



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PATO BRANCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



MARCOS ANTONIO DE BORTOLLI

**INFLUÊNCIA DE PERÍODOS DE PASTEJO EM TRIGO DUPLO
PROPÓSITO SOBRE A DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE
NUTRIENTES DA PALHADA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2010

MARCOS ANTONIO DE BORTOLLI

**INFLUÊNCIA DE PERÍODOS DE PASTEJO EM TRIGO DUPLO
PROPÓSITO SOBRE A DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE
NUTRIENTES DA PALHADA EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção vegetal).

Orientador: Dr^a Tangriani Simioni Assmann

Co-Orientador: Dr. Alceu Luíz Assmann

PATO BRANCO

2010

B739i

Bortolli, Marcos Antonio de
Influência de períodos de pastejo em trigo duplo propósito sobre a
decomposição e liberação de nutrientes da palhada em sistema de integração
lavoura-pecuária / Marcos Antonio de Bortolli.
Pato Branco. UTFPR, 2009

82 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Tangriani Simioni Assmann

Co-orientador: Prof. Dr. Alceu Luis Assmann

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2008.

Bibliografia: f. 68 – 71

1. Litter Bag. 2. Pastejo. 3. Produtividade da soja I. Assmann, Tangriani
Simioni, II. Assmann Alceu Luis, co-orient. II. Universidade Tecnológica
Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 022


Influência de períodos de pastejo em trigo duplo propósito sobre a decomposição e liberação de nutrientes da palhada em sistema de integração lavoura-pecuária

por

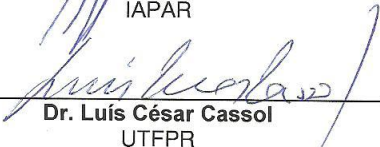
Marcos Antonio de Bortoli

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e seis de fevereiro de dois mil e dez, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. *Aprovado.....*

Banca examinadora:



Dr. Alceu Luiz Assmann
IAPAR



Dr. Luís César Cassol
UTFPR

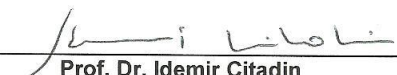


Dra. Nilvânia Aparecida de Mello
UTFPR



Dra. Tangriani Simioni Assmann
UTFPR
Orientadora

Visto da Coordenação:



Prof. Dr. Idemir Citadin
Coordenador do PPGA

Dedico este trabalho

Aos meus irmãos Paulo, Sergio e Eliane

Ao meu pai Antonio

À minha mãe Elita

AGRADECIMENTOS

Agradeço à UTFPR por disponibilizar excelentes professores, ensino gratuito e de qualidade.

À minha orientadora, professora Dr. Tangriani Simioni Assmann, primeiro por me incentivar a seguir nesta jornada de estudo e pesquisa e segundo por me ajudar na elaboração e no desenvolvimento deste projeto, sendo acima de tudo uma grande amiga.

Ao Dr Alceu Luiz Assmann pelo suporte no desenvolvimento do experimento, disponibilizando os materiais necessários e até mão-de-obra quando necessário através do IAPAR.

Obrigado a todos os meus colegas que de uma forma ou outra me ajudaram ao longo desta caminhada, em especial à Joice Mari Assmann, Tatiana da Silva Caldas e Maurício Sartor por estarem sempre envolvidos neste e em outros trabalhos que desenvolvi como mestrando.

Ao pessoal do laboratório de solos pela ajuda nas análises de tecido vegetal e troca de experiências principalmente na pessoa do Professor Dr Luís César Cassol.

A CAPES pelo apoio financeiro concedido.

A todos meus amigos que de forma direta ou indireta auxiliaram na execução desta obra.

E por fim, gostaria de agradecer a minha irmã Eliane pela ajuda sempre que precisei, pelos conselhos e broncas, que com certeza serão importantes em toda minha vida profissional.

“O valor de todo o conhecimento está no seu vínculo com as nossas necessidades, aspirações e ações; de outra forma, o conhecimento torna-se um simples lastro de memória, capaz apenas – como um navio que navega com demasiado peso – de diminuir a oscilação da vida quotidiana.” (V. O. Kliutchevski)

RESUMO

BORTOLLI, Marcos Antonio de. **Influência de períodos de pastejo em trigo duplo propósito sobre a decomposição e liberação de nutrientes da palhada em sistema de integração lavoura-pecuária** 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2009.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a influencia de períodos de pastejo em trigo duplo propósito sobre a taxa de decomposição das plantas e liberação de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) bem como a produtividade de soja cultivada na sequencia em sistema de semeadura direta. Os tratamentos foram arranjos em delineamento blocos ao acaso com duas repetições. Os tratamentos foram os seis períodos de pastejo (0, 21, 42, 63, 84 e 105 dias) e a taxa de decomposição do material residual destes, foi avaliada pela técnica de litter-bag. A percentagem de biomassa e nutrientes no compartimento mais prontamente decomponível aumentou à medida que aumentou os períodos de pastejo, principalmente devido ao efeito do animal sobre a renovação dos tecidos foliares, o que resultou em uma maior taxa de decomposição da palhada e de liberação de nutrientes para o solo e, conseqüentemente para a cultura da soja cultivada na sequencia em sistema de integração lavoura pecuária. Entretanto a produtividade de grãos de soja reduziu com o aumento dos períodos de pastejo principalmente devido à diminuição de resíduo de matéria seca sobre o solo.

Palavras-chave: Litter Bag, Pastejo, Produtividade da soja

ABSTRACT

BORTOLLI, Marcos Antonio de **Influence of grazing periods on dual purpose wheat on mulch decomposition and nutrient release on crop-livestock systems**. 2009. 80 f. Dissertation (Master's in Agronomy) – Program of post graduation in Agronomy (Field of study: Vegetable Production), Federal Technologic University of Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2009.

The aims of this work were to evaluate the influence of dual purpose wheat grazing periods on plant decomposition rates and nutrient release (N, P, K, Ca e Mg) and soybean yielded cultivate in sequence in no-till systems. Treatments were laid out as a random block design with two replications. The treatments were six grazing periods (0, 21, 42, 63, 84 e 105 days), on continuous stocking rate grazing method. From these treatments, dual purpose wheat biomass and nutrients decay constants were evaluated along 7 different field incubation periods (0, 15, 35, 63, 98, 139 e 196 days after soil deposition) by the litter bag technique. The percentage of biomass and nutrients at the easily decomposable compartment increases with the increase of grazing periods, due to the influence of the animal over the plants tissue turnover, which results in highest decomposition rate and nutrients release to the soil and consequently to the soybean cultivated in sequence on crop-livestock system. However the soybean grains yielded reduced with the increase grazing periods mainly due to the diminished of dry matter residue over the soil.

Palavras-chave: Litter Bag, grazing, soybean yielded

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Ciclo de nutrientes minerais simplificado para ecossistema de pastagem. Fonte: Adaptado de Wilkinson e Lowrey (1973).23
- Figura 2.** Dados meteorológicos observados durante o período experimental na primeira fase do experimento (2007). Fonte: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2007).29
- Figura 3.** Dados meteorológicos observados durante o período experimental na segunda fase (2007/2008). Fonte: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2008).30
- Figura 4.** Comportamento da matéria seca remanescente nos 196 dias de avaliação em função dos diferentes períodos de pastejo.38
- Figura 5:** Efeito dos períodos de pastejo no compartimento mais facilmente decomponível (A) do trigo de duplo propósito.40
- Figura 6.** Nitrogênio remanescente (A) e liberação acumulada (B) de nitrogênio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009. .43
- Figura 7.** Fósforo remanescente (A) e liberação acumulada (B) de fósforo em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009.46
- Figura 8.** Potássio remanescente (A) e liberação acumulada (B) de Potássio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009. .48
- Figura 9.** Cálcio remanescente (A) e liberação acumulada (B) de Cálcio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009.51
- Figura 10.** Magnésio remanescente (A) e liberação acumulada (B) de Magnésio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009. .54
- Figura 11.** Produção de soja cultivada sob trigo duplo propósito submetido a diferentes períodos de pastejo, obtida na colheita das parcelas. Pato Branco, 2009.57
- Figura 12.** Produção de soja cultivada sob trigo duplo propósito submetido a diferentes períodos de pastejo, calculada a partir da combinação dos componetes de rendimento. Pato Branco, 2009.57
- Figura 13.** Influência da Massa seca remanescente dos tratamentos de inverno (períodos de pastejo) na produtividade da soja cultivada na seqüência. Pato Branco, 2009.60
- Figura 14.** Influência da Massa seca remanescente dos tratamentos de inverno (períodos de pastejo) na quantidade de legume por planta de soja cultivada na seqüência. Pato Branco, 2009.61
- Figura 15.** Influência do número de legumes por planta na produtividade medida da soja, cultivada sob os tratamentos de inverno (períodos de pastejo). Pato Branco, 2009.62

Figura 16. Influência do número de legumes por planta na produtividade estimada através dos componentes de rendimento da soja, cultivada sob os tratamentos de inverno (períodos de pastejo). Pato Branco, 2009.62

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** - Características químicas do solo da área experimental antes da implantação do experimento, para cada profundidade, nas profundidades de 0 – 5 cm, 5 – 10 cm e 10 – 20 cm. Pato Branco-PR, 2007.....28
- Tabela 2.** Parâmetros dos modelos ajustados aos valores medidos de matéria seca remanescente; Nitrogênio; Fosforo; Potássio; Cálcio e Magnésio, de cada compartimento e valores de R^237
- Tabela 3.** Parâmetros dos modelos ajustados aos valores medidos de matéria seca remanescente, tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimento e valores de R^2 39
- Tabela 4.** Quantidade de massa seca remanescente de cada tratamento em Kg há⁻¹ e os teores iniciais de N, P, K, Ca e Mg em porcentagem da matéria seca na palhada de trigo duplo propósito em função dos diferentes períodos de pastejo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.42
- Tabela 5.** Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do nitrogênio da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.44
- Tabela 6.** Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do fósforo da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.45
- Tabela 7.** Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do Potássio da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.47
- Tabela 8.** Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do Cálcio da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.50
- Tabela 9.** Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do Magnésio da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.53
- Tabela 10:** Produção de forragem (kg ha⁻¹) de trigo duplo propósito, cultivar BRS Tarumã, submetido à 21, 42, 63, 84 e 105 dias de pastejo, Pato Branco-PR, 2007.55
- Tabela 11:** Produção de forragem acumulada (kg ha⁻¹) de trigo duplo propósito, cultivar BRS Tarumã, submetido à 0, 21, 42, 63, 84 e 105 dias de pastejo e liberação acumulada estimada de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), Pato Branco-PR, 2007.....56
- Tabela 12.** Coeficientes de Correlação (r) entre os componentes de rendimento: Plantas por hectare (P/ha), Legumes por planta (L/PL), Grãos por legume

(G/Leg), Peso de 1000 grãos (P 1000), Produção de soja medida (PM), Produção estimada através dos componentes (PE) e Palhada remanescente dos tratamentos de inverno (PR), Pato Branco-PR, 2009.58

LISTA DE SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
Cfa	Clima subtropical
Cfb	Clima temperado
CTC	Capacidade de troca de cátions
DAE	Dias após a emergência
DP	Duplo propósito
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
ILP	Integração lavoura-pecuária
MS	Massa seca
PB	Proteína bruta
MO	Matéria orgânica
SEAB	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento Estado Paraná
UTFPR	Universidade Federal Tecnológica do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA – PECUÁRIA (ILP).....	19
2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES NA INTEGRAÇÃO LAVOURA – PECUÁRIA	21
2.3 DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES PARA CULTURAS SUCESSORAS	24
2.4 TRIGO DUPLO PROPÓSITO	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	27
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	28
3.3 DADOS MICROCLIMÁTICOS.....	29
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
3.5 DURAÇÃO DO EXPERIMENTO	31
3.6 ESTABELECIMENTO DO TRIGO E ADUBAÇÃO	31
3.6.1 Semeadura.....	31
3.6.2 Adubação	32
3.7 CARACTERIZAÇÃO DOS ANIMAIS	32
3.7.1 Manejo Geral dos Animais	32
3.7.2 Método de Pastejo	32
3.7.3 Ajuste da Carga Animal.....	33
3.8 VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	33
3.8.1 Taxa de decomposição e liberação de nutrientes do resíduo de trigo duplo propósito.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA SECA DOS RESÍDUOS DE TRIGO E LIBERAÇÃO DOS NUTRIENTES.....	36
4.1.1 DECOMPOSIÇÃO DA MASSA SECA REMANESCENTE	38
4.1.2 LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA PALHADA DE TRIGO	41
4.1.2.1 LIBERAÇÃO DE NITROGÊNIO	42
4.1.2.2 LIBERAÇÃO DE FÓSFORO	45
4.1.2.3 LIBERAÇÃO DE POTÁSSIO.....	47
4.1.2.4 LIBERAÇÃO DE CÁLCIO.....	50
4.1.2.5 LIBERAÇÃO DE MAGNÉSIO.....	52
4.1.2.6 CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMA DE PASTEJO.....	54

4.2 PRODUÇÃO DA SOJA E COMPONENTES DE RENDIMENTO VERSUS PERÍODOS DE PASTEJO	56
4 CONCLUSÕES	64
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS.....	66
ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS	70
APÊNDICES	71
ANEXOS	78

1 INTRODUÇÃO

A maior parte das áreas agricultáveis do terceiro planalto paranaense encontram-se envolvidas em cadeias de produção, onde a principal atividade é o cultivo de lavouras de soja, milho, trigo e feijão. Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos adquiridos nas últimas décadas, esse modelo de produção vem se tornando economicamente e ecologicamente instável.

Embora esses cultivos sejam fontes alimentares importantes para a humanidade, à falta de diversificação dos sistemas agrícolas e a perda de uma cultura rural de subsistência, cuja prioridade era suprir inicialmente as necessidades familiares, traz como consequências para o agricultor a falta de estabilidade econômica, já que este possui poucas fontes de renda, ou seja, os seus investimentos estão centrados em poucas atividades.

Analisando os dados da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB, 2009), observa-se que na safra 2008/2009, aproximadamente sete milhões e seiscentos mil hectares da área semeada foram utilizados no verão para produção de grãos, principalmente soja, milho e feijão. Devido à baixa rentabilidade com a exploração de cereais de inverno e à carência de alternativas, apenas 19% desta mesma área foi utilizada no inverno, com culturas que são rentáveis.

Levando-se em conta que tradicionalmente o preço ofertado pela saca dos cereais no mercado brasileiro quase sempre está abaixo das expectativas do produtor e, considerando que o custo de produção destes é elevado, a maioria dos produtores acaba por deixar estas áreas ociosas no inverno, utilizando uma cobertura verde ou em muitos casos essas áreas são deixadas em pousio, o que acredita-se ter acontecido com os outros 81% da área cultivada no estado.

A integração lavoura-pecuária é uma alternativa para o desenvolvimento de uma agropecuária mais rentável, diversificando as propriedades e trazendo uma renda adicional, já que os produtores tiveram a renda per capita diminuída nos últimos anos, não garantindo a permanência de parte dos produtores no campo. As dificuldades, porém, residem na adoção de combinações de culturas e pastagens ligadas aos interesses dos sistemas de produção em uso e que apresentem, ainda, viabilidade econômica.

Dentre as opções de cultivo de inverno, o trigo duplo propósito apresenta-se como promissor para uso na integração lavoura-pecuária (ILP), uma vez que utiliza a mesma área para produzir, na mesma estação de cultivo, produção vegetal e animal, permitindo, assim, um melhor uso da terra, com agregação de valor à propriedade.

Neste sentido, cultivares de trigo duplo propósito já lançadas pelas instituições brasileiras de pesquisa devem ser melhor estudadas em relação ao seu manejo, para que o resultado do uso destas, seja favorável a todo o sistema de cultivo, incluindo a produção de grãos durante a safra de verão.

As pesquisas têm demonstrado que essa prática tem um reflexo no rendimento das cultivares de verão, que necessitam de nutrientes e da palhada deixadas pelas gramíneas para viabilização do plantio direto.

Desta forma, se tornam indispensáveis estudos que demonstrem a dinâmica dos nutrientes envolvidos no sistema desde o período em que acontece a produção animal até o aproveitamento pela cultura de verão. Contudo a ciclagem de nutrientes é um aspecto carente de informação e importante de ser estudado em sistemas integrados de produção, considerando que nestes sistemas a presença do animal aumenta a complexidade das interações entre seus componentes solo-planta-animal.

A disponibilidade de nutrientes nesse sistema e, conseqüentemente, uma maior eficiência no uso dos mesmos, por plantas e animais, está diretamente ligada à velocidade de decomposição dos resíduos vegetais e animais e à taxa de liberação de nutrientes no solo.

Além disso sabe-se que durante seu ciclo reprodutivo, as plantas de soja perdem grande quantidade de estruturas, tendo sido relatados extremos entre 27% e 84% de perdas desde o início da fase reprodutiva até o final do ciclo da cultura (Navarro & Costa, 2002). Estas perdas podem ser ocasionadas por deficiências nutricionais das plantas de soja, daí a importância de saber mais sobre a qualidade dos resíduos vegetais fornecidos pela pastagem de inverno, bem como o momento em que os nutrientes ali contidos estão sendo liberados e aproveitados pela cultura sucessora.

Embasado nisso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de decomposição dos resíduos vegetais provenientes do trigo duplo propósito sujeito a diferentes

períodos de pastejo no inverno, bem como a taxa de liberação de nutrientes para o solo e a produtividade da soja cultivada na seqüência

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA – PECUÁRIA (ILP)

O sistema de integração lavoura pecuária consiste na utilização de uma mesma área com pastagens em rotação com culturas agrícolas. Este sistema, embora não seja à muito tempo utilizado, é bastante difundido por produtores da região sudoeste do Paraná (MORAES et al., 2002).

Para Cassol (2003), a agricultura e a pecuária não devem ser vistas como atividades antagônicas, mas sim como atividades complementares que, quando integradas, funcionam em sinergismo, tendo a lavoura um melhor resultado quando integrada com a pecuária e vice-versa. O sucesso deste sistema depende do manejo integrado dos seus componentes (solo-planta-animal) que por sua vez, são dinâmicos e interagem entre si.

Na busca pela diversificação e estabilidade dos sistemas agrícolas, a integração lavoura-pecuária, vem ganhando espaço no panorama agrícola do Sul do Brasil, pois não deixa de lado práticas essenciais como a rotação de cultura, plantio direto, uso de genótipos melhorado e insumos (MORAES et al., 2002).

Este sistema apresenta alternância temporária de cultivos para grãos e pastagens gramíneas ou leguminosas, essa alternância aumenta, sobretudo a produtividade nestas áreas. Isto é atribuído segundo Mckenzi et al. (1999), por melhorais na fertilidade e estrutura do solo, favorecendo o controle das plantas daninhas, quebrando ciclos de doenças e reduzindo os custos com inseticidas e fungicidas.

