANTOS D.T.; AGUINAGA A.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**, v.39, p. 1499-1506, 2009.
 - 27) 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.
 - 28) 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**, v.38, n.1, p.178-184, 2008.
 - 29) 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.
 - 30) 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.
 - 31) 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.
 - 32) 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.
 - 33) 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 pres-

sões de pastejo e sua relação com o estado de compactação do solo. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.220-228, 2007.

- 34) 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 pres-

sões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 771-780, 2007.

- 35) 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.

12.1.2. Capítulos de livros

- 1) CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I.; SILVA, D.T.; KUNRATH, T.R.; BARRO, R.S.; CARMONA, F.C.; NETO, A.B.; MARTINS, A.P.; BARROS, T.; FILHO, W.S. Integração do componente pastoril em sistemas agrícolas. In: SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. **Sistemas de Produção, intensificação e sustentabilidade da produção animal**. p. 33-56. 2015. ISSN 2175-0823.
- 2) ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; COSTA, S.E.V.G.A.; Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. In: ARAÚJO, A.P.; ALVES,

B.J.R. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**, v.8, p.221-278, 2013.

- 3) CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A. Integration of Grassland within Crop Systems in South America. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; CHABBI, A. (Eds.). **Grassland Productivity and Ecosystem Services**. 2011.
- 4) MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; BALBINO, L.; SOUZA, E.D. Sistema de Integração Lavoura-pecuária. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. (Eds.). **Forragicultura. Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. 2013.

12.1.3. Trabalhos completos de anais de evento

- 1) ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A.P.; COSTA, S. E. V. G. A. A importância de experimentos de longa duração para o manejo de sistemas integrados de produção. In: **FertBio**, 2014, Araxá, MG.
- 2) MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C. ; COSTA, S.E.V.G.A. ; KUNRATH, T.R. Crop-livestock integration in Brazilian subtropics. In: **International Symposium on Integrated Crop-Livestock Systems**. Porto Alegre: UFRGS, 2012.
- 3) CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I ; BARRO, R.S.; PONTES, L. S.; MONTEIRO, A. L. G.; LANG, C. L. ; SILVA, F.D.; PFEIFER, F.M.; KUNRATH, T. R. Manejo do pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: **I Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no Cerrado**, Uberlândia, 2012.
- 4) ANGHINONI, I.; ASSMANN, J.M.; COSTA, S. E. V. G. A.; MARTINS, A. P.; KUNRATH, T. R.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem de nutrientes e adubação em sistemas de produção agropecuária. In: **FertBio** 2012, Maceió.
- 5) MORAES, A.; PIVA, J. T.; DIECKOW, J.; CARVALHO, P.C.F.; MONTEIRO, A.L.G. In: **Simpósio de produção Animal a Pasto**, Maringá, 2011.
- 6) 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: EUPG, 2010, p. 1-31.

- 7) 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
- 8) MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F. Manejo do Processo de Pastejo nos Sistemas Integrados de Agricultura-Pecuária. In: MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; SILVA, H.A.; JANSSEN, H.P. (Org.). **Produção de Leite em Sistemas Integrados de Agricultura-Pecuária**. Curitiba-PR: EMATER, 2008, v. 1, p. 79-86.
- 9) 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.
- 10) 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: CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; SULC, M.R. (Org.). **International Symposium on Integrated Livestock Systems**. Curitiba: UFPR, 2007.
- 11) CARVALHO, P.C.F.; MORAES, A.; ANGHINONI, I.; LANG, C.R.; SILVA, J.L.S.; SULC, R. M.; TRACY, B. F. Manejo da integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto na região de clima subtropical. In: **10º Encontro Nacional de Plantio Direto na Pádua**, 2006, Uberaba-MG, 2006.

- 12) 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 Contrisal da Carne Bovina: Gestão e Produtividade**. São Borja - RS: Contrisal, 2006, v. , p. 1-32.
- 13) 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: GOTTSCHALL, C.S.; SILVA, J.L.S.; RODRIGUES, N.C. (Org.). **Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia**. Canoas-RS: Editora da ULBRA, 2005, v. , p. 7-44.
- 14) 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, H.O.; BERNADÁ, M.H.R.; MEDEIROS, F.S. (Org.). **II Simpósio da Carne Bovina: Integração Lavoura Pecuária**. 1 ed.: , 2004, v. 1, p. 6-36.
- 15) 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.
- 16) 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, C.S.; SILVA, J.L.S.; RODRIGUES, N.C. (Org.). **Integração, Gestão e Cadeias Produtivas**. Porto Alegre: ULBRA, 2003, v. 1, p. 81-120.

