



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



SALETE MAFIOLETTI KOZELINSKI

**PRODUÇÃO DE TRIGO DUPLO PROPÓSITO E CICLAGEM DE
NUTRIENTES EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2009

SALETE MAFIOLETTI KOZELINSKI

**PRODUÇÃO DE TRIGO DUPLO PROPÓSITO E CICLAGEM DE
NUTRIENTES 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 Luís Assmann

PATO BRANCO

2009

Ficha catalográfica elaborado por Elda Lopes CRB9/1295

K887p Kozelinski, Salete Mafioletti

Produção de trigo duplo propósito e ciclagem de nutrientes em sistema de integração lavoura pecuária / Salete Mafioletti Kozelinski. - Pato Branco. UTFPR, 2009.

90 f. : il. : 30 cm

Orientador: Profa. Dra. Tangriani Simioni Assmann

Co-orientador: Prof. Dr. Alceu Luiz Assmann

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco/PR, 2009.

Bibliografia: f. 65 – 75

1. Componentes de rendimento de trigo. 2. Esterco. 3. Duração do pastejo. 4. Palhada. I. Assmann, Tangriani Simioni. II. Assmann, Alceu Luiz. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. IV. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. V. 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 016

Produção de trigo duplo propósito e ciclagem de nutrientes em sistema de integração lavoura pecuária

por

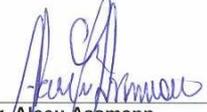
Salete Mafioletti Kozelinski

Dissertação apresentada às quatorze horas do primeiro dia de julho de dois mil e nove, 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. A candidata foi argüida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. *Aprovado*.....

Banca examinadora:



Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior
EPAGRI



Dr. Alceu Assmann
IAPAR

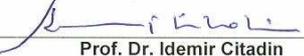


Dr. André Brugnara Soares
UTFPR



Dr. Tangriani Simioni Assmann
UTFPR
Orientadora

Visto da Coordenação:



Prof. Dr. Idemir Citadin
Coordenador do PPGA

Dedico este trabalho

Às minhas filhas Letícia, Fernanda e Mariana (*in memorium*)

Ao meu esposo Benigno,

Ao meu pai Olandino (*in memorium*)

À minha mãe Maria (*in memorium*)

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo.

Àquelas pessoas que eu amo: Benigno, meu marido, sua presença e carinho me conferem a força para a caminhada; às minhas filhas Letícia, Fernanda e Mariana (*in memorium*), sua generosidade e amor fazem a diferença em minha vida.

À professora Dr^a. Tangriani, por dividir comigo o seu conhecimento e experiência profissional, principalmente pela sua amizade e apoio, nos momentos de dificuldades.

Ao IAPAR, porque se constituiu em elemento essencial ao desenvolvimento deste trabalho, agradeço, especialmente, ao Dr. Alceu.

A todos os funcionários do IAPAR, que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial, ao técnico Luis Carlos Runsani.

Aos professores Dr. André, Dr. José Abramo, Dr. Benin e Dr. Luís César Cassol, pela amizade e ajuda recebida, em todos os momentos em que necessitei.

Aos Mestres do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pelos ensinamentos ministrados, os quais contribuíram significativamente para meu engrandecimento pessoal e profissional.

Ao Diretor da Regional de Saúde, Dr. Valmir, pela liberação para realização do curso, e aos colegas de trabalho, pela compreensão e apoio recebidos, quando necessitei me ausentar.

A todos os meus familiares, pelo apoio, compreensão e confiança depositada.

Aos colegas da Pós-Graduação que, além de grandes amigos, várias vezes, muito me ensinaram, em especial a Joice e Paulo, que muito me ajudaram para a conclusão desta obra.

A todos os meus amigos e estagiários que, de forma direta ou indireta, auxiliaram na elaboração deste trabalho.

Em todas as sociedades é o saber que gera riquezas. Ele atua sobre os homens através do trabalho, sobre a terra através da produção e sobre o poder, através da riqueza. Todo e qualquer saber pode alterar as ordens históricas e a estrutura de poder, portanto o controle do saber o estimulará ou conterà, ao sabor dos interesses do poder (PINHEIRO, 2001).

BIOGRAFIA DA AUTORA

SALETE MAFIOLETTI KOZELINSKI, filha de Olandino Mafioletti e Maria Aurora Sprícigo Mafioletti, nasceu em Urubici, Estado de Santa Catarina, em 10 de setembro de 1956.

Cursou o Ensino Fundamental em Vitorino, PR e Ensino Médio em Pato Branco, Paraná. Em 1978, ingressou no Curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, tendo, em 1982, recebido o grau de Médico Veterinário.