Analisando os dados da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (Seab, 2007), observa-se que na safra de 2006 aproximadamente quatro milhões de hectares da área de basalto, no terceiro planalto paranaense, foram utilizados no verão para produção de grãos, principalmente soja e milho. Devido à

baixa rentabilidade com exploração de cereais de inverno e à ausência de alternativas, apenas 28% desta mesma área foi utilizada no inverno, com culturas rentáveis. Nos 72% restantes foram semeadas principalmente culturas protetoras de solo ou então deixados em pousio.

Na região Sudoeste do Paraná, a integração-lavoura pecuária vem sendo praticada empiricamente durante décadas, herança étnica da colonização italiana que sempre associou a criação de animais com os cultivos agrícolas. Mas o manejo incorreto desse sistema pode iniciar um ciclo de degradação do solo com sérios riscos do ponto de vista econômico e ambiental. No entanto, se bem conduzido torna-se lucrativo (MELLO, 2002).

A presença de animais no sistema produtivo pode alterar a produtividade do ecossistema para uma direção positiva ou negativa. A magnitude dessas alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, os quais são responsáveis por afetar o desenvolvimento radicular das culturas (Taylor & Brar, 1991), estão na dependência do manejo que é aplicado nessas áreas, o qual tem influência pela textura e teor de matéria orgânica do solo (Smith et al., 1997), bem como o seu teor de umidade (Correa & Reichardt, 1995), a biomassa vegetal sobre o solo (Silva et al., 2003), a espécie de planta utilizada, a adubação, a intensidade de pastejo e a forma como os animais reagem às estruturas de pasto decorrentes (Baggio, 2007) e a espécie e categoria animal (Salton et al., 2002).

Um fator muito debatido com relação ao sistema integração lavoura-pecuária, e que também tem sido um grande entrave ao uso deste sistema é a ideia de compactação do solo disseminada entre os agricultores, apesar de trabalhos científicos demonstrarem que o manejo adequado das pastagens mantendo um nível adequado de palha sobre o solo pode evitar este problema. Com relação a este fato Cassol (2003) e também Flores (2004), observaram aumento da densidade de partículas e diminuição da macroporosidade com a redução da altura da pastagem imediatamente após o período de pastejo, porém este fato foi revertido pela cultura de verão utilizada, neste caso a soja (*Glycine max*).

A partir disso pode-se concluir que a produtividade de uma propriedade conduzida em sistema de integração lavoura-pecuária é a soma do rendimento de grãos e do rendimento animal, uma vez que uma fase é dependente de fatores influenciados pela outra e vice-versa.

2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES NA INTEGRAÇÃO LAVOURA – PECUÁRIA

O manejo adequado da pastagem envolve a sustentabilidade da mesma e o balanço de nutrientes para suficiente produção de matéria seca, sendo que essa matéria seca será utilizada na alimentação dos animais. Os elementos químicos presentes no sistema solo- planta- animal desempenham funções vitais para o normal funcionamento desse sistema. Especialmente, o estabelecimento e a produtividade das plantas forrageiras são influenciados pela disponibilidade de nutrientes, particularmente no solo. Como os herbívoros utilizam as forrageiras como alimento, eles têm um importante papel na movimentação de nutrientes minerais nesse sistema (EVANGELISTA, 2004).

Os nutrientes sofrem ciclagem dentro do ecossistema da pastagem e a disponibilidade deles nos vários segmentos desse ciclo influenciam a produtividade da pastagem e conseqüentemente o desempenho dos animais. Durante o pastejo, os bovinos caminham e esta ação influencia os fluxos de nutrientes. As forrageiras, gramíneas, são eficientes na incorporação de nutrientes disponíveis nessa biomassa. Os efeitos do pastejo podem influenciar a ciclagem de nutrientes:

- Removendo as raízes (capacidade de absorção de nutrientes) das plantas e influencia interna da transferência de nutrientes na planta;
- Recolocando dos nutrientes oriundos do pastejo e o manejo durante a lactação, inverno e recolocação dos animais;
- Concentrando das fezes e urina numa área, consumo e concentrações em áreas do campo;
- Alterando das condições físicas do solo através da compactação e aeração; estabilização, formas e avaliação de nutrientes (RODRIGUES, 2000).

Estes fatores são importantes em todos os sistemas de pastejo proporcionando o uso intensivo ou extensivo e contribuem para o desenvolvimento ou degradação ao longo do tempo de sustentabilidade do sistema.

A produção animal a partir das pastagens deve ser compreendida como um ecossistema, no qual os fatores solo-planta-animal, clima e manejo, estão interrelacionados. Uma parte dos nutrientes ingeridos na pastagem é retida para a formação do corpo dos animais e para integrarem os produtos sistematicamente fornecidos por esses animais. Cerca de 90% dos nutrientes minerais retornam ao solo através das excreções dos animais em pastejo (RODRIGUES, 2000).

Elementos químicos presentes no sistema solo-planta-animal desempenham funções vitais para o normal funcionamento desse sistema. O estabelecimento e a produtividade das plantas forrageiras são influenciados pela disponibilidade de nutrientes no solo. Por sua vez, os herbívoros utilizam as plantas forrageiras como fonte básica na alimentação e têm um relevante papel na movimentação de nutrientes minerais nesse sistema (RODRIGUES, 2000).

A figura 1 é um esquema simplificado de como ocorre este ciclo onde os nutrientes estão envolvidos em um sistema composto pelo solo, a planta, o animal e a atmosfera.

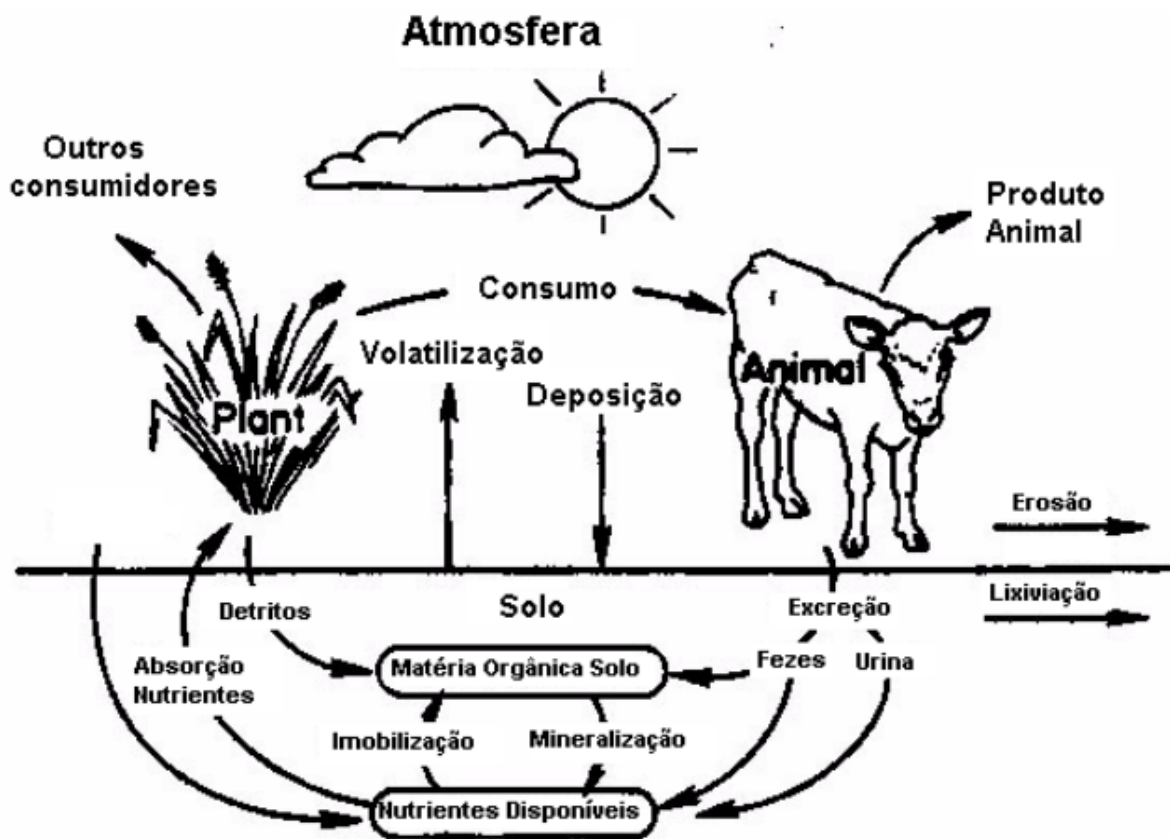


Figura 1. Ciclo de nutrientes minerais simplificado para ecossistema de pastagem. Fonte: Adaptado de Wilkinson e Lowrey (1973).

Alguns resultados de pesquisa sugerem que os sistemas de produção baseados em pastejo são praticamente auto-sustentáveis, exigindo baixas quantidades de insumos (fertilizantes e corretivos) para responderem as perdas exportadas no produto animal. A continuidade da produtividade em tais sistemas parece ter condições de manter-se em equilíbrio por um longo tempo, antes que se indique a necessidade de reposição de nutrientes (Corsi e Martha Junior, 1997)

O retorno de nutrientes via fezes varia, uma vez que a quantidade e a qualidade das excretas produzidas diariamente dependem do tamanho do animal, da dieta utilizada e das condições ambientais (Mathews e Sollenberger, 1996). Entretanto, Haynes e Williams (1993), afirmam que um animal é responsável em média pela liberação de aproximadamente 20 kg de fezes por dia com um teor de matéria seca de aproximadamente 15%. Assim, considerando uma carga animal de três animais por hectare e um período de pastejo de 105 dias, tem-se uma produção e deposição de esterco de 945 kg de matéria seca. A partir deste valor e considerando os valores iniciais de nutrientes do esterco de 35,5; 3,5; 22,2; 3,5 e 2,2

g de N, P, K, Ca e Mg em cada kg de MS de esterco, respectivamente, estima-se que o retorno de nutrientes via fezes tenha sido de 33 kg de N, 3,3 kg de P, 21 kg de K, 3,31 kg de Ca e 2,1 kg de Mg, armazenados na matéria seca do esterco.

2.3 DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES PARA CULTURAS SUCESSORAS

Além dos fatores já discutidos que fazem da ação do animal um fator importante na ciclagem de nutrientes, ainda, os fatores relacionados a decomposição da palhada remanescente também são influenciados pelo pastejo.

O pastejo pode aumentar o teor de N da planta e, conseqüentemente, a qualidade dos resíduos que retornam ao solo (Shariff et al., 1994). Os herbívoros podem acelerar as taxas de decomposição pela redução da relação C:N da planta (McNaughton, 1992).

Desta forma a melhor relação C:N das plantas pastejadas e do solo aumentam a mineralização líquida pela redução da demanda microbiana por N durante o processo de decomposição (Holland et al. 1992). Entretanto, o pastejo pode também reduzir a ciclagem e a disponibilidade de nitrogênio, uma vez que os animais em função da sua seletividade por plantas com alto teor de N acabam por aumentar a dominância de espécies de plantas com baixo teor de N, sendo que estas espécies se decompõe mais lentamente. A redução na disponibilidade de N favorece as espécies pobres em N, porque elas são mais eficientes na competição por N. Percebe-se assim que os animais podem influenciar diferentemente a ciclagem de N modificando a produtividade do ecossistema para uma direção positiva ou negativa.

O pastejo altera também a estrutura da pastagem e desta forma a composição da vegetação e o teor de N nos tecidos vegetais. Estas mudanças nas pastagens ocasionadas pelo pastejo tendem a aumentar a disponibilidade de N inorgânico pela melhoria da qualidade da biomassa das plantas (Bardgett et al., 1998), pelo efeito da imobilização microbiana e por alterar o fluxo de carbono das plantas em direção ao solo (Stark & Grellmann, 2002).

Quando falamos de decomposição de palhada em pastejo, é importante que seja considerada a decomposição também dos dejetos eliminados pelos animais, pois eles carregam parte dos nutrientes contidos na forrageira consumida.

Segundo Brady e Weil (2002), as taxas típicas de decomposição anuais dos vegetais, suas raízes e dejetos são da ordem de 85, 67 e 75% respectivamente. Contudo, estes valores podem variar em função de fatores ambientais e da qualidade do material sendo decomposto.

Kozelinski (2009), trabalhando com diferentes períodos de pastejo em trigo de duplo propósito, avaliou a decomposição dos dejetos e dos restos culturais do trigo e observou que os dejetos tem decomposição mais lenta, por serem formados por material mais lignificado, não digestível pelo rúmem do animal, porém este material contém grande quantidade de nutrientes os quais estarão retornando ao sistema, mesmo que à longo prazo.

2.4 TRIGO DUPLO PROPÓSITO

O trigo de duplo propósito é uma planta indicada para produção animal por oferecerem pasto de boa qualidade (plantas novas de trigo têm elevado teor de proteína e constituintes minerais) e em quantidade, podendo ainda ser utilizada em forma de silagem ou feno, permitindo colheita antecipada através da produção de leite ou carne e, ao mesmo tempo, permitem manter uma boa produtividade de grãos para alimentação humana. Surge como uma alternativa a já conhecida e intensificada utilização da aveia preta para cobertura de solo no inverno.

A utilização do trigo duplo-propósito para pastejo durante a sua fase vegetativa é uma prática comum em países como os Estados Unidos, Austrália, Argentina e Uruguai (Winter e Tompson, 1990). Segundo Pinchak et al. (1996), de 30 a 80% dos dez milhões de hectares semeados anualmente com trigo nos E.U.A. são pastejados, representando, assim, uma importante fonte de renda. Na Argentina, o cultivo de trigo com dupla finalidade já era uma prática comum na década de 1960, atingindo, nessa época, 28% do total da safra de trigo desse país (Coscia, 1967). No Uruguai, o cultivo de trigo duplo-propósito é uma prática bastante difundida, com interesse crescente por genótipos de semeadura antecipada (Altier e Garcia, 1986). No Brasil, no entanto, a partir de uma área potencial de 15 milhões de

hectares, apenas 1,8 milhões são cultivados com trigo e menos de 1% deste é cultivado com dupla finalidade (Conab, 2007).

Estes cultivares devem ter um ciclo apropriado para o pastejo e colheita de grãos, com fase vegetativa longa e reprodutiva curta (Del Duca et. al. 2000; Del Duca e Fontaneli, 1996).

Recentemente, órgãos de pesquisa como a Embrapa trigo, estão buscando variedades de trigo com dupla finalidade, com o objetivo de melhorar a produção da safra de inverno e atender uma necessidade nacional, bem como oferecer alternativas competitivas e que propiciem ganhos econômicos aos produtores. Desta forma, o trigo cultivado com dupla finalidade é importante, uma vez que permite a utilização de sistemas integrados de produção, e também uma maior flexibilidade para o agricultor, porque ele pode escolher de acordo com o ano e os preços agrícolas, otimizar a produção de trigo em vez da produção animal e vice-versa.

A cultivar de trigo BRS Tarumã, utilizada neste experimento, é resultante do cruzamento entre as cultivares Century e BR 35. Pertence ao grupo de trigos denominados como de duplo-propósito ou tardios-precoces e da classe pão, sendo apropriado à integração lavoura-pecuária. No BRS Tarumã o espigamento ocorre aos 110 dias em média e a maturação aos 162 dias. É recomendada para os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Semeando-se no início da época recomendada, para duplo propósito, é possível propiciar um período de pastejo aproximado de 60 dias. O pastejo pode ser iniciado quando as plantas estiverem com 25 a 30 cm de estatura, o que normalmente ocorre entre 40 e 60 dias após a semeadura.

Quando manejado em pastejo, devem ser preservadas as estruturas para o rebrote, limitando o rebaixamento até 5 a 7 cm de estatura durante o período vegetativo ou quando for observado a formação do primeiro nó. Apresenta 80 cm de estatura (em média). Caracteriza-se por moderada resistência ao acamamento, ao crestamento, à debulha natural e à germinação na espiga. É resistente ao oídio, moderadamente resistente à ferrugem da folha e vírus do mosaico e suscetível às manchas foliares (Del Duca & Fontaneli, 1996).

O pastejo provoca, em curto prazo, alterações no IAF e na quantidade de carbono fixado, e em longo prazo, modificações na estrutura e na composição botânica da pastagem (Lemaire & Chapman, 1996). Assim sendo, o pastejo, dependendo de sua intensidade, afeta a área foliar e a interceptação luminosa do

dossel o que, por sua vez, afeta as taxas de fotossíntese e a capacidade de produzir novas folhas. Essas alterações no processo fotossintético, determinadas por variações de intensidade de pastejo, afetam a taxa de acúmulo de matéria seca e a quantidade de forragem disponível (Da Silva & Pedreira, 1997).

Por se tratar de cultivares destinadas ao sistema de produção duplo propósito, os componentes de rendimento de grãos de trigo destas variedades também sofrem oscilações de acordo com a intensidade, início e final do período de desfolha e isto refletirá diretamente na produtividade do trigo.

Já a produção de forragem, sofre um efeito positivo diante da prolongação do tempo de pastejo ou do número de cortes, dependendo logicamente da intensidade de pastejo usada, já que a remoção do meristema apical resulta em uma rápida retomada da divisão celular, o que estimula o desenvolvimento dos meristemas laterais durante a fase vegetativa (Cline, 2000).

Diante disso, Mcrae (2003) salienta a importância na correta identificação para o término do período de pastejo e suas implicações econômicas, pois, a retirada dos animais muito cedo resulta em pouco ganho de peso e o atraso na retirada resulta na perda em grãos de trigo já que a excessiva desfolhação atrasa a recuperação das plantas e a formação de novos meristemas apicais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi realizado junto ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), na região Sudoeste do Estado do Paraná, no município de Pato Branco, situado na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense, com coordenadas 25° 07'S e 52° 41'W, e altitude média de 700 m (Anexo 1).

A área na qual foi instalado o experimento vem sendo conduzida sob sistema de semeadura direta desde 1995, sendo que a partir de 2003 iniciou-se o sistema de integração lavoura-pecuária com pastejo no período de inverno. As culturas, tanto de verão como as de inverno, vêm recebendo adubações de fósforo, potássio e nitrogênio, conforme as recomendações da comissão de química e fertilidade do solo (CQFS, 2004).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, com textura argilosa (EMBRAPA, 1999). Análises químicas do solo foram realizadas um mês antes da implantação do experimento, de acordo com a técnica de coleta do solo descrita no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2004). Foi utilizado um trado calador para coleta do solo, antes da implantação do experimento, cujo material coletado foi colocado em balde e separado, de acordo com a profundidade da amostra, sendo coletadas três subamostras, nas profundidades de 0,0 a 5,0 cm; 5,0 a 10,0 cm e de 10,0 a 20,0 cm. As subamostras foram homogeneizadas e retirou-se 0,5 kg de solo. As amostras foram identificadas e enviadas ao Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, campus Pato Branco. As características químicas do solo da área encontram-se no Quadro 1.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental antes da implantação do experimento, para cada profundidade, nas profundidades de 0 – 5 cm, 5 – 10 cm e 10 – 20 cm. Pato Branco-PR, 2007.