12.1.4. Textos em jornais e revistas

- 1) **ILP, Resultados de um experimento de longa duração na integração da lavoura de soja com bovinos de corte no sul do Brasil**. Paulo César de Faccio Carvalho, Ibanor Anghinoni. Revista A Granja, Maio/2013.
- 2) **Ciclagem de nutrientes em sistema de integração soja-pecuária de corte em plantio direto e implicações na adubação**. Ibanor Anghinoni, Joice Mari Assmann. INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS - IPNI, Nº 136, dezembro/2011.

12.2. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

12.2.1. Doutorado

- 1) FRANCINE DAMIAN DA SILVA. **Variabilidade espacial de atributos do solo e da produtividade da soja e qualidade do solo em sistema de integração lavoura-pecuária**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM, 2015.
- 2) TAISE ROBINSON KUNRATH. **Sistemas integrados de produção agropecuária: o papel da pastagem na solução do dilema produção versus conservação**. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2014.
- 3) JOICE MARI ASSMANN. **Estoque de carbono e nitrogênio no solo e ciclagem de nutrientes em sistema de integração soja-bovinos de corte em plantio direto de longa duração**. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2013.
- 4) SÉRGIO ELY VALADÃO GIGANTE DE ANDRADE COSTA. **Intervalo Hídrico Ótimo do solo e estado hídrico das plantas em sistema integrado de produção agrícola e pecuária no subtropico brasileiro**. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2013.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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, 2004.

12.2.2. Mestrado

- 1) DIEGO CECAGNO. **Dinâmica do carbono do solo em sistema integrado de produção agropecuária**. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS 2015.

- 2) AMANDA POSSELT MARTINS. **Acidez do solo e reaplicação de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto.** Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS 2013.
- 3) FERNANDA ROBERTA PEREIRA TATSCH. **Elementos-traço em sistema de integração soja-bovinos de corte sob plantio direto.** Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia/UFRGS 2012.
- 4) FERNANDO MACHADO PFEIFER. **Efeito da intensidade de pastejo sobre as emissões de N₂O do solo em sistema de integração lavoura-pecuária.** Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2013.
- 5) FRANCINE DAMIAN DA SILVA. **Distribuição espacial e temporal de placas de esterco e produtividade da soja em um sistema de integração soja-bovinos de corte.** Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2012.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) LEMAR MACIEL DA ROCHA. **Altura de manejo do pasto e suas consequências sobre a produção animal e a dinâmica de pastagens anuais de inverno.** Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.
- 11) MARILIA LAZZAROTO TERRA LOPES. **Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho de novilhos super precoces e rendimento subsequente da cultura da soja.** Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2007.
- 12) 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.
- 13) 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.
- 14) ANGELO ANTONIO QUEIROLO AGUINAGA. **Relações planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária.** Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 2005.

12.2.3. Iniciação científica

- 1) JOÃO CADORE WINTER. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2012-2015.
- 2) GUSTAVO CIMA AULER. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2013-2015.
- 3) FERNANDA DE ARAÚJO COSTA. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2013-2015.
- 4) MARCELA MOREIRA SANTANA. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2013-2014.
- 5) DÂNIA VIEIRA BRANCO OZÓRIO. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2013-2014.
- 6) LUIZ GUSTAVO DE OLIVEIRA DENARDIN. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2012-2014.
- 7) GABRIEL FIAMETTI LÜTZ. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2013-2014.
- 8) JÚLIA SOARES MOMBELLI. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2013-2014.
- 9) GABRIELA DE HOLANDA NICHEL - Graduação em Agronomia - UFRGS. 2011-2013.
- 10) DIEGO CECAGNO. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2009-2013.
- 11) RODRIGO ANDRÉ PEREIRA E SILVA. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2011-2013.
- 12) FABRÍCIO BALERINI. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2010-2013.
- 13) PAULO CARDOZO VIEIRA. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2010-2012.
- 14) FILIPE SELAU CARLOS. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2009-2012.
- 15) ÁLVARO ARAÚJO COSTA. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2010-2011.
- 16) AMANDA POSSELT MARTINS - Graduação em Agronomia - UFRGS. 2007-2011.
- 17) ITALO FRANCISCO LAZZAROTTO TERRA LOPES. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2010.
- 18) EDUARDO GIACOMELLI CAO. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2007-2009.