De dezembro de 1982 a abril de 1989 trabalhou na Cooperativa Agrícola São Cristóvão Ltda, como responsável técnica pela granja de reprodutores suínos e prestou assistência técnica aos cooperados. De maio de 1989 até a presente data, faz parte do quadro de servidores públicos da Secretaria Estadual da Saúde – SESA, na Seção de Vigilância em Saúde, de Pato Branco.

Em 1990, iniciou o curso de Especialização em Saneamento e Vigilância Sanitária, pela Fiocruz, RJ, cujo título da monografia foi “Saúde do Trabalhador”.

Em 1997, ingressou no curso de Graduação em Formação de Professores de Disciplina Especializada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, cujo título da monografia foi “Metodologia e Prática do Ensino”.

Em 2002, iniciou o curso de Especialização em Bovinocultura de Leite, pela Universidade Estadual de Londrina, cujo título da monografia foi “Estudo da Gestão, Produção, Sanidade e Qualidade do Leite do Laticínio Santa Inês”.

Em 2007, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*.

RESUMO

KOZELINSKI, Salete Mafioletti. **Produção de trigo duplo propósito e ciclagem de nutrientes em sistema de integração lavoura pecuária**. 2009. 90 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, conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Unidade de Pato Branco, PR, foram avaliar o potencial da produção de grãos de trigo duplo propósito, submetido a diferentes durações de pastejo por bovino (0, 21, 42, 63, 84 e 105 dias) e a decomposição dos resíduos do esterco bovino e do trigo, bem como a velocidade de liberação do N, P, K, Ca e Mg, cultivado sob sistema de semeadura direta. O experimento foi conduzido em duas fases. A primeira avaliou os componentes de rendimento do trigo: número de plantas/m², número de espigas/m², número grãos/espiga, massa de mil grãos, em seis tratamentos (duração de pastejo), com duas repetições em delineamento de blocos completos ao acaso. A segunda fase avaliou a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes dos resíduos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial sendo o fator A dois tipos de material (esterco bovino e resíduos do trigo duplo propósito sob pastejo) e o fator B, seis épocas de coleta (15, 30, 45, 75, 120 e 204) dias, após a semeadura do milho. Foram utilizados 20 bezerros, sendo dois animais *testers*, por unidade experimental, com peso médio de 163 kg e idade de 10 meses, manejado com lotação contínua e taxa de lotação variável, sendo que o critério de manejo adotado foi a altura da pastagem, procurando mantê-la próximo a 25 cm. Observou-se redução no número de plantas/m², no número de espigas/m² e no número de grãos/espiga com o aumento da duração do pastejo, o que refletiu em queda significativa de rendimento do cultivar de trigo duplo propósito BRS Tarumã frente ao pastejo. Concluiu-se que a taxa de decomposição e a liberação de nutrientes dos resíduos vegetais do trigo foram superiores ao resíduo animal para todos os nutrientes, exceto o cálcio, que não diferiu entre os materiais.

Palavras-chave: Componentes de rendimento do trigo, duração de pastejo, esterco, palhada, plantio direto.

ABSTRACT

KOZELINSKI, Salete Mafioletti. **Dual purpose wheat production and nutrient cycling in a crop-livestock system**. 2009. 90 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 aim of the present work, carried out at the Agronomist institute of Paraná (IAPAR), experimental unit of Pato Branco-PR, was to evaluate the effect of six grazing periods (0, 21, 42, 63, 84 and 105 days) over the wheat grain production, cultivar BRS Tarumã and its dry matter and animal dung residues decomposition as well as the N, P, K, Ca and Mg release in a crop-livestock system. The experiment was studied in two parts. The first one evaluated the wheat yield components such as number of plants m², number of ear m², number of grain per ear, weight of a thousand grain and hectoliter (pH), weight of six treatments (grazing periods) with two replications laid out as a randomized complete block design. The second phase evaluated the residues decomposition rate and nutrients release using a randomized complete block design with four replication in a factorial scheme being the factor A related to two material (animal dung and wheat dry matter) and factor D referent to different litter bag incubation periods being collected 15, 30, 45, 75, 120 and 204 days after the corn sowing. Were used twenty Purunã steers with average live weight of 162 kg and age of 10 months managed on continuous stocking rate with the aim to keep the forage sward with 25 cm of height. Was noticed a reduction in the number of plants per m², number of ear per m² and grain number per ear as the grazing periods increased what significantly reduced the Dual purpose BRS Tarumã wheat grain production as the grazing period increased. Was also noticed a higher decomposition rate and nutrients release to the wheat biomass when compared to the animal dung, except to Ca, that showed the same tendency to both residues.