Prof. (cm)	P	MO g/dm ³	pH CaCl ₂	cmol/dm ³							
				H + Al	Al	K	Ca	Mg	SB	V%	Al%
0 . 5	27,3	71,1	5,2	5,9	0,0	1,1	7,0	4,2	12,3	67,3	0,0
5 . 10	4,2	62,2	4,8	7,1	0,1	0,8	6,1	2,8	9,7	57,6	0,7
10 . 20	1,9	65,7	5,0	7,1	0,1	0,6	5,9	2,8	9,3	56,5	0,4

3.3 DADOS MICROCLIMÁTICOS

O clima da região em que se realizou o experimento, conforme classificação de Köppen (Moreno, 1961) é de transição entre o subtropical úmido, do tipo Cfa e temperado, Cfb. As condições meteorológicas registradas na Estação Meteorológica do IAPAR durante o período experimental da primeira e segunda fase, estão apresentadas na Figura 2 e 3 respectivamente.

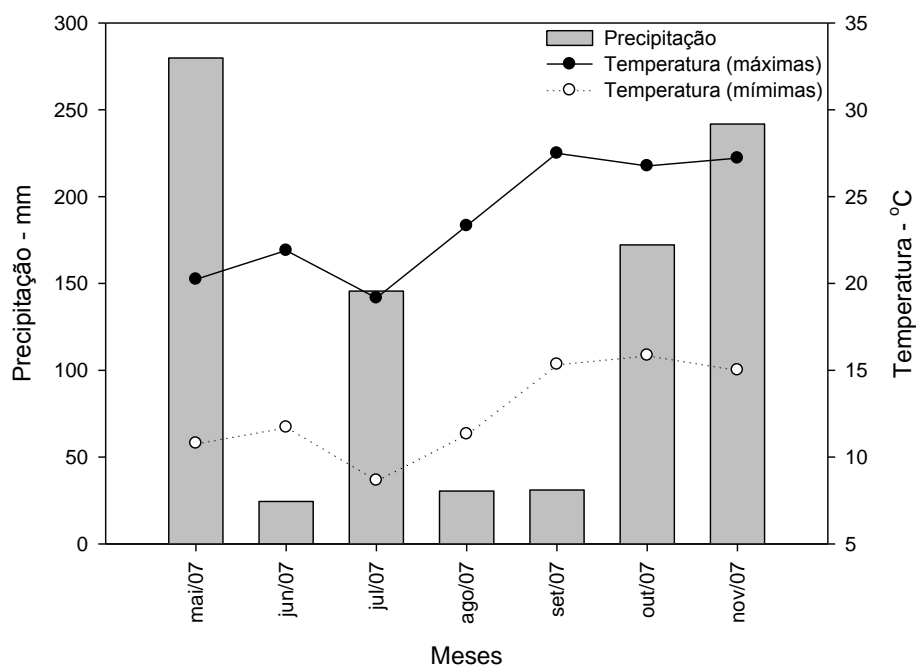


Figura 2. Dados meteorológicos observados durante a primeira fase do experimento (2007). Fonte: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2007).

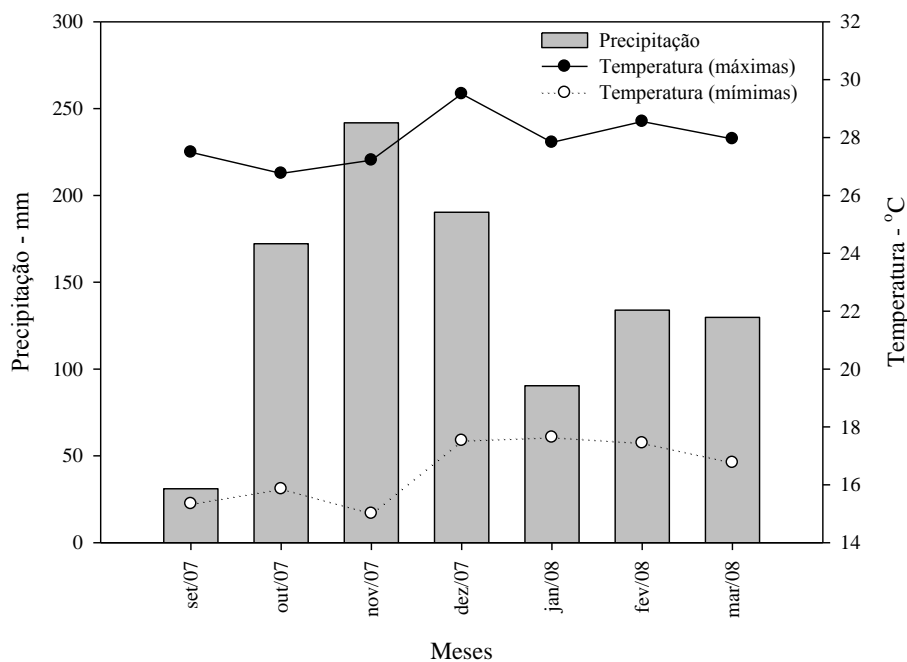


Figura 3. Dados meteorológicos observados durante a segunda fase do experimento (2007/2008).
Fonte: Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR, 2008).

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento constou de duas fases, sendo que na primeira fase foi cultivado o trigo duplo-propósito, sob diferentes períodos de pastejo por bovinos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, com seis tratamentos e duas repetições, totalizando 12 unidades experimentais. A área experimental total ocupou 4,5 hectares, divididos em dez parcelas de 3.800 m² para as áreas pastejadas e duas parcelas com 12 m² para áreas não pastejadas. Os tratamentos constituíram-se de seis diferentes durações de período de pastejo na cultura do trigo, sendo eles:

1. Tratamento sem pastejo (T-0);
2. Tratamento com 21 dias de pastejo (T-21);
3. Tratamento com 42 dias de pastejo (T-42);
4. Tratamento com 63 dias de pastejo (T-63);
5. Tratamento com 84 dias de pastejo (T-84);
6. Tratamento com pastejo até o final do ciclo (T-105).

A segunda fase avaliou a taxa de decomposição da matéria seca do trigo com o auxílio dos litter-bags (sacos de decomposição).

Os resíduos de cada material foram secados e colocados em sacos de nylon - Litter Bag (LB), que foram alocados nas entrelinhas da soja cultivada na área respeitando as parcelas oriundas da fase I, para que a avaliação da decomposição fosse feita na parcela que deu origem ao material estudado (palhada de trigo).

3.5 DURAÇÃO DO EXPERIMENTO

Na fase I, a semeadura do trigo foi realizada no dia 30/04/2007. Os animais foram colocados nos seus respectivos piquetes, todos no mesmo momento, no dia 10/07/2007, quando a pastagem estava com 25 cm de altura, na fase de perfilhamento. Após 21 dias foram retirados dois lotes (tratamento 21 dias), e assim sucessivamente, até a retirada dos animais das duas parcelas que foram pastejadas, até o final do ciclo da planta (tratamento 105 dias). A colheita dos grãos foi iniciada no dia 19/10/2007 ou 173 dias após a semeadura e, finalizada em 13/11/2007, com o plantio da soja, totalizando 198 dias após a semeadura, com a colheita do T-105. A partir desta data foi avaliada a velocidade de decomposição dos resíduos por mais 196 dias totalizando 394 dias de avaliação sendo que a colheita da soja se deu antes da coleta do último Litter Bag.

3.6 ESTABELECIMENTO DO TRIGO E ADUBAÇÃO

3.6.1 Semeadura

A área foi dessecada 15 dias antes do estabelecimento da cultura. A semeadura do trigo ocorreu no dia 30/04/2007, por meio de semeadura direta, com espaçamento entre linhas de 17 cm e 400 sementes por metro quadrado ou 110 kg de semente.ha⁻¹, sobre o residual da palha de milho, sendo o resíduo destas culturas previamente triturado com um triturador de resteva, obtendo-se massa residual de 12 toneladas MS.ha⁻¹.

3.6.2 Adubação

A adubação realizada seguiu as recomendações para cultura de trigo destinado a produção de grãos da CQFS (2004), de acordo com a análise do solo. Foram aplicados 250 kg ha^{-1} do adubo formulado 08-28-16 no momento da semeadura, como adubação de base. Para a adubação de cobertura utilizou-se 85 kg ha^{-1} de N, em três aplicações.

3.7 CARACTERIZAÇÃO DOS ANIMAIS

Os animais testers foram 20 bovinos machos inteiros, em fase de recria, mestiços da raça Purunã, que incorpora em seu cruzamento animais das raças Aberdeen Angus, Canchin, Caracu e Charolês, com idade média variável entre 9 e 11 meses e peso vivo inicial médio de 163 kg, todos com padrão racial, idade e peso semelhantes.

Como reguladores foram utilizados animais cruzados, com predomínio de raças européias, com pesos e idades semelhantes a dos testers.

3.7.1 Manejo Geral dos Animais

Os animais foram alocados aleatoriamente nas parcelas e pesados no início do experimento, na data de entrada, nos piquetes e a cada 21 dias, em cada pesagem, dois lotes eram retirados até o final do experimento. Cada rês foi pesada individualmente, durante seis vezes, sendo que a última pesagem ocorreu em 24/10/2007.

Todos os animais foram vacinados conforme o calendário de vacinações prescrito para a região onde ocorreu o experimento. O controle de endo e ectoparasitas foi realizado no início do experimento e, conforme a necessidade de controle de ectoparasitas em distintos momentos. Água foi fornecida à vontade, assim como a suplementação mineral.

3.7.2 Método de Pastejo

Os animais permaneceram em pastejo com lotação contínua e taxa de lotação variável (Mott e Lucas, 1952). Foi mantida a quantidade de dois animais fixos (testers) por parcela e um número variável de animais reguladores, para manter constante a altura da pastagem de 25 cm, conforme recomendado por Del Duca et al. (2000).

3.7.3 Ajuste da Carga Animal

O ajuste da carga animal foi realizado a cada 21 dias, no momento das pesagens. A taxa de lotação em cada piquete era determinada pela altura da pastagem e, quando a altura excedia a 25 cm, colocava-se um ou mais animais reguladores e quando a altura estava abaixo do preconizado, retirava-se um ou mais animais reguladores.

3.8 VARIÁVEIS ESTUDADAS

Em relação à ciclagem de nutriente no sistema de integração lavoura-pecuária avaliaram-se a taxa de decomposição dos resíduos vegetais, bem como a taxa de liberação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio para o solo.

Foram avaliados os componentes de rendimento da soja: número de plantas por área, número de vagens por planta; número de grãos por vagem; peso de mil grãos e produtividade de grãos de soja em uma parcela útil de 10 metros de comprimento e quatro fileiras de largura (espaçamento da soja 0,45 m) totalizando 18 m².

3.8.1 Taxa de decomposição e liberação de nutrientes do resíduo de trigo duplo propósito

A avaliação da taxa de decomposição do resíduo vegetal, bem como a taxa de liberação de nutrientes referente à matéria seca do trigo foi realizada através da metodologia do uso de sacos de decomposição, os litter bags.

Para a avaliação da velocidade de decomposição e da liberação de N, P, K, Ca e Mg, os materiais de resíduo de trigo duplo propósito, cv. Tarumã foram coletados aleatoriamente das parcelas.

Após a coleta, as amostras foram secadas em estufa a 60 °C, por 72 horas, sendo posteriormente pesadas. Retiraram-se 10 g de matéria seca, que foram alocadas em sacos de nylon com malha de 2 mm, medindo 20 x 20 cm. Os sacos de decomposição foram lacrados e distribuídos na área do experimento, após o plantio da soja e coletados aos 15, 35, 63, 98, 139 e 196 dias.

Após distribuição do material (sacos de nylon) na área experimental foi avaliada a velocidade de decomposição por diferença de peso, ou seja, a porcentagem do material remanescente foi calculada, baseando-se na quantidade total (10 g) alocada no início das avaliações, menos a quantidade remanescente ao longo dos períodos de avaliação. Ainda, para avaliação da concentração dos nutrientes, após a determinação de MS, o material foi moído, em moinho de faca tipo Willey (< 40 mesh) e realizada a digestão sulfúrica, sendo o N total determinado em destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldhal (Tedesco et al., 1995). Após, usando uma amostra da alíquota obtida na digestão, foram determinados os teores totais de P, K, Ca e Mg por fotolorimetria, fotometria de chama e espectrofotometria de absorção atômica (Tedesco et al., 1995).

Com base no modelo ajustado para a quantidade remanescente de MS em cada tratamento e através da análise de nutrientes do tecido, pôde-se estimar a liberação acumulativa destes, durante o período de avaliação, multiplicando-se a porcentagem de liberação do nutriente em cada coleta, obtida mediante o modelo, pelas quantidades iniciais de nutrientes (kg/ha) adicionadas inicialmente nas bolsas de decomposição.

As taxas de decomposição da matéria seca (MS) e liberação dos nutrientes (LN) dos resíduos culturais das plantas de cobertura foram estimadas ajustando-se modelos de regressão não lineares aos valores observados, conforme proposto por Wieder e Lang (1982). Os dois modelos ajustados têm a seguinte equação matemática:

Equação 1 -> $MSR = A e^{-kat} + (100-A)$

Equação 2 -> $MSR = A e^{-kat} + (100-A) e^{-kbt}$

Onde: MSR = percentagem de MS remanescente ou percentagem do nutriente remanescente em tempo t (dias); k_a e k_b = taxas constantes de decomposição da MS ou liberação de nutrientes do compartimento mais facilmente decomponível (A) e do compartimento mais recalcitrante ($100 - A$), respectivamente. As mesmas equações foram utilizadas para determinar a taxa de liberação de nutrientes substituindo-se na fórmula o MSR por N, P, K, Ca e Mg.

Os dois modelos consideram que a MS dos resíduos culturais ou a quantidade de nutrientes remanescente pode ser dividida em dois compartimentos. No modelo assintótico (Equação 1), apenas a MS ou os nutrientes remanescentes do compartimento mais facilmente decomponível é transformada, diminuindo exponencialmente com o tempo a uma taxa constante. A MS ou a quantidade de nutriente remanescente do segundo compartimento é considerada mais recalcitrante e, por isso, não sofre transformação no período de tempo considerado.

No modelo exponencial duplo (Equação 2) a MS e os nutrientes dos dois compartimentos diminuem exponencialmente a taxas constantes, sendo que a primeira fração é transformada a taxas mais elevadas do que a segunda, que é de mais difícil decomposição (recalcitrante).

A escolha do tipo de modelo de cada tratamento foi feita com base nos valores do coeficiente de determinação (R^2) de maior significância, o qual indica o grau de associação entre o modelo ajustado e os valores observados.

Porém após a observação dos coeficientes de determinação, os dois modelos foram aplicados a todos os tratamentos e repetições do experimento, a fim de obter as constantes K_a e K_b , percentagem mais facilmente decomponível (A) e mais recalcitrante ($100 - A$) para todas as parcelas. Com estes valores calculados procedeu-se a análise da variância para todos os K_a , K_b , A e $100 - A$ obtidos separadamente entre os nutrientes estudados e matéria seca. Após esta análise de variância foi possível detectar a eficiência do modelo escolhido para cada componente estudado, sendo que através desta, pôde-se optar ou não pelo modelo já estabelecido.

Tendo o modelo já determinado, e com os valores da constante de decomposição da MS ou de liberação de nutriente de cada compartimento, calculou-se o tempo de meia vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para 50% da MS ou o nutriente daquele compartimento seja decomposta ou liberado. Para este cálculo utilizou-se a fórmula a seguir, cuja dedução é apresentada em Paul e Clark (1996):

$$T^{1/2} = 0,693/k(a,b)$$

Depois de conhecido o comportamento da decomposição dos resíduos, com base na porcentagem de cada nutriente existente na palhada inicial e na palhada remanescente nos litter bags, foi calculada a quantidade de cada nutriente liberada de forma a ser possível obter a quantidade total acumulada ao final do período de avaliação, já que a quantidade de massa seca remanescente em cada parcela também era conhecida.

3.10 Análise estatística

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. Quando houve significância (5%) as variáveis foram submetidas à análise de regressão polinomial buscando o modelo que melhor expressasse esta relação. As taxas de decomposição da matéria seca (MS) dos resíduos culturais das plantas foram estimadas ajustando-se modelos de regressão não linear aos valores observados, conforme proposto por Wieder e Lang (1982), utilizando-se o programa estatístico statgraphics 5.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA SECA DOS RESÍDUOS DE TRIGO E LIBERAÇÃO DOS NUTRIENTES

Constatou-se influência da interação tempo x *versus* períodos de pastejo sobre a decomposição da matéria seca dos resíduos pelo teste F a 1% de probabilidade ($P = 0,0159$), evidenciando uma acentuada aceleração na velocidade de decomposição com o aumento nos períodos de pastejo.

Quanto à escolha do modelo que melhor expressa o comportamento da matéria seca do trigo, foram testados os dois modelos citados na metodologia (assintótico simples e exponencial duplo).

A tabela 2 traz os valores dos coeficientes observados (A, Ka, Kb e R²) para os dois modelos. Estes valores evidenciam que poderia ser utilizado o modelo exponencial duplo para o componente massa seca devido ao valor de R² = 92,78 comparado ao modelo simples de R² = 92,09 o que permite concluir que mais dados se enquadraram ao modelo duplo do que ao simples.

Tabela 2: Parâmetros dos modelos ajustados aos valores medidos de matéria seca remanescente; Nitrogênio; Fosforo; Potássio; Cálcio e Magnésio, de cada compartimento e valores de R²

Variável	Modelo Duplo				Modelo Simples		
	A	Ka	Kb	R ²	A	Ka	R ²
MS	40,41	0,0419	0,0031	92,77	64,93	0,0228	92,09
N	73,64	0,0290	-0,0017	81,95	65,36	0,0340	81,92
P	49,52	0,0297	0,0011	84,19	58,68	0,0242	84,25
K	84,19	0,1031	0,0036	98,90	85,80	0,0851	98,39
Ca	87,58	0,0335	-0,0017	91,03	83,92	0,0356	91,09
Mg	29,13	0,1277	0,0044	82,12	64,06	0,0261	77,83

Não obstante, quando os valores de A, Ka e Kb obtidos em todos os tratamentos e repetições do experimento um a um, nos modelos simples e duplo (Apêndice 1), foram submetidos ao teste F, os resultados demonstraram que o modelo duplo, apesar de ser mais eficiente quando testado com todos os valores observados, se mostra não significativo neste detalhamento (Apêndice 2).