- 19) MARCELO HÖERBE ANDRIGHETTI. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2006-2009.
- 20) GUILHERME LEITE VELLEDA. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2009.
- 21) LAURI JOSÉ MARTINI, Graduação em Agronomia - UFRGS. 2005-2006.
- 22) GUSTAVO MUCCARI CHIAPPETTA, Graduação em Agronomia - UFRGS. 2005-2006.
- 23) JOÃO GUILHERME DAL BELO LEITE - Graduação em Agronomia - UFRGS. 2005-2006.
- 24) THIAGO ISQUIERDO FRAGA - Graduação em Agronomia - UFRGS. 2005-2006.
- 25) TALES JOSÉ DE MORAES SILVA - Graduação em Agronomia - UFRGS. 2004-2005.
- 26) CRISTIANO ALBINO TOMASI - Graduação em Agronomia - UFRGS. 2004-2005.
- 27) CARLOS EDUARDO GONÇALVES DA SILVA - Graduação em Agronomia - UFRGS. 2004-2005.
- 28) CAROLINA BAGGIO. Graduação em Medicina Veterinária - ULBRA. 2004.
- 29) CLÁUDIA LITVIN. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2004.
- 30) MÁRCIO FRIZZO. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2004.
- 31) LEMAR ROCHA. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2003.
- 32) ANGELO ANTONIO AGUINAGA. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2002.
- 33) LEONARDO ARARIPE CRANCIO. Graduação em Agronomia - UFRGS. 2002.

12.2.4. Em andamento

Doutorado

- 1) DIEGO CECAGNO. **Carbono orgânico no solo: Evolução em sistemas puros e integrados de produção agropecuária.** Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS. Início: 2015.
- 2) GLEICE MENEZES DE ALMEIDA. **Eficiência de uso de nitrogênio e de água em sistemas integrados de produção agropecuária.** Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFPR. Início: 2015.
- 3) JULIANE SCHMITT. **Integração lavoura-pecuária: Nematoides como bioindicadores de qualidade do solo em sistema sob diferentes intensidades de pastejo.** Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM. Início: 2015.
- 4) AMANDA POSSELT MARTINS. **Acidez do solo e eficiência de uso dos nutrientes em sistema integrado de produção agropecuária: o papel do manejo e dos insumos.** Doutorado no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, UFRGS. Início: 2013.
- 5) ÂNGELA DENISE HÜBERT NEUFELD. **Integração lavoura-pecuária: bioindicadores de qualidade do solo em sistema sob diferentes intensidades de pastejo.** Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM. Início: 2013.
- 6) JOÃO DE ANDRADE BONETTI. **Estrutura física do solo, desenvolvimento de planta e disponibilidade de água em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto.** Doutorado no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, UFRGS. Início: 2013.

- 7) WILLIAM DE SOUZA FILHO. **Fluxo de gases de efeito estufa em sistema soja-bovinos de corte em plantio direto.** Doutorado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, UFRGS. Início: 2013.

Mestrado

- 1) LUIS AUGUSTO CAETANO. **Impacto das diferentes intensidades de pastejo no desenvolvimento, componentes de rendimento e produtividade da soja em sistemas integrados de produção agropecuária.** Mestrado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia/UFRGS. Início: 2015.
- 2) HAZAEL SORANZO DE ALMEIDA. **Macro e Meso-fauna como bioindicadores de qualidade de solo em sistema integrado lavoura-pecuária.** Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, UFSM. Início: 2014.
- 3) PEDRO ARTHUR DE ALBUQUERQUE NUNES. **Comportamento ingestivo de animais em sistemas integrados de produção agropecuária.** Mestrado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, UFRGS. Início: 2014.

Iniciação científica

- 1) ARTHUR PONTE PRATES. Iniciação científica – Graduação em Agronomia. Início: 2015.
- 2) JÚLIA DE ASSIS. Iniciação científica – Graduação em Agronomia. Início: 2015.
- 3) HELEN ESTIMA LAZZARI. Iniciação científica – Graduação em Agronomia. Início: 2015.
- 4) SARAH HANAUER LOCHMANN. Iniciação científica – Graduação em Agronomia. Início: 2014.
- 5) WALKER DA SILVA SCHAIDHAUER. Iniciação científica – Graduação em Agronomia. Início: 2014.

Acreditamos nos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária como via sustentável para:

- ✓ Produzir alimentos e serviços ecossistêmicos
- ✓ Otimizar o uso de recursos
- ✓ Conservar a natureza
- ✓ Diminuir riscos e aumentar a renda



**JUNTOS
PARA COMPETIR**
Ação Integrada em Agronegócios



O Programa **JUNTOS PARA COMPETIR** tem como objetivo organizar e desenvolver as principais cadeias produtivas do Rio Grande do Sul, através da capacitação e de uma maior integração do setor, melhorando a qualidade dos produtos e agregando valor à produção agropecuária. Procure o Sindicato Rural, o SENAR ou o SEBRAE mais próximo de seu município e saiba como participar.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-67302-11-9



9 788567 302119