Alem disso os coeficientes de variação (CV) observados no apêndice 2 foram muito altos quando analisados os parâmetros do modelo exponencial duplo.

Assim, o modelo escolhido para representar a taxa de decomposição do material remanescente do trigo duplo propósito e liberação dos nutrientes nele contidos foi o assintótico simples devido a apresentar significância dos valores de A (parte mais facilmente decomponível do material) quando submetidos ao teste F, demonstrando que o fato dos períodos de pastejo terem influenciado na decomposição da palhada tem relação com a variação da quantidade de material presente neste compartimento.

4.1.1 DECOMPOSIÇÃO DA MASSA SECA REMANESCENTE

Constatou-se influência da interação tempo *versus* períodos de pastejo sobre a decomposição da matéria seca dos resíduos ($P = 0,0159$), evidenciando uma acentuada aceleração na velocidade de decomposição com o aumento nos períodos de pastejo, conforme pode ser observado na Figura 5.

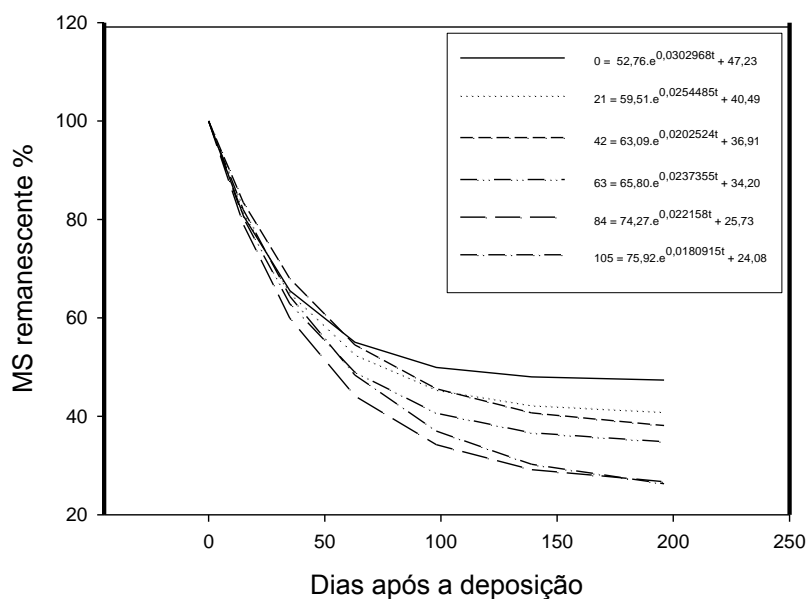


Figura 4. Comportamento da matéria seca remanescente nos 196 dias de avaliação em função dos diferentes períodos de pastejo.

Observa-se na Tabela 3 que o aumento da taxa de decomposição da matéria seca pode ser atribuída, principalmente, ao aumento da porcentagem de material no compartimento prontamente decomponível (Compartimento A), sendo que quando o trigo não foi pastejado a quantidade de material no compartimento mais prontamente decomponível era de 52,76% com meia vida de 22,8 dias e aos quando o trigo foi pastejado por 105 dias a quantidade de material nesse compartimento chegou a 75,92% com meia vida de 38,30 dias.

Tabela 3. Parâmetros dos modelos ajustados aos valores medidos de matéria seca remanescente, tempo de meia vida ($t_{1/2}$) de cada compartimento e valores de R^2

Dias de pastejo	Comp. A	Ka	T^{1/2}	R²
	%	Dias⁻¹	Dias	
0	52,77	0,0303	22,87	92,46
21	59,51	0,0254	27,23	96,62
42	63,10	0,0203	34,22	93,03
63	65,80	0,0237	29,20	98,39
84	74,27	0,0222	31,28	97,16
105	75,92	0,0181	38,31	95,92

Na Figura 5 observa-se que a cada dia de pastejo resulta em 0,214% de aumento na quantidade de material mais prontamente decomponível da matéria seca remanescente de trigo, sendo que os valores partem de 54,61% com ausência de pastejo. Isto leva a concluir que o efeito de animais em pastagens resulta em uma maior velocidade de decomposição do material após o término do período de pastejo.

Este comportamento, em parte, resulta da constante rebrota nos tratamentos que foram pastejados por mais tempo, o que ocasiona presença de um maior número de folhas e colmos jovens e maior número de perfilhos jovens. Nas parcelas em que o tempo de pastejo foi menor, ocorreu comportamento inverso, e, conseqüentemente, encontravam-se folhas e perfilhos mais lignificados.

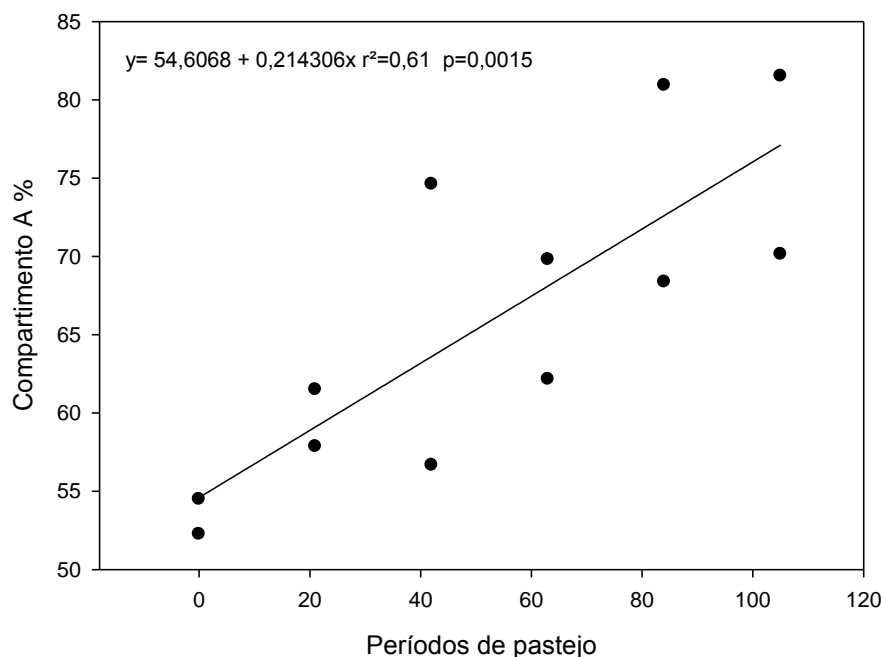


Figura 5: Efeito dos períodos de pastejo no compartimento mais facilmente decomponível (A) do trigo de duplo propósito.

Esses componentes estruturais determinam a qualidade da forragem, havendo redução no valor nutritivo da mesma com o aumento da massa seca disponível, em função de mudanças nas proporções de material verde e senescente das plantas (Moraes & Maraschin, 1988; Bortolo, 1999), logo, redução no valor nutritivo significa redução na porcentagem de N foliar, o que leva a uma maior relação C/N fator este que é de suma importância na decomposição dos resíduos remanescentes.

Sanaullah et al (2009) estudando a decomposição de resíduos vegetais colhidos verdes e comparando com a decomposição de resíduos vegetais senescidos, constataram que os resíduos vegetais senescidos decompuseram mais lentamente e atribuíram isso a maior quantidade de lignina, aos menores teores de N e menores teores de açúcares solúveis presentes nestes resíduos.

A constante de decomposição (K_a) do compartimento mais prontamente decomponível diminuiu linearmente com o aumento dos dias de pastejo, fator este que refletiu em uma maior meia vida deste compartimento (Tabela 3).

Provavelmente esse aumento de meia vida do compartimento mais prontamente decomponível possa ser atribuído à maior disponibilidade de substrato

para os microorganismos procederem a decomposição, uma vez que a medida que houve aumento dos dias de pastejo, ocorreu o aumento da porcentagem de material nesse compartimento.

Outro fator importante a ser considerado com relação à decomposição da palhada de trigo sob períodos diferentes de pastejo é que a massa seca residual exerce efeito na qualidade da forragem por modificar a estrutura do dossel, alternando a proporção dos componentes folha, colmo e material morto (Bortolo, 1999). Isto explica o fato de o aumento nos períodos de pastejo terem influenciado positivamente a velocidade de decomposição do material remanescente, visto que quanto maior foi o período de pastejo menor foi a quantidade remanescente na área (Tabela 4).

Trabalhando com capim-Tanzânia, Rego (2001) observou redução da concentração de PB tanto para lâminas quanto para colmos, em resposta aos avanços na altura do dossel, tendo em vista que o aumento na altura é sinônimo de aumento na massa por área, e que aumento de proteína bruta é sinônimo de aumento no teor de N foliar, os dados da tabela 4 confirmam esta afirmação, pois os valores de N% aumentam com a diminuição da matéria seca remanescente nos tratamentos.

4.1.2 LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA PALHADA DE TRIGO

É importante que seja considerada também com relação à velocidade de decomposição dos resíduos vegetais a massa total existente na área coletada, e conhecer a quantidade de nutrientes dessa massa, a fim de verificar qual a quantidade de nutrientes que está sendo disponibilizada para culturas seqüentes nessas condições e qual o percentual destes que estaria ficando imobilizado. Na tabela 4 observam-se os valores percentuais dos nutrientes N; P; K; Ca e Mg na palhada remanescente, bem como a quantidade de massa seca restante em cada tratamento ao final da fase 1.

Observou-se que a liberação dos nutrientes contidos na palhada de trigo duplo propósito em ambos os tratamentos teve comportamento parecido com o da decomposição da palhada remanescente, sendo que para estes também optou-se

pelo modelo assintótico simples para descrever o comportamento da decomposição dos mesmos como observamos nos itens a seguir.

Tabela 4. Quantidade de massa seca remanescente de cada tratamento em Kg há⁻¹ e os teores iniciais de N, P, K, Ca e Mg em porcentagem da matéria seca na palhada de trigo duplo propósito em função dos diferentes períodos de pastejo. UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.

Período de pastejo (Dias)	Massa Kg há ⁻¹	N	P	K %	Ca	Mg
0	7812,50	1,29	0,12	1,75	0,26	0,14
21	7187,50	1,53	0,13	1,75	0,24	0,18
42	3812,50	1,65	0,16	1,75	0,30	0,17
63	2500,00	1,62	0,16	1,75	0,25	0,18
84	2187,50	2,01	0,20	1,75	0,28	0,20
105	1750,00	1,69	0,15	1,26	0,32	0,18

4.1.2.1 LIBERAÇÃO DE NITROGÊNIO

Conforme discutido anteriormente, o modelo que mais se ajustou à liberação de nitrogênio contido na palhada do trigo duplo propósito foi o assintótico simples (Tabela 5 e Figura 6), sendo que de forma geral o nutriente se encontrava em quantidades maiores nos materiais mais pastejados.

Observou-se que a porcentagem remanescente de N contido na palhada de trigo duplo propósito diminuiu à medida que aumentaram os dias de pastejo (Figura 6A), contudo, como a quantidade de palhada acumulado sobre o solo era maior nos tratamentos que foram menos pastejados (Tabela 5) a quantidade de N liberado pela palhada de trigo foi maior nos tratamentos pastejados por menos tempo (Figura 6B).

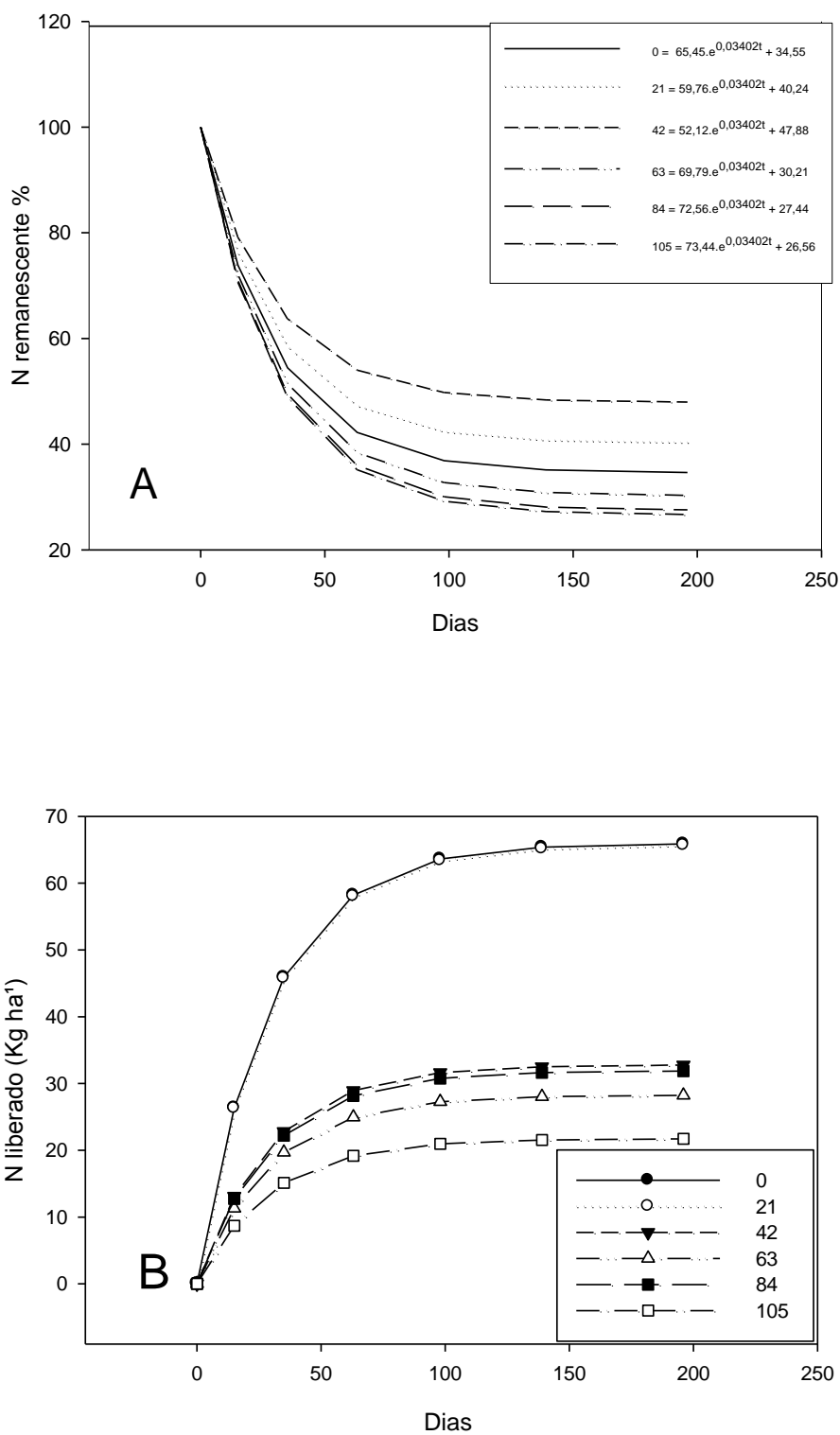


Figura 6. Nitrogênio remanescente (A) e liberação acumulada (B) de nitrogênio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009.

A tabela 5 mostra que houve um leve aumento na quantidade de N presente no compartimento mais prontamente decomponível do material remanescente, sendo que para o tratamento onde não houve pastejo 65,44% do N estava nesta forma, e conforme aumentavam os períodos de pastejo esta quantidade teve um leve aumento também, passando para 73,44% no tratamento com 105 dias de pastejo.

Quando se observa o gráfico da Figura 6A, pode-se perceber que os valores de N remanescente nos primeiros 15 dias variaram pouco entre os tratamentos, sendo que no tratamento sem pastejo, ao final deste período, ainda restavam 73,84% do nitrogênio contido na palhada do trigo, e para o tratamento com 105 dias de pastejo restavam 70,64%.

Tabela 5. Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do nitrogênio da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (k_a e k_b), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.

Dias de pastejo	Comp.	K_a	$T^{1/2}$	R^2
	A			
	%	Dias ⁻¹	Dias	
0	65,45	0,0340	18,82	82,66
21	59,76	0,0340	26,96	90,54
42	52,12	0,0340	15,73	68,97
63	69,79	0,0340	18,19	82,47
84	72,56	0,0340	16,34	94,39
105	73,44	0,0340	27,38	96,15

Aita e Giacomini (2003), avaliando a decomposição de resíduos de aveia não pastejada, constataram, aos 15 dias após a deposição de resíduos a campo que, aproximadamente 80% do N encontrava-se remanescente nos resíduos desta gramínea.

Embora a quantidade de N liberada pela palhada do trigo duplo propósito seja menor nos tratamento pastejados por mais tempo, deve se ressaltar que este trabalho não fez um balanço total de quantidade de N liberada, sendo que nesses tratamentos, devido a presença dos animais por períodos mais longos, grande quantidade do nitrogênio esteja sendo reciclada via os dejetos animais (Haynes e Willians, 1993)

4.1.2.2 LIBERAÇÃO DE FÓSFORO

De forma semelhante à liberação de nitrogênio, a cinética de liberação de P dos resíduos culturais diferiu entre os tratamentos (Tabela 6 e Figura 7) e o modelo que mais se ajustou aos dados obtidos de fósforo na massa seca remanescente do trigo foi o modelo assintótico simples, tendo desta forma 100 % do P na forma prontamente decomponível. Com os dados da tabela 6 pode-se concluir sobre o comportamento do P contido na palhada proveniente dos períodos de pastejo, dentro do período estudado.

Tabela 6. Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do fósforo da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.

Dias de pastejo	Comp. A	Ka	T^{1/2}	R²
	%	Dias⁻¹	Dias	
0	53,74	0,0232	33,63	91,29
21	66,89	0,0232	34,01	96,28
42	68,79	0,0232	21,01	97,15
63	64,32	0,0232	33,08	92,29
84	54,04	0,0232	34,06	85,34
105	44,91	0,0232	16,36	85,50

O tratamento mais pastejado, 105 dias, foi o que apresentou a menor quantidade de P na porção mais prontamente decomponível (44,9%), sendo que a meia vida desta porção foi de aproximadamente 16 dias. Já no tratamento em que o trigo foi pastejado 42 dias obteve-se a maior quantidade de P na forma mais prontamente decomponível, sendo que a meia vida foi de apenas 21 dias.

Porém, a maior quantidade de P liberada foi obtida no tratamento em que os animais pastejaram 21 dias chegando a uma liberação acumulada de 6,19 Kg ha⁻¹ ao final dos 196 dias de avaliação (Figura 7-B).

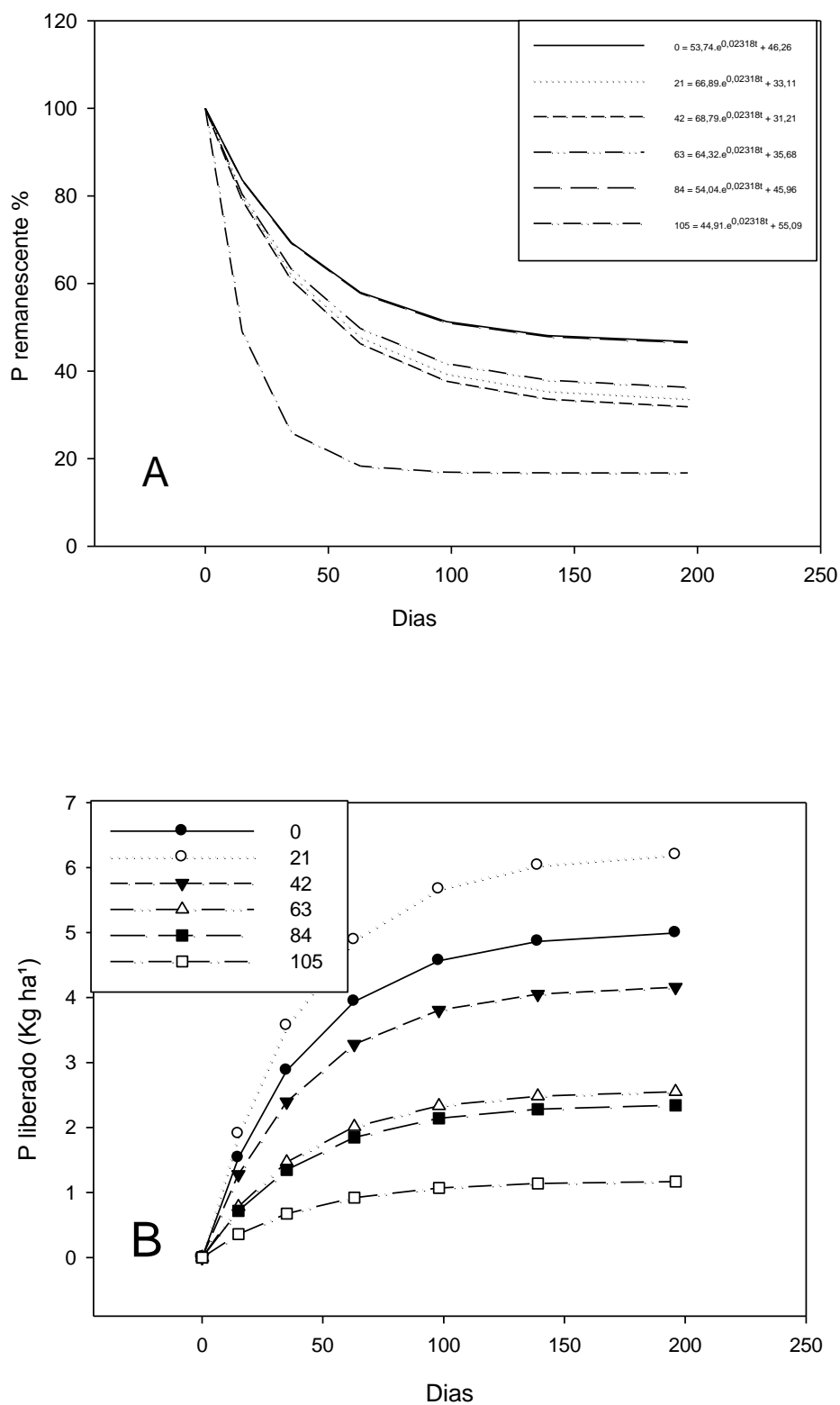


Figura 7. Fósforo remanescente (A) e liberação acumulada (B) de fósforo em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009.

De forma geral a liberação do fósforo foi bastante rápida, sendo que nos primeiros 35 dias de avaliação mais de 30% do fósforo contido na palhada já havia sido liberado para o solo em todos os tratamentos, sendo que em alguns, como o caso do tratamento 42 dias de pastejo, neste período a liberação do P foi de 48% (Figura 7-A).

4.1.2.3 LIBERAÇÃO DE POTÁSSIO

A liberação de potássio pela palhada de trigo seguiu um padrão muito semelhante entre os tratamentos, sendo que no gráfico 8-A pode-se observar uma leve diferença na linha que representa o tratamento de período igual à 105 dias, o qual apresentou meia vida maior e quantidade de K na forma mais prontamente decomponível também levemente reduzida em relação aos demais tratamentos, 83,3 % para 86,5 % no tratamento não pastejado com meia vida de 10,9 e 7,6 dias respectivamente.

Com isso percebe-se o quanto é rápida a liberação de K da matéria seca. Em média aos 15 dias restava apenas 38% do potássio inicialmente contido na palhada, sendo que o tratamento onde foi mais rápida esta liberação foi onde não existiu pastejo com apenas 35,6% do potássio ainda remanescente no período de 15 dias, e o tratamento de menor liberação foi o mais pastejado (105 dias) contendo após este período 49% do elemento na palhada coletada.

Tabela 7. Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do Potássio da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.

Dias de pastejo	Comp. A	Ka	T^{1/2}	R²
	%	Dias⁻¹	Dias	
0	86,49	0,0907	7,64	99,17
21	86,74	0,0899	7,71	99,05
42	86,70	0,0901	7,69	98,97
63	86,61	0,0904	7,67	99,08
84	85,30	0,0912	7,60	98,82
105	83,28	0,0632	10,97	98,87

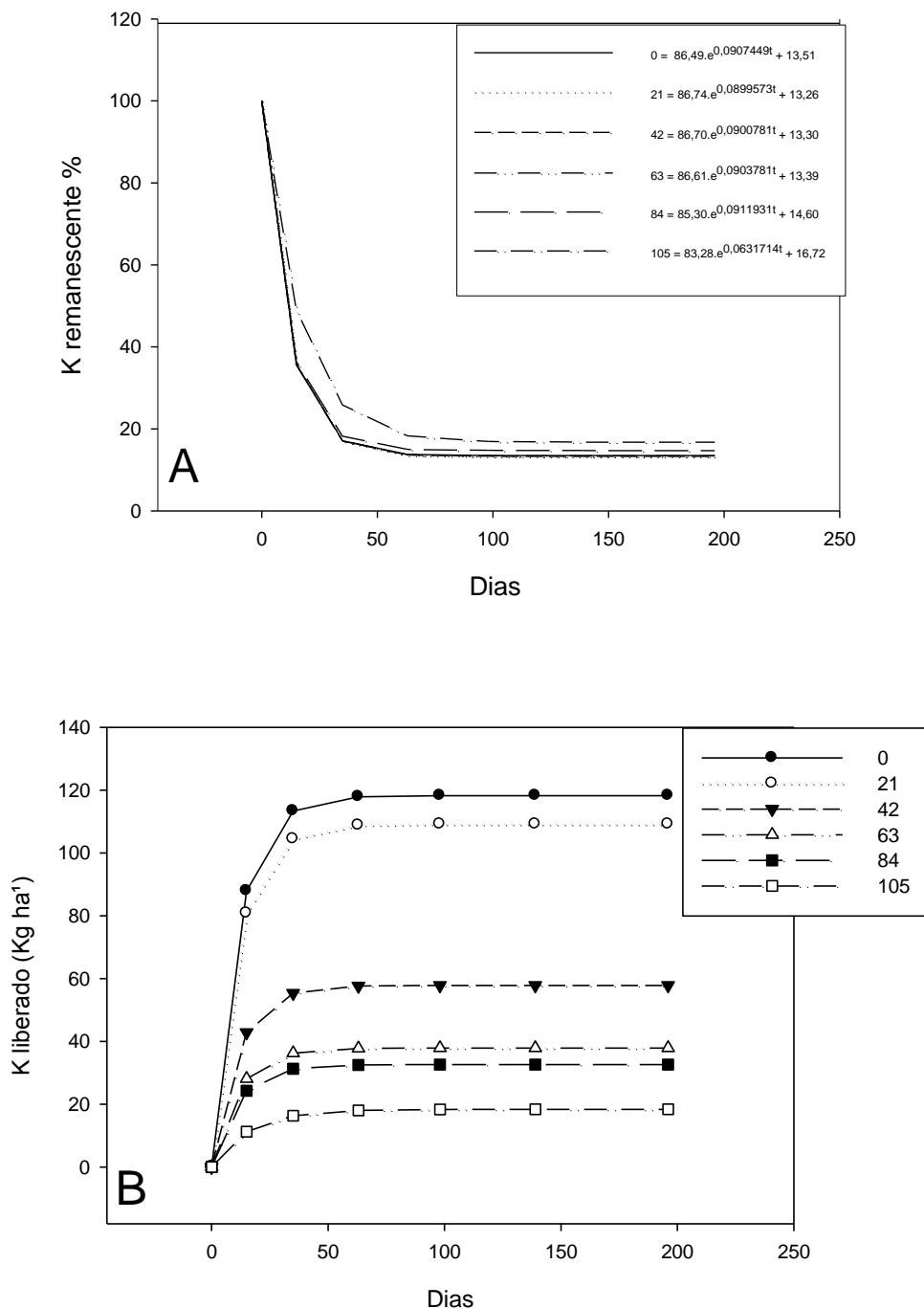


Figura 8. Potássio remanescente (A) e liberação acumulada (B) de Potássio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009.

Considerando os dados da tabela 4, temos os valores em Kg ha^{-1} liberados através de um simples cálculo envolvendo a quantidade total de matéria seca

remanescente na área e a porcentagem de K contido nesta. Desta forma no tratamento onde não houve pastejo a quantidade de K liberado foi muito maior quando comparada aos outros tratamentos chegando a $87,9 \text{ Kg ha}^{-1}$ aos 15 dias de avaliação, e teve um total de $118,2 \text{ Kg ha}^{-1}$ ao final do período de avaliação (196 dias). Já no tratamento mais pastejado, 105 dias, a quantidade do nutriente liberado neste mesmo período foi de $11,2 \text{ Kg ha}^{-1}$ e chegou ao final dos 196 dias de avaliação com $18,3 \text{ Kg ha}^{-1}$ (Figura 8-B).

Trabalhando com decomposição de Crotalária Juncea, Miotto (2007) percebeu que a liberação de K foi total durante o período avaliado ($175,1 \text{ Kg ha}^{-1}$), sendo que, a maior quantidade do elemento foi liberada nos primeiros 35 dias, chegando a 160 Kg ha^{-1} neste período.

Considerando que o teor de K observado na análise de solo feita na implantação do experimento foi considerado muito alto, conforme recomendação da SQFS (2004), e que a necessidade de K pela cultura da soja para produzir a média de produtividade alcançada no presente trabalho (4398 Kg ha^{-1}) seja de aproximadamente 75 Kg ha^{-1} de K_2O , o equivalente a $62,2 \text{ Kg ha}^{-1}$ de K, nos tratamentos 0 e 21 dias de pastejo seria totalmente dispensável a adubação de base contendo este elemento, já que nestes dois casos a liberação acumulada alcançou patamares maiores até o final do ciclo da soja.

Entretanto, se considerarmos que tal liberação se deu muito rapidamente talvez esta maior liberação de K em tratamentos pouco pastejados ou sem pastejo não seja tão vantajosa.

Para Miotto (2007) embora a maior disponibilidade de um nutriente seja considerada positiva, devido ao mesmo estar na forma que as plantas teriam fácil acesso, esta disponibilidade pode expor o elemento mais intensamente aos processos de lixiviação que são intensificados pela urina dos animais.

Segundo Meurer & Inda (2004), o K tem alta mobilidade na planta, tanto entre as células como entre os tecidos. Portanto, se o K é móvel entre os tecidos e membranas das células vivas, é bastante aceitável que ele seja lixiviado dos tecidos mortos das plantas. Por esse motivo, o fenômeno de lixiviação do K pode ocorrer em condições de campo graças à ação da água do orvalho ou das chuvas.

4.1.2.4 LIBERAÇÃO DE CÁLCIO

Percebe-se que a liberação de Ca da biomassa do trigo se dá de forma mais lenta, quando comparada à taxa de liberação dos outros nutrientes, sendo que aos 15 dias no tratamento não pastejado, foram medidos aproximadamente 72,5% do Ca ainda remanescente na palhada e ao final dos 196 dias de avaliação apenas 15% não haviam sido liberados (Tabela 8 e Grafico 9-A).

A quantidade de Ca na forma mais prontamente decomponível foi semelhante para todos os tratamentos tendo algumas diferenças na meia vida deste compartimento, fazendo com que a velocidade de liberação deste nutriente fosse maior no tratamento com 42 dias de pastejo (Figura 9-A).

Kozelinski (2009), trabalhando com trigo duplo propósito em massa remanescente de 3000 Kg ha⁻¹ observou liberação de 4,8 Kg ha⁻¹ de Ca aos 30 dias, dado este que é semelhante ao deste trabalho onde no mesmo período de tempo o tratamento 63 dias de pastejo, que possuía massa seca remanescente de 2500 Kg ha⁻¹, liberou aproximadamente 5,2 Kg ha⁻¹ do nutriente.

Tabela 8. Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do Cálcio da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.

Dias de pastejo	Comp. A	Ka	T^{1/2}	R²
	%	Dias⁻¹	Dias	
0	85,46	0,0356	26,85	95,71
21	85,24	0,0356	18,60	95,41
42	71,82	0,0356	13,90	98,35
63	89,24	0,0356	16,23	99,08
84	86,86	0,0356	21,42	95,88
105	85,36	0,0356	19,67	77,60

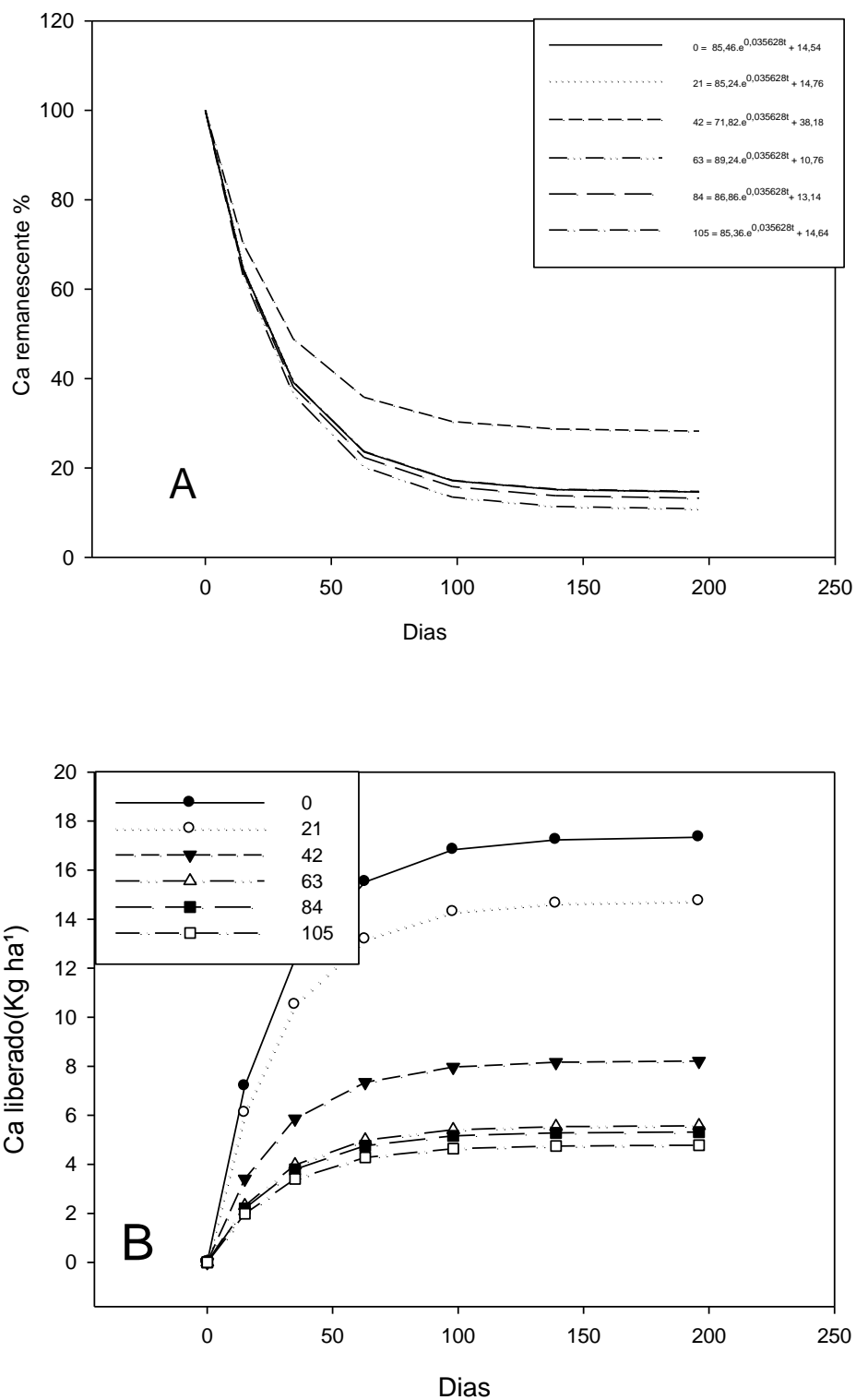


Figura 9. Cálcio remanescente (A) e liberação acumulada (B) de Cálcio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009.

Assim como ocorreu para os outros nutrientes o fator que mais influenciou na quantidade de nutriente liberado foi a quantidade de palhada remanescente em cada tratamento. Desta forma, as parcelas onde não houve pastejo tiveram maior liberação chegando a um total de 17,34 Kg ha⁻¹ de Ca ao final dos 196 dias de avaliação. Já o tratamento mais pastejado, 105 dias, liberou ao solo apenas 4,7 Kg ha⁻¹ do nutriente neste mesmo período (Figura 9-B).

4.1.2.5 LIBERAÇÃO DE MAGNÉSIO

Em quantidades ainda menores que o Cálcio, a liberação de Magnésio também respondeu aos dias após a deposição das amostras a campo sendo que as maiores velocidades de liberação do nutriente foram nos tratamentos 105 e 63 dias de pastejo, seguidos de 21 dias de pastejo, comportamento este que não segue a mesma lógica dos outros nutrientes.

Esta variação também foi observada na quantidade do nutriente na forma mais facilmente decomponível, fato este comprovado na não significância dos coeficientes A e Ka na análise da variância destes valores obtidos de todas as amostras do experimento (Anexo 2).

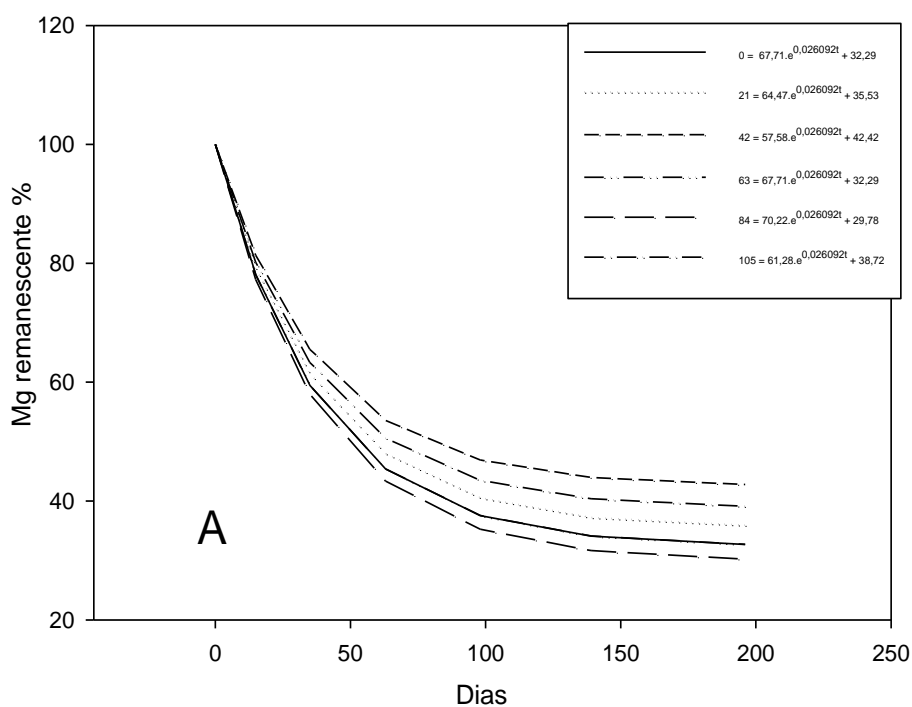
Mesmo assim, o modelo simples foi aplicado aos dados obtidos deste nutriente e os valores de porcentagem do compartimento A e meia vida estão expressos na tabela 9 a seguir.

Da mesma forma que para os outros nutrientes a liberação de Mg foi influenciada pela quantidade de massa seca remanescente na área em questão porém, neste caso, o tratamento onde não houve pastejo apresentou menor liberação do nutriente do que o pastejado 21 dias, ainda que sejam os dois os responsáveis pelas maiores quantidades finais de Mg liberado, conforme ocorrido com os demais nutrientes (Figura 10-B).

A liberação de Mg foi pequena, sendo que no tratamento onde esta foi maior, não passou de 8,29 Kg ha⁻¹ do nutriente e a menor liberação foi no tratamento mais pastejado, 105 dias, com apenas 1,92 Kg ha⁻¹ de Mg ao final dos 196 dias de avaliação.

Tabela 9. Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do Magnésio da biomassa do trigo duplo-propósito em como as constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.

Dias de pastejo	Comp.	Ka	$T^{1/2}$	R^2
	A			
	%	Dias ⁻¹	Dias	
0	67,71	0,0261	50,01	89,75
21	64,47	0,0261	19,40	91,26
42	57,58	0,0261	24,39	63,06
63	67,71	0,0261	18,85	89,24
84	70,22	0,0261	38,08	88,54
105	61,28	0,0261	18,36	64,10



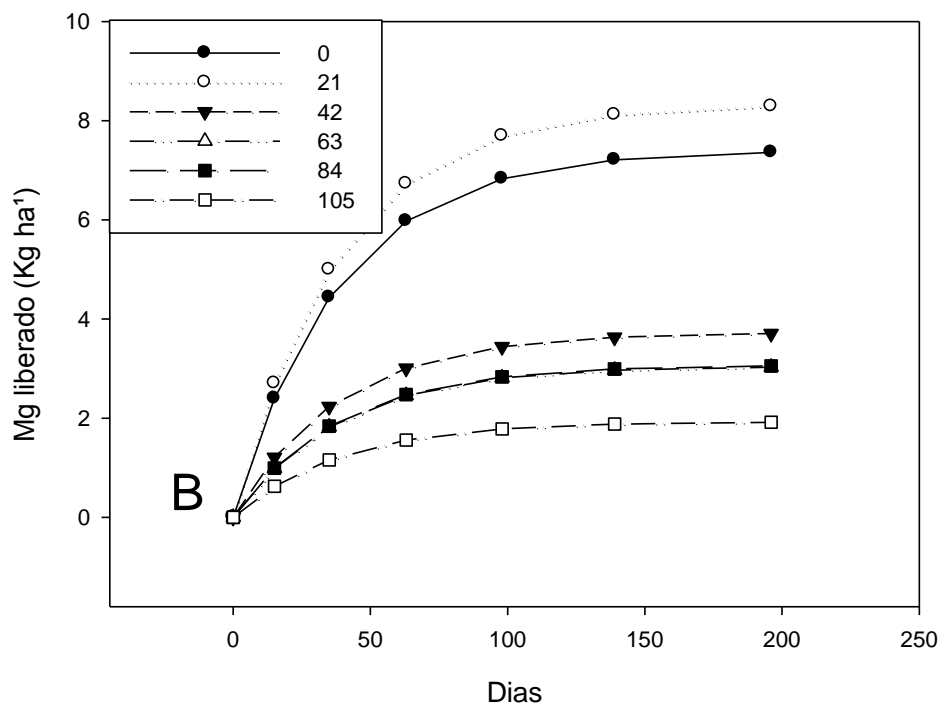


Figura 10. Magnésio remanescente (A) e liberação acumulada (B) de Magnésio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e dos diferentes períodos de pastejo, Pato Branco-PR, 2009.

4.1.2.6 CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMA DE PASTEJO

A dinâmica dos nutrientes observada no capítulo anterior, traz a ideia de que em tratamentos onde o pastejo é mais intensivo e a massa seca residual consequentemente é menor, a liberação de nutrientes também é baixa. Porém, isto não é verdadeiro pois em situação de pastejo ocorre a ciclagem dos nutrientes pelo animal, que os libera através das fezes e urina.

Na fase I deste experimento Pitta (2009) avaliou a produção total de MS a partir do somatório da massa de forragem inicial com as produções de cada período, obtidas multiplicando-se a taxa de acúmulo diário pelo número de dias do período. A tabela 10 mostra os dados obtidos nesta avaliação e deve-se lembrar que estes valores não consideram a massa seca residual apresentada na tabela 4.

Tabela 10: Produção de forragem (kg ha^{-1}) de trigo duplo propósito, cultivar BRS Tarumã, submetido à 21, 42, 63, 84 e 105 dias de pastejo, Pato Branco-PR, 2007.

Tratamento	Kg ha⁻¹
21	7238
42	7114
63	5085
84	6335
105	7575

Fonte: Pitta (2009)

Considerando que, no compartimento solo os nutrientes serão aproveitados pela planta, e posteriormente pelo animal, e devolvidos ao solo através da serrapilheira e de excretas (MARCELINO, 2002), em situações de pastejo toda a produção leva à reciclagem, não só o residual de forragem.

O animal em pastejo retém somente uma pequena quantidade de nutrientes da pastagem na forma de produto animal, o restante é excretado. A retenção do nutriente consumido varia de 5-10 a 15-30 %, com o menor valor sendo retido no corpo do animal e o maior na transformação em produtos (Russele, 1996). Mott e Popenoe (1977), reportam que até 90% dos nutrientes minerais (inclusive o N) podem retornar ao sistema através das excreções animais.

Segundo Haynes e Williams (1993) a quantidade de nutrientes retornados ao solo via fezes e urina pode ser estimada conhecendo a quantidade e composição da forragem consumida e o requerimento de nutrientes pelos animais.

Desta forma pode-se estimar a quantidade de nutrientes liberados através deste processo, com os dados da tabela 4 e os valores medidos por Pitta (2009) (Tabela 10), considerando que a produção animal retenha em média 20% dos nutrientes ingeridos no pastejo, conforme demonstra a tabela 11.

Tabela 11: Produção de forragem acumulada (kg ha^{-1}) de trigo duplo propósito, cultivar BRS Tarumã, submetido à 0, 21, 42, 63, 84 e 105 dias de pastejo e liberação acumulada estimada de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg), Pato Branco-PR, 2007.

Tratamento	kg ha^{-1}	N	P	K	Ca	Mg
		kg ha^{-1}				
0	7812,5	100,78	9,38	136,72	20,31	10,94
21	14425,5	198,56	16,87	227,11	31,15	22,71
42	10926,5	156,81	14,73	166,31	28,51	15,68
63	7585,0	106,40	10,51	114,94	16,42	11,82
84	8522,5	145,84	14,51	126,97	20,32	14,15
105	9325,0	131,99	11,32	98,41	24,60	14,06

Com os dados obtidos neste cálculo pode-se perceber que a liberação de nutrientes para o solo é de forma geral maior quando a forragem é submetida ao pastejo.

4.2 PRODUÇÃO DA SOJA E COMPONENTES DE RENDIMENTO VERSUS PERÍODOS DE PASTEJO

Foi observada diminuição significativa na produtividade de colheita da soja, à medida que se aumentou os períodos de pastejo conforme pode-se observar na curva da figura 11, sendo que a maior média alcançada no experimento foi no tratamento onde não havia pastejo chegando a $5001,49 \text{ Kg ha}^{-1}$ de grãos, e o tratamento menos produtivo foi o pastejado 105 dias com $4075,43 \text{ Kg ha}^{-1}$.

Quando calculada a produtividade através da combinação dos componentes de rendimento foi observado comportamento semelhante ao da produtividade medida na colheita sendo também a maior produtividade obtida no tratamento sem pastejo ($3718,62 \text{ Kg ha}^{-1}$), porém o comportamento da curva não seguiu a mesma lógica da produtividade de colheita, sendo que a menor produtividade não foi no tratamento mais pastejado (105 dias) e sim com 63 dias de pastejo, alcançando apenas $2942,78 \text{ Kg ha}^{-1}$ de grãos (figura 12).

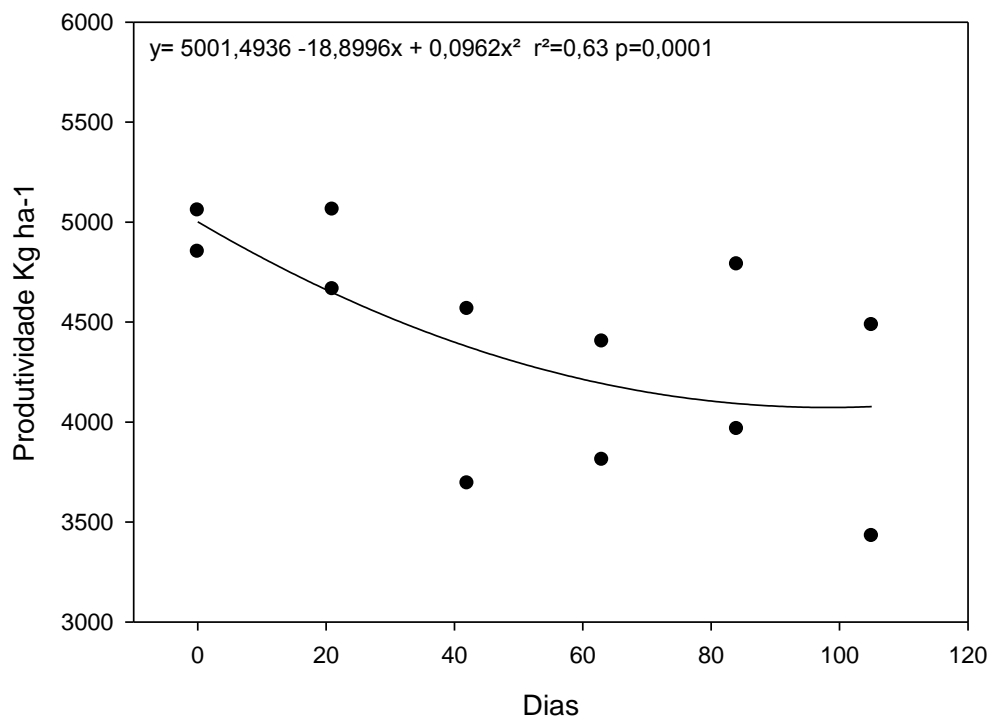


Figura 11. Produção de soja cultivada sob trigo duplo propósito submetido a diferentes períodos de pastejo, obtida na colheita das parcelas. Pato Branco, 2009.

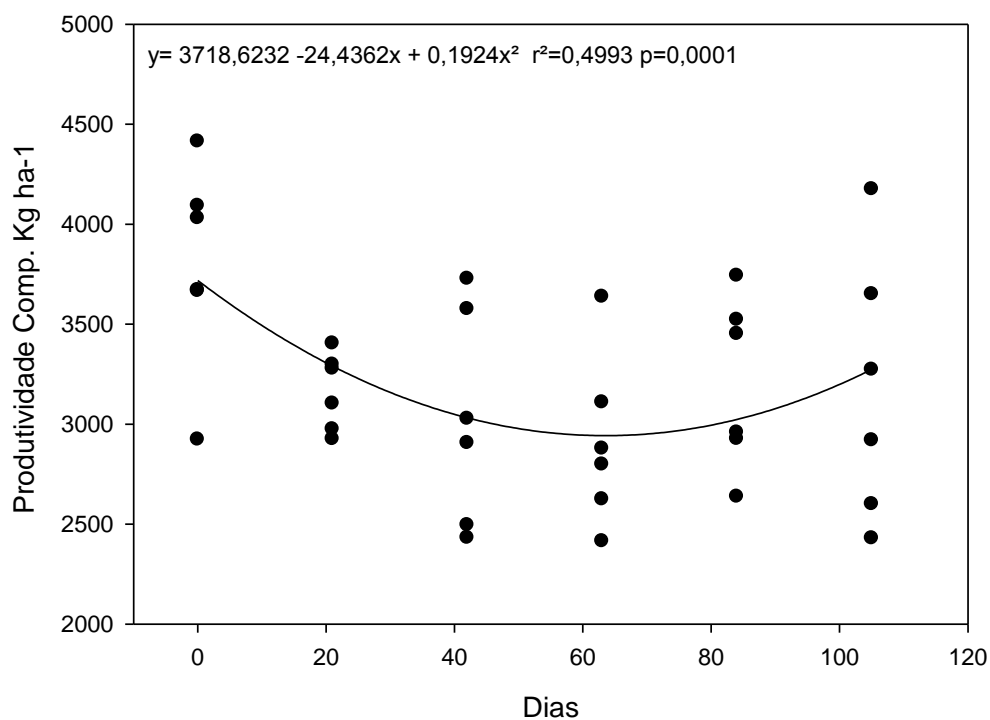


Figura 12. Produção de soja cultivada sob trigo duplo propósito submetido a diferentes períodos de pastejo, calculada a partir da combinação dos componentes de rendimento. Pato Branco, 2009.

Também foi observada diferença significativa no peso de 1000 grãos em relação os diferentes períodos de pastejo sendo que este foi mais elevado no tratamento pastejado 105 dias, também pôde-se observar um decréscimo no peso de 1000 grãos da soja nos tratamentos 42 e 63 dias de pastejo, fato este que pode explicar a menor produtividade alcançada nestes tratamentos quando calculada pela combinação dos componentes de rendimento.

O número de grãos por legume também mostrou significância pelo teste F (5%), sendo que a maior quantidade foi obtida no tratamento onde não houve pastejo (2,32 grãos/legume) e a menor quantidade foi observada no tratamento 63 dias de pastejo (1,92 grãos/legume), demonstrando que este componente também contribuiu para o comportamento da curva de produtividade obtida através dos componentes de rendimento.

Após estabelecidas correlações entre os componentes de rendimento da soja, produtividade e palhada de trigo remanescente foram observados os coeficientes de correlação (r) exibidos na tabela 12. As correlações significativas foram entre palhada remanescente de trigo e produção medida; palhada remanescente e legumes por planta; produção medida e legumes por planta, além de produção estimada e legumes por planta. Percebe-se com os resultados observados a seguir que os períodos de pastejo influenciaram a produtividade e alguns componentes de rendimento através da manutenção de maior ou menor quantidade de palhada remanescente nas parcelas.

Tabela 12. Coeficientes de Correlação (r) entre os componentes de rendimento: Plantas por hectare (P/ha), Legumes por planta (L/PL), Grãos por legume (G/Leg), Peso de 1000 grãos (P 1000), Produção de soja medida (PM), Produção estimada através dos componentes (PE) e Palhada remanescente dos tratamentos de inverno (PR), Pato Branco-PR, 2009.

	PR	PM	PE	P/ha	L/PL	G/Leg
PM	0,7303**					
PE	0,4371 ^{ns}	0,2983 ^{ns}				
P/ha	0,4228 ^{ns}	0,5045 ^{ns}	0,1458 ^{ns}			
L/PL	0,7638**	0,7062*	0,7799**	0,4402 ^{ns}		
G/Leg	-0,1377 ^{ns}	0,2223 ^{ns}	0,3811 ^{ns}	0,2061 ^{ns}	0,1033 ^{ns}	
P1000	-0,2499 ^{ns}	-0,2978 ^{ns}	0,1287 ^{ns}	-0,3621 ^{ns}	-0,1728 ^{ns}	0,0359 ^{ns}

ns: não significativo

* significativo pelo teste f a 5% de probabilidade

** significativo pelo teste f a 1% de probabilidade

Com relação à produção medida em área útil de 18 m², esta apresentou alta correlação com a massa seca remanescente dos tratamentos de inverno ($r^2=0,73$), sendo que o comportamento desta correlação é explicada por uma equação quadrática, onde conforme aumentam os valores de massa seca remanescente de trigo, aumenta também a produtividade da soja cultivada na seqüência (Figura 13).

Cassol (2003), trabalhando com diferentes alturas de forragem em pastejo, também observou queda significativa na produção da soja cultivada na seqüência, sendo que, na maior quantidade de massa de forragem que foi de 4500 Kg MS ha⁻¹ foram obtidos 3280 Kg ha⁻¹ de grãos de soja, comportamento este também observado no presente trabalho que com 7812,5 Kg MS ha⁻¹ resultou em produção de grãos igual a 4954,72 Kg ha⁻¹.

Ainda com relação à produtividade *versus* palhada remanescente da pastagem, observa-se também que com um aumento de 1000 Kg MS ha⁻¹ sobre a maior média alcançada no experimento pode-se obter até 70,84 Kg ha⁻¹ de grãos. Cassol (2003) no trabalho citado anteriormente observou aumento de 308 Kg ha⁻¹ de grãos de soja, para um aumento de 1000 Kg MS ha⁻¹ de forragem.

Lunardi et al. (2008), trabalhando com diferentes intensidades de pastejo observou que o rendimento médio de grãos de soja da área pastejada foi de 1.384kg ha⁻¹, e a testemunha, área sem pastejo, foi de 934kg ha⁻¹, havendo diferenças significativas. Segundo o autor, o acúmulo de massa de forragem no tratamento sem pastejo, possivelmente tenha imobilizado maior quantidade de nutrientes do que aquela imobilizada nas áreas pastejadas, devido à transformação da forragem em urina e fezes, acelerando o processo de ciclagem de nutrientes no sistema.

Contrário a isto, o presente trabalho apresenta produções maiores nas áreas não pastejadas, onde a massa seca residual da pastagem é maior, este fato pode ser justificado pelos altos níveis de nutrientes encontrados no solo onde o experimento foi desenvolvido (Tabela 1), tendo assim menor ou nenhum efeito da imobilização de nutrientes no desenvolvimento da soja, além disso, a liberação da maioria dos nutrientes se deu em quantidades expressivas em um curto período de tempo, conforma visto no capítulo anterior.

Porém, quando Lunardi et al. (2008) comparam as diferentes intensidades de pastejo, quanto à produção de grãos de soja, observam diferenças significativas sendo que a intensidade moderada resultou em rendimento de 1208 Kg ha⁻¹ inferior aos 1559 Kg ha⁻¹ alcançados pela intensidade baixa. Para Lunardi et al (2008), as

diferenças encontradas devem ter origem na maior taxa de lotação dos tratamentos de intensidade moderada, em que a massa de forragem era menor e a manutenção de um IAF baixo resulta em menor produção de biomassa, tanto da parte aérea, quanto das raízes, e pode limitar a absorção de nutrientes, a infiltração, as trocas gasosas e o desenvolvimento das raízes.

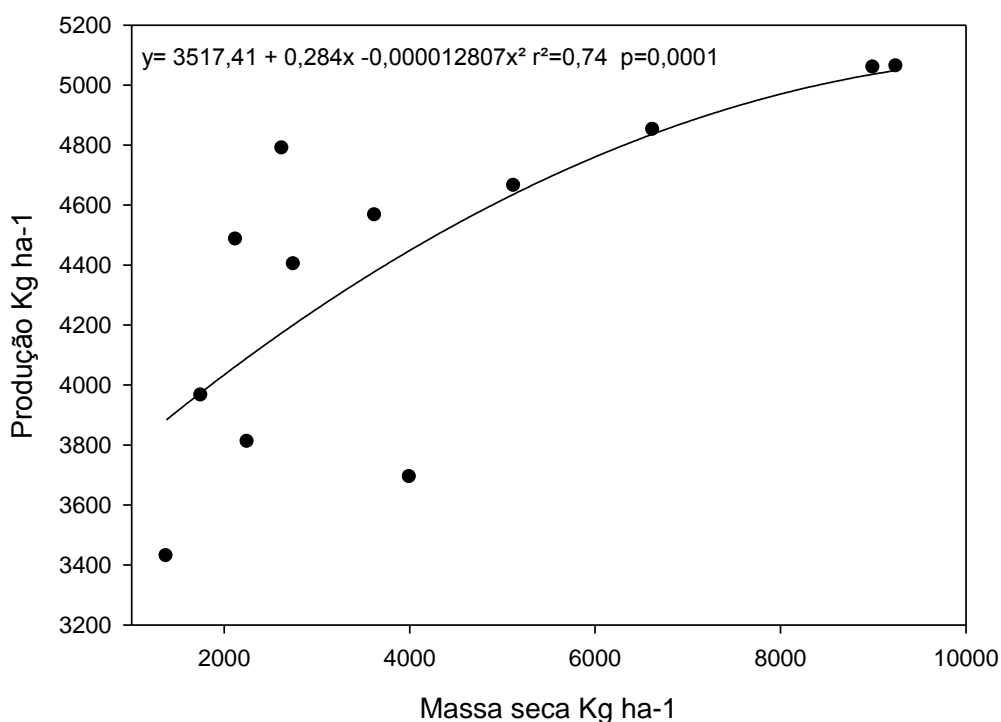


Figura 13. Influência da Massa seca remanescente dos tratamentos de inverno (períodos de pastejo) na produtividade da soja cultivada na seqüência. Pato Branco, 2009.

Um provável motivo deste comportamento da produtividade da soja apresentar este comportamento é o fato de que, o aumento na massa seca residual de trigo influenciou significativamente na produção de legumes férteis por planta de soja, apresentando coeficiente de correlação (r) de 0,76 (Tabela 12), sendo que conforme aumenta a massa seca residual do trigo a produção de legumes aumenta quase que linearmente conforme observa-se no gráfico da figura 14.

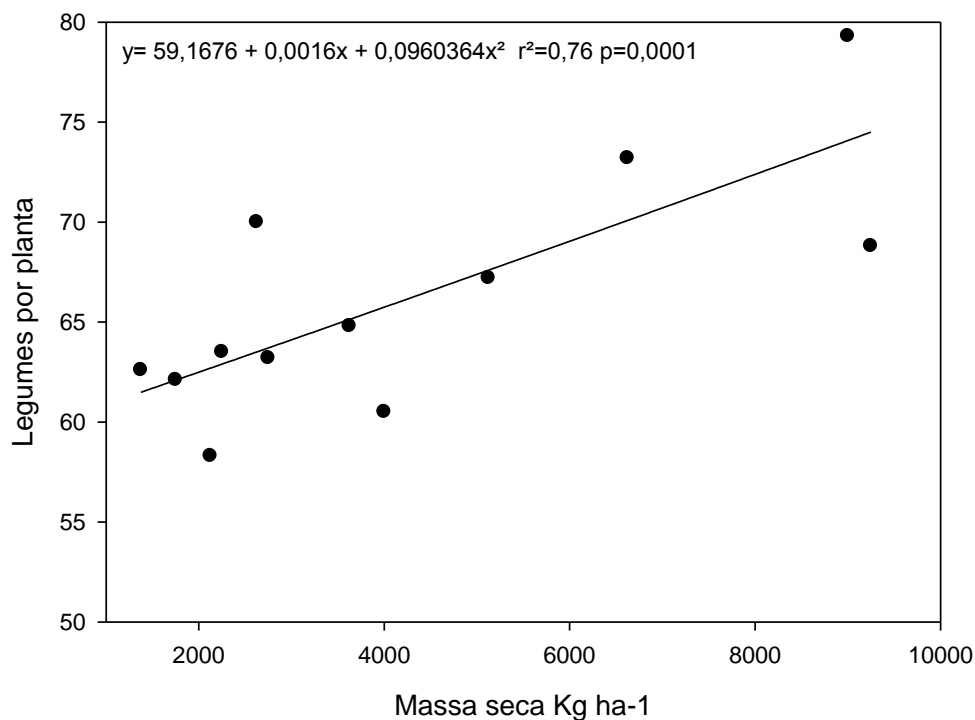


Figura 14. Influência da Massa seca remanescente dos tratamentos de inverno (períodos de pastejo) na quantidade de legume por planta de soja cultivada na seqüência. Pato Branco, 2009.

Além disso, produção de legumes férteis por planta teve correlação significativa com a produção medida e estimada de soja ($r = 0,70$ e $0,77$ respectivamente), (Tabela 12 e Figuras 15 e 16).

Para Thomas et al. (1998) a produtividade de soja é resultado da combinação entre os componentes de rendimento, número médio de plantas por área, legumes por área, grãos por legume e peso médio dos grãos, porém, entre os componentes citados o de maior importância é legumes por planta.

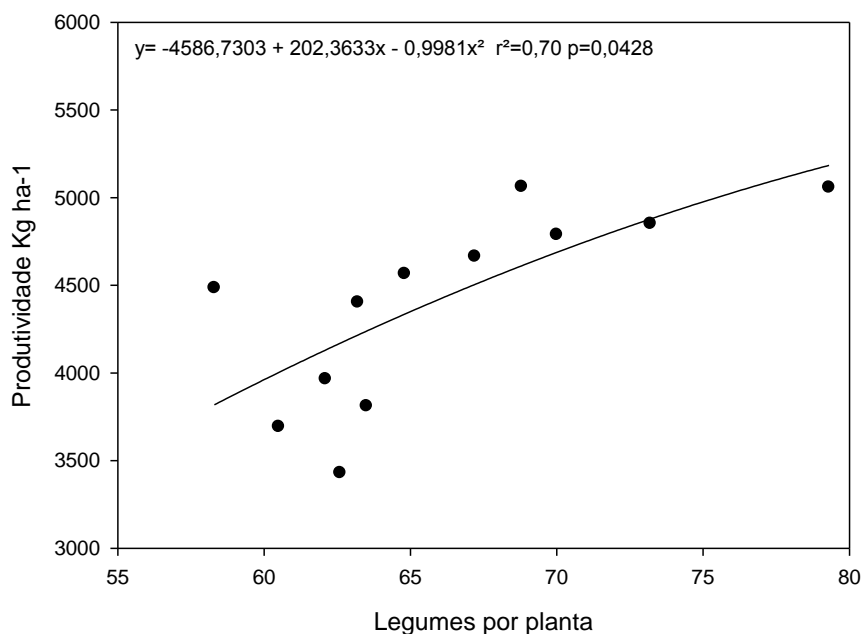


Figura 15. Influência do número de legumes por planta na produtividade medida da soja, cultivada sob os tratamentos de inverno (períodos de pastejo). Pato Branco, 2009.

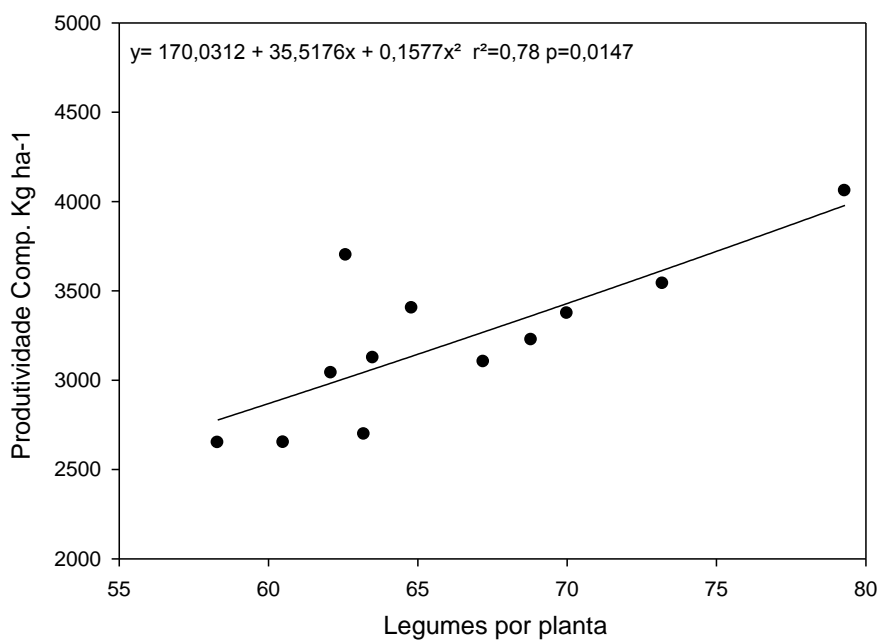


Figura 16. Influência do número de legumes por planta na produtividade estimada através dos componentes de rendimento da soja, cultivada sob os tratamentos de inverno (períodos de pastejo). Pato Branco, 2009.

Para Lunardi et al. (2008), a planta de soja, quando submetida a diferentes restevas de culturas de inverno, em sistema plantio direto, pode apresentar diferenças significativas no rendimento de grãos e em outras características agronômicas.

A capacidade de infiltração de água conservação de umidade do solo, por sua vez, está relacionada à quantidade de palha remanescente e à cobertura de solo (Santos, 2003), mesmo considerando que durante o período em que este trabalho foi desenvolvido a campo, principalmente o período que compreende o ciclo da soja (Figura 3), a precipitação pluviométrica foi considerada boa, sem problemas de déficit hídrico, em tratamentos onde existiu pastejo mais prolongado, pode ter sido criada uma camada de compactação a curto prazo pelo pisoteio dos animais, o que pode ter afetado alguns componentes de rendimento definidos pela fisiologia da planta já nos seus primeiros estádios de desenvolvimento.

Lunardi et al (2008), trabalhando com diferentes intensidades de pastejo no inverno, verificou diferenças significativas na resistência do solo à penetração em função das intensidades de pastejo, na ordem de 1,8MPa e 1,6MPa, para as intensidades de pastejo moderada e baixa respectivamente, avaliada logo após a saída dos animais da pastagem. Esta menor resistência a penetração em intensidades mais baixas pode ter favorecido o crescimento radicular da cultura da soja subsequente e aumentado os índices de infiltração de água no solo.

4 CONCLUSÕES

O aumento do período de pastejo resultou na redução da produção de grãos de soja, tendo sido prejudicial ao sistema de integração lavoura-pecuária. O experimento demonstra uma redução de quase todas as variáveis dos componentes de rendimento do trigo de forma significativa, refletindo negativamente na sua produtividade.

Considerando a quantidade de palhada remanescente nas parcelas também esta tem relação com a produtividade final, influenciando nos componentes de rendimento, sendo afetada significativamente a quantidade de legumes por planta, que por sua vez tem correlação significativa com a produtividade de grãos da soja.

Na taxa de decomposição dos resíduos e liberação dos nutrientes há manutenção de um padrão semelhante: caracterizado pela decomposição apenas do material presente no compartimento mais facilmente decomponível dentro do período estudado (196 dias).

Confirma-se que a palhada remanescente de trigo não pastejado apresentou liberação mais lenta dos nutrientes, comparativamente aos resíduos de trigo provenientes de parcelas pastejadas, ao longo dos períodos de avaliação.

Conclui-se com este experimento que há redução na produtividade de soja em função do pastejo prolongado e aumento no retorno dos nutrientes ao solo devido à maior produção total da pastagem ao longo do seu ciclo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se que a desuniformidade do pastejo, favorecida pela seletividade animal e rejeição das áreas com esterco animal, favoreceu o aparecimento do que chamamos na forragicultura de “formação em mosaico” da pastagem, que consiste em uma estrutura bi-modal no trigo, com perfilhos jovens e outros mais adiantados. Esta formação pode dificultar a colheita do trigo e até mesmo a distribuição do material a ser decomposto, além de comprometer a constituição real da massa seca remanescente causando na prática efeitos diferentes aos dos resultados do experimento, uma vez que quando se fez a avaliação da velocidade de decomposição desta palhada considerou-se que toda a área teria sido pastejada.

Com isso, recomenda-se que o pastejo seja realizado de forma a promover uma alta lotação instantânea a fim de que haja uma maior competição por alimento entre os animais, o que reduziria o poder de seleção, forçando o consumo da pastagem com maior uniformidade.

Os resultados do experimento confirmam que a semeadura de cereais de inverno evita perdas de nutrientes, proporcionando cobertura vegetal após as culturas de verão e no caso deste cereal ser destinado ao pastejo por animais, a produção de massa seca total durante todo seu ciclo é multiplicada, produz grãos, carne, leite e outros derivados além de aumentar a ciclagem de nutrientes.

Uma consideração importante com relação a decomposição de materiais e a consequente liberação de nutrientes neles contidos é que em situação de campo dificilmente é encontrado o material totalmente acomodado sobre o solo e cortado em pequenos pedaços como ocorre quando avaliamos esse tipo de atividade com o uso de litter bags, desta forma deve-se levar em consideração que dados obtidos de meia vida e quantidade de nutriente liberado em determinado tempo pode variar conforme a disposição do material a campo, como por exemplo, altura de colheita e/ou altura de pastejo.

Com o resultado desta pesquisa, espera-se contribuir para a mudança de postura na assistência técnica, salientando-se o acréscimo que a matéria orgânica e a liberação de nutrientes que podem ser disponibilizados para o solo, trazendo economia através de um menor uso de fertilizantes químicos.

Além desse acréscimo, essa biomassa, quando bem manejada, faz o controle de ervas daninhas e auxilia na conservação do solo.

REFERÊNCIAS

ADAMI, P.F. **Produção, qualidade e decomposição de papuã sob intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio**. 98 p. Dissertação (Mestrado em agronomia). Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Pato Branco, 2009.

AITA, C., GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.601-612, 2003.

BAGGIO, C. **Comportamento em pastejo de novilhos numa pastagem de inverno submetida a diferentes alturas de manejo em sistema de integração lavoura-pecuária**. 120p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

BARDGETT, R.D.; MAWDSLEY, J.L.; EDWARDS, S.; et al. Plant species and nitrogen effects on soil biological properties of temperate upland grassland. **Functional Ecology**, v.13, p.650–660, 1998

BORTOLO, M. **Avaliação de pasto de coastcross-1 (Cynodon dactylon (L.) Pers.) em níveis de matéria seca sob pastejo**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1999. 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 1999.

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

CLINE M. G. Execution of the auxin replacement apical dominance experiment in temperate woody species. **Am. J. Bot.**, Columbus, v.87, n.2, p.182-190, 2000.

CORREA, J.C. & REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.107-114, 1995.

COSCIA, A.A. **Economia de los cereales de doble proposito**. Informacion Tecnica Nro. 57. EEA INTA Pergamino, Argentina, 1967.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. 2006/2007. Banco de dados – **Quinto levantamento da safra**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acessado em: Jan. 2008.

CQFS. Comissão de química e fertilidade do solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: [s.n.], 2004. 394p.

Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios da ecologia aplicados ao manejo de

pastagem. In: Simpósio sobre Ecossistema Pastagem, 3., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p.1-62

DEL DUCA, L.J.A.; FONTANELI, R.S. Utilização de cereais de inverno em duplo propósito (forragem e grão) no contexto do sistema plantio direto. In: Seminário Internacional do Sistema Plantio Direto, 1., 1996, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: Embrapa-CNPT, p. 177-180, 1996.

DEL DUCA, L.J. A.; MOLIN, R.; SANDINI, I. **Experimentação de genótipos de trigo para duplo propósito no Paraná, em 1999.** Passo Fundo - Embrapa Trigo – Boletim de pesquisa e Desenvolvimento 6, 2000, 18 p.

EVANGELISTA A.R., ABREU J.G. **Pastagens: Adubação contínua.** UFLA, 2004. Disponível em: www.cultivar.inf.br Acesso em: 20/11/2009.

FLORES, J.P.C. **Atributos do solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária sob o plantio direto com calcário na superfície.** 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo). Programa de Pós- Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

GARCIA, J. A. Verdeos invernais. **Ministério de Ganaderia, Agricultura y Pesca Informa**, v.5, p.8-10, 1989.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

HOLLAND, E.A., PARTON, W.J., DETLING, J.K., COPPOCK, D.L. (1992): Physiological responses of plant populations to herbivory and their consequences for ecosystem nutrient flow. – *Am. Nat.* 140: 685-706.

KOZELINSKI, S.M. **Produção de trigo duplo propósito e ciclagem de nutrientes em sistema de integração lavoura pecuária.** 90 p. Dissertação (Mestrado em agronomia). Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco, 2009.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: **The ecology and management of grazing systems.** CAB INTERNATIONAL. HOGSON, J. E ILLIUS, A. W. (Ed.). Cap. 1, p. 3-36, 1996.

LUNARDI, R. et al. **Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo.** *Ciência Rural*, Santa Maria, V.38, n.3, p.795 – 801, mai-jun, 2008.

MARCELINO K.R.A., **Reciclagem de nutrientes sob condições de pastejo.** Universidade Federal de Viçosa, Centro de ciências agrárias, Departamento de Zootecnia – Viçosa-MG, 2002.

McNAUGHTON, S.J. Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti. **Ecol Monogr**, v.55, p.259–295, 1992

MCKENZIE, B.A.; HAMPTON, J.G.; WHITE, J.G.H.; HARRINGTON, K.C. **Annual crop production principles**. In. New Zealand Pasture and Crop Science. Ed. James White and John Hodgson. Oxford University Press. Cap.13, p.199-212. 323p. 1999.

MCRAE, F. Crop agronomy and grazing management of winter cereals. **NSW Agriculture**, v. 59, p. 59-69, 2003.

MEURER, E. J.; INDA JUNIOR, A. V.. **Potássio e adubos potássicos**. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARCO, F. A. O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre. Gênese, 2004. p. 139-152.

MELLO N. A.; Degradação física dos solos sob Integração Lavoura-pecuária. In: **Encontro de Integração Lavoura-pecuária do sul do Brasil**, Pato Branco, PR, 14-16 de agosto de 2002. p. 43-60.

MIOTO, A. et al; **Liberção de Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Potássio durante a decomposição da fitomassa de Crotalaria juncea L. em condições de campo**. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado – RS, 2007.

MORAES, A.; MARASCHIN, G. E. **Pressões de pastejo e produção animal em milho cv. comum**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.23, n.2, p.197-205, 1988.

MORAES, A.; PELISSARI A.; ALVES, S. J.; CARVALHO, P. C. F.; CASSOL L. C.; Integração Lavoura-pecuária no sul do Brasil. **I Encontro de Integração Lavoura-pecuária do sul do Brasil**, Pato Branco, PR, 14-16 de agosto de 2002. p. 03-42.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, 41 p.

MOTT, G. E. & LUCAS, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. Proc. **6º Intl Grassld. Cong**, p. 1380, 1952.

NAVARRO H.M., COSTA J.A., **Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja**. Pesq. agropec. bras. v.37 n.3 Brasília mar. 2002

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. California: Academic Press, 340p. 1996.

PINCHAK, W.E.; WORRALL, W.D.; CALDWELL, S. P. *et al*. Interrelationships of Forage and Steer Growth Dynamics on Wheat Pasture. **Journal of Range Management**. p. 126-130, 1996.

REGO, F.C.A. **Avaliação da qualidade, densidade e características morfológicas do capim-Tanzânia (Panicum maximum Jacq cv. Tanzânia-1) manejado em diferentes alturas, sob pastejo**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. 90p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, 2001.

RODRIGUES C.A.F., **Interação solo-planta-animal e impacto da reciclagem do nitrogênio e do fósforo em pastagem**. Universidade Federal de Viçosa – Centro de ciências agrárias – Departamento de Zootecnia, Viçosa - MG, 2000.

SANAULLAH, M. et al. How does plant leaf senescence of grassland species influence decomposition kinetics and litter compounds dynamics? **Nutr Cycl Agroecosyst**. Publicado online, 2009.

SANTOS, H. P. dos; TOMM G. O.; KOCCANN R. A., **Rendimento de grãos de milho em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas**. R. bras. Agrociência, v. 9, n. 3, p. 251-256, jul-set, 2003.

SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; et al. Pastoreio de **aveia e compactação do solo**. Revista Plantio Direto, v.69, p.32-34, 2002.

SHARIFF, A.R. et al.. Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. **Journal Range Manag**, v.47, p.444–449, 1994.

SMITH, P.; POWLSON, D.S.; SMITH, J.U.; et al. **Evaluation and comparison of soil organic matter models using longterm datasets**. Geoderma, v.81, p.1–255, 1997.

STARK, S.; GRELLMANN, D. Soil microbial responses to herbivory in an arctic tundra heath at two levels of nutrient availability. **Ecology**, v.83, p.2736–2744, 2002.

TAYLOR. H.M.; BRAR, G.S. Effect of soil compaction on root development. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.19, n.1, p.111-119, 1991.

TEDESCO, M.J. **Análise de solo, plantas e outros minerais**. UFRGS: Depto. de Solos. Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 1995. 174p.

THOMAS, A.L. et al. Rendimento **de grãos de soja afetado pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo**. Ciência Rural, v.28, n.4, p.543-546, 1998

WIEDER, R.K.; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data from litter bags. **Ecology**, v. 63, p.1636–1642, 1982.

WINTER, S.R.; THOMPSON, E.K.; MUSICK, J.T. *et al.* Grazing Winter Wheat: II. Height Effects on Response to Production System. **Agronomy Journal**., p. 37-41, 1990

ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS

- APÊNDICE 01- Valores de compartimento mais facilmente decomponível (A), constante de decomposição (Ka) e R2 ajustado para todas as parcelas do experimento nos modelos exponencial duplo e assintótico simples, para matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).....72
- APÊNDICE 02- Significância dos valores de A, Ka no modelo assintótico simples e A, Ka e Kb no modelo exponencial duplo pelo teste F testados nas variáveis períodos de pastejo e bloco para Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Matéria Seca (MS).....76
- ANEXO 01- Croqui da área experimental. Trigo submetido a diferentes períodos de pastejo por bovinos, no sistema de duplo propósito e distribuição dos tratamentos a campo, Pato Branco-PR, 2007.79

APÊNDICES

APÊNDICE 01- Valores de compartimento mais facilmente decomponível (A), constante de decomposição (Ka) e R2 ajustado para todas as parcelas do experimento nos modelos exponencial duplo e assintótico simples, para matéria seca (MS), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Modelo Simples MS					
DP	BI	A	Ka	R²	
0	1	52,2616	0,0345712	98,3998	
0	2	54,4932	0,0244517	86,7704	
21	1	57,8541	0,0293163	96,6821	
21	2	61,4945	0,0221218	96,5997	
42	1	56,6694	0,0291616	96,3825	
42	2	74,6109	0,0132531	94,2031	
63	1	62,1605	0,0263038	99,1377	
63	2	69,7978	0,0213904	98,9045	
84	1	68,367	0,0261965	98,7747	
84	2	80,9288	0,0189026	97,9398	
105	1	70,1354	0,0203307	94,1675	
105	2	81,5213	0,0165889	98,344	
R² médio				96,35881667	

Modelo Duplo MS					
DP	BI	A	Ka	Kb	R²
0	1	61,4864	0,0275773	-0,00131286	98,5973
0	2	28,531	0,0634613	0,00284984	90,6572
21	1	44,4389	0,0427359	0,0427359	96,8449
21	2	40,0325	0,0380791	0,00250875	96,524
42	1	45,6171	0,0392049	0,00142432	96,2417
42	2	15,7103	0,168864	0,00554098	97,5831
63	1	58,9081	0,0281274	0,000475709	98,9514
63	2	47,8386	0,0331263	0,00299847	99,0014
84	1	51,796	0,0377021	0,00251152	99,0101
84	2	33,9176	0,0468324	0,00666558	98,4002
105	1	26,7795	0,093028	0,00521865	97,2053
105	2	79,9388	0,0169115	0,000370306	97,9298
R² médio					97,24553

Modelo Simples N				
DP	BI	A	Ka	R²
0	1	65,0646	0,032483	92,234
0	2	66,0894	0,041292	73,1591
21	1	64,9297	0,025422	94,1762
21	2	54,6125	0,026001	90,1898
42	1	61,3081	0,07369	97,7506
42	2	43,6093	0,025992	99,0152
63	1	75,9826	0,049636	96,5099
63	2	63,1032	0,030928	82,0409
84	1	68,8667	0,039568	96,8187
84	2	76,5665	0,044061	95,6
105	1	75,7491	0,022568	97,2593
105	2	71,4652	0,028358	94,7765
R² médio				92,46085

Modelo Duplo N					
DP	BI	A	Ka	Kb	R²
0	1	84,7041	0,02288	-0,00365	94,3332
0	2	72,7498	0,036682	-0,00155	66,9895
21	1	69,8706	0,023336	-0,00086	92,7867
21	2	78,9334	0,016868	-0,00415	89,9502
42	1	52,5401	0,107331	0,001691	99,3476
42	2	56,5968	0,019232	-0,00142	99,4976
63	1	74,5001	0,051475	0,000424	95,6527
63	2	80,1552	0,023009	-0,00373	79,2209
84	1	51,3418	0,068517	0,003127	97,5464
84	2	88,9135	0,035036	-0,00507	96,8022
105	1	90,797	0,018264	-0,00537	98,1051
105	2	84,7041	0,02288	-0,00365	94,3332
R² médio					92,04711

Modelo Simples P				
DP	BI	A	Ka	R²
0	1	58,342	0,020149	94,7759
0	2	49,2843	0,020928	91,2828
21	1	66,6353	0,019872	95,2575
21	2	66,9791	0,021081	96,7418
42	1	72,3578	0,029941	98,3329
42	2	65,0789	0,037672	97,0441
63	1	71,2017	0,013957	93,9132
63	2	60,3573	0,032926	97,806
84	1	54,201	0,014014	82,857
84	2	57,7803	0,023864	95,7034
105	1	51,5381	0,03161	90,6935
105	2	38,7962	0,06457	90,1525
R² médio				93,71338

Modelo Duplo P					
DP	BI	A	Ka	Kb	R²
0	1	22,1869	0,125257	0,003682	99,9325
0	2	83,3813	0,01168	-0,00531	91,6113
21	1	94,6268	0,012786	-0,00903	96,0193
21	2	42,6	0,035682	0,003072	96,8585
42	1	80,9142	0,025719	-0,00218	98,1695
42	2	49,0828	0,058538	0,002668	98,8148
63	1	99,629	0,008831	-0,02037	94,4418
63	2	59,7163	0,033358	0,000105	97,2617
84	1	0	0	0	0
84	2	78,1122	0,016682	-0,0034	97,0713
105	1	27,4681	0,130703	0,002791	0,002791
105	2	27,2028	0,339752	0,001413	97,4889
R² médio					80,63937

Modelo Simples K					
DP	BI	A	Ka	R²	
0	1	87,915	0,097592	99,6321	
0	2	85,0809	0,084484	99,4332	
21	1	87,6772	0,098424	99,5359	
21	2	85,8447	0,082286	99,0569	
42	1	88,0385	0,097155	99,3133	
42	2	85,3865	0,083615	99,2643	
63	1	87,5575	0,098845	99,5684	
63	2	85,694	0,082705	99,0698	
84	1	85,835	0,097596	98,249	
84	2	84,7781	0,085367	99,4764	
105	1	82,9641	0,063831	98,5942	
105	2	83,6061	0,062519	98,921	
			R² médio	99,17621	

Modelo Duplo K					
DP	BI	A	Ka	Kb	R²
0	1	82,6314	0,113146	0,003253	99,979
0	2	79,055	0,098915	0,002948	99,8799
21	1	82,0872	0,115225	0,003365	99,9432
21	2	77,5881	0,101961	0,004029	99,802
42	1	81,0915	0,118105	0,004154	99,8957
42	2	78,8558	0,099121	0,003211	99,7538
63	1	82,1743	0,115082	0,003232	99,9511
63	2	77,6885	0,101862	0,003897	99,7709
84	1	77,1846	0,12518	0,004393	99,0949
84	2	79,2331	0,098759	0,002698	99,8635
105	1	72,9212	0,080817	0,003819	99,4469
105	2	73,4072	0,079281	0,003963	99,7451
			R² médio	99,7605	

Modelo Simples Ca					
DP	BI	A	Ka	R²	
0	1	85,9859	0,022132	97,0516	
0	2	85,538	0,029797	0,029797	
21	1	87,573	0,043965	97,2556	
21	2	82,6674	0,03256	96,8403	
42	1	72,6289	0,045246	97,7504	
42	2	71,1811	0,054421	98,9603	
63	1	89,4663	0,043021	99,7145	
63	2	88,9932	0,04241	98,304	
84	1	85,1398	0,036912	99,8769	
84	2	88,4039	0,029171	92,6082	
105	1	86,4194	0,087053	97,0159	
105	2	85,6117	0,020499	84,3521	
			R² médio	88,3133	

Modelo Duplo Ca					
DP	BI	A	Ka	Kb	R²
0	1	94,3228	0,019923	-0,00521	96,9442
0	2	94,4831	94,4831	-0,00586	94,8562
21	1	80,4746	0,050623	0,003166	96,6599
21	2	87,5236	0,030148	-0,00207	96,1705
42	1	61,3157	0,061873	0,00248	97,9473
42	2	63,976	0,065932	0,001711	99,4217
63	1	90,9748	0,04187	-0,00105	99,6566
63	2	94,8583	0,038273	-0,00516	98,3099
84	1	86,2462	0,036214	-0,0005	99,8514
84	2	96,2179	0,025894	-0,00682	91,2199
105	1	68,0468	0,17978	0,008137	98,4534
105	2	94,1234	0,018551	-0,00508	80,9796
R² médio					95,87255

Modelo Simples Mg				
DP	BI	A	Ka	R²
0	1	57,6506	0,028266	96,1231
0	2	111,631	0,005128	96,2454
21	1	65,3953	0,040414	93,7088
21	2	64,0731	0,030512	88,7762
42	1	60,9864	0,089517	93,2968
42	2	73,6977	0,008026	95,775
63	1	68,5046	0,051593	91,9102
63	2	68,5828	0,025251	92,3781
84	1	64,0195	0,038145	92,857
84	2	81,2222	0,010525	97,174
105	1	68,584	0,091973	96,4321
105	2	73,1284	0,009813	95,526
R² médio				94,18356

Modelo Duplo Mg					
DP	BI	A	Ka	Kb	R²
0	1	32,8629	0,074812	0,003004	99,9691
0	2	0	0	0	0
21	1	40,3499	0,115772	0,004045	99,1291
21	2	32,0768	0,126674	0,004411	97,5777
42	1	47,0432	0,226783	0,002746	99,156
42	2	0	0	0	0
63	1	45,1752	0,136157	0,004469	98,2278
63	2	0	0	0	0
84	1	38,985	0,104554	0,003858	98,035
84	2	95,4019	0,009122	0,009122	96,8271
105	1	96,8271	0,17343	0,002921	99,4611
105	2	10,7148	24,984	0,004582	98,9715
R² médio					73,9462

APÊNDICE 02- Significância dos valores de A, Ka no modelo assintótico simples e A, Ka e Kb no modelo exponencial duplo pelo teste F testados nas variáveis períodos de pastejo e bloco para Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Matéria Seca (MS).

N					
	Modelo simples		Modelo duplo		
	A	Ka	A	Ka	Kb
Períodos de pastejo	155,355*	0,00018348 ^{ns}	246,015 ^{ns}	0,000606636 ^{ns}	0,0000050632 ^{ns}
Bloco	151,145 ^{ns}	0,000182019 ^{ns}	122,23 ^{ns}	0,00158918 ^{ns}	0,0000185676 ^{ns}
Erro	30,5137	0,000239277	147,776	0,000676788	7,51209E-06
Média	66,1234	0,0366666	73,8172	0,0371259	-0,002016
CV	8,35	42,19	16,47	70,07	-135,93

P					
	Modelo simples		Modelo duplo		
	A	Ka	A	Ka	Kb
Períodos de pastejo	171,122*	0,000260504 ^{ns}	766,988 ^{ns}	0,0145189 ^{ns}	0,0000360835 ^{ns}
Bloco	107,999 ^{ns}	0,000425999 ^{ns}	19,4321 ^{ns}	0,00308465 ^{ns}	0,0000466293 ^{ns}
Erro	21,1913	7,53014E-05	1512,05	0,0052913	5,90481E-05
Média	59,3793	0,0275487	55,41	0,0665823	-0,00221413
CV	7,75	31,50	70,18	109,25	-347,06

K					
	Modelo simples		Modelo duplo		
	A	Ka	A	Ka	Kb
Períodos de pastejo	3,78724**	281,463**	15,9082*	0,00028146*	0,00000014075 ^{ns}
Bloco	7,6752**	206,682**	16,5156 ^{ns}	0,000640302*	0,000000180198 ^{ns}
Erro	0,807472	43,7933	2,54126	3,33439E-05	4,40E-07
Média	85,8648	84,3803	78,8111	0,103954	0,00358018
CV	1,05	7,84	2,02	5,55	18,53

Ca					
	Modelo simples		Modelo duplo		
	A	Ka	A	Ka	Kb
Períodos de pastejo	75,8546**	0,000216053 ^{ns}	281,463*	742,507 ^{ns}	0,0000198767 ^{ns}
Bloco	1,93443 ^{ns}	0,000402176 ^{ns}	206,682 ^{ns}	740,595 ^{ns}	0,0000764437*
Erro	3,40233	0,000395837	43,7933	744,213	1,06915E-05
Média	84,1341	0,040599	84,3803	7,92101	-0,00135458
CV	2,19	49,01	7,84	344,40	-241,39

Mg					
	Modelo simples		Modelo duplo		
	A	Ka	A	Ka	Kb
Períodos de pastejo	98,4577 ^{ns}	0,000359764 ^{ns}	802,044 ^{ns}	52,0799 ^{ns}	0,00000772601 ^{ns}
Bloco	633,578 ^{ns}	0,00523568*	2215,44 ^{ns}	49,1601*	0,000000715609 ^{ns}
Erro	212,664	0,000501008	1156,96	51,7329	6,57044E-06
Média	71,4563	0,0357635	36,6197	2,16261	0,00326324
CV	20,41	62,59	92,88	332,59	78,55

MS					
	Modelo simples		Modelo duplo		
	A	Ka	A	Ka	Kb
Períodos de pastejo	148,294*	0,0000265661*	142,684 ^{ns}	0,00137547 ^{ns}	0,000136179 ^{ns}
Bloco	255,749*	0,000149988**	154,494 ^{ns}	0,000815084 ^{ns}	0,0000755978 ^{ns}
Erro	17,4397	2,94677E-06	495,899	0,00223927	0,000154843
Média	65,8579	0,0241113	44,5829	0,0529709	0,00599893
CV	6,34	7,12	49,95	89,33	207,43

ANEXOS

ANEXO 01- Croqui da área experimental. Trigo submetido a diferentes períodos de pastejo por bovinos, no sistema de integração lavoura – pecuária e distribuição dos tratamentos a campo, Pato Branco-PR, 2007.