Key-words: Wheat yield components, grazing periods, dung, straw, no-tillage.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Dados meteorológicos observados durante o período experimental na primeira fase do experimento (2007). Fonte: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2007).....28
- Figura 2.** Dados meteorológicos observados durante o período experimental na segunda fase (2007/2008). Fonte: Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR, 2008).29
- Figura 3** - Número de plantas/m² (185 DAE) na cultura de trigo duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.....38
- Figura 4** - Número de espigas/m² aos 185 DAE na cultura de trigo duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.....40
- Figura 5** - Número de grãos/espiga aos 185 DAE na cultura de trigo de duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.41
- Figura 6** - Rendimento de grãos de trigo aos 185 DAE na cultura de trigo de duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.44
- Figura 7** - Massa de mil grãos (B) aos 185 DAE na cultura de trigo de duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.45
- Figura 8.** Matéria seca remanescente de resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino em função dos dias após a deposição dos resíduos no solo, Pato Branco-PR, 2009.48
- Figura 9.** Nitrogênio remanescente e liberação acumulada de nitrogênio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.51
- Figura 10** - Fósforo remanescente e liberação acumulada de fósforo em função dos dias após a deposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.54
- Figura 11** - Potássio remanescente e liberação acumulada de potássio em função dos dias após a deposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.57
- Figura 12** - Cálcio remanescente e liberação acumulada de cálcio em função dos dias após a deposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.59
- Figura 13** - Magnésio remanescente e liberação acumulada de magnésio em função dos dias após a deposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.61

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. Trigo submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, no sistema de duplo propósito, Pato Branco-PR, 2007.....28
- Tabela. 2.** Parâmetros do modelo exponencial duplo ajustados aos valores medidos da matéria seca remanescente de trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos e 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 3.** Teores iniciais de N, P, K, Ca e Mg em g/kg de matéria seca na palhada de trigo duplo propósito e em esterco bovino. UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.50
- Tabela. 4.** Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do nitrogênio da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.....51
- Tabela. 5.** Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do fósforo da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como 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. 6.** Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do potássio da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.....56
- Tabela. 7.** Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do cálcio da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.....59
- Tabela. 8** Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do magnésio da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como constantes de decomposição (ka e kb), tempo de meia vida ($t^{1/2}$) e valores de R^2 . UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.....60

LISTA DE SIGLAS

AF	Área foliar
ANOVA	Análise de variância
Cfa	Clima subtropical
Cfb	Clima temperado
CSBPT	Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo
CTC	Capacidade de troca de cátions
DAE	Dias após a emergência
DP	Duplo propósito
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
ILP	Integração lavoura-pecuária
LN	Liberção de nutrientes
LB	Litter Bag
MS	Massa seca
MST	Massa seca total
MET	Máxima eficiência técnica
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	5
2.1 Integração Lavoura-Pecuária (ILP)	7
2.2 Componentes do sistema.....	9
2.2.1 Componente Solo.....	9
2.2.1.1 Matéria orgânica.....	10
2.2.1.2 Nitrogênio	12
2.2.1.3 Fósforo	13
2.2.1.4 Potássio.....	14
2.2.1.5 Outros nutrientes	15
2.2.2 Componente Planta.....	15
2.2.3 Componente Animal.....	18
2.3 Trigo Duplo-Propósito	21
2.4 Componentes de Rendimento do Trigo.....	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 Caracterização do Local.....	27
3.2 Caracterização do Solo	27
3.3 Dados Microclimáticos	28
3.4 Delineamento Experimental	29
3.5 Duração do Experimento.....	30
3.6 Estabelecimento do Trigo e Adubação.....	31
3.6.1 Semeadura.....	31
3.6.2 Adubação	31
3.7 Caracterização dos Animais.....	31
3.7.1 Manejo Geral dos Animais	31
3.7.2 Método de Pastejo	32
3.7.3 Ajuste da Carga Animal.....	32
3.8 Variáveis Estudadas.....	32
3.9 Avaliações no Trigo	33
3.9.1 Número de plantas por m ²	33
3.10 Taxa de Decomposição e Liberação de Nutrientes do Resíduo Vegetal e Animal	34
3.10.1 Análise estatística da segunda fase	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	38

4.1 COMPONENTES DE RENDIMENTO	38
4.1.1 População de plantas no início e final de pastejo.....	38
4.1.2 Número de espigas por metro quadrado	39
4.1.3 Número de grãos por espiga	40
4.1.4 Rendimento de grãos	43
4.1.5 Massa de mil grãos	45
4.2 Taxa de Decomposição da Matéria Seca dos Resíduos e liberação dos nutrientes.....	46
4.2.1 Liberação de nitrogênio (N)	50
4.2.2 Liberação de fósforo (P)	53
4.2.3 Liberação de potássio (K).....	56
4.2.4 Liberação de cálcio (Ca)	58
4.2.5 Liberação do magnésio (Mg).....	60
5 CONCLUSÕES	62
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
7 REFERÊNCIAS.....	65
ANEXOS	76

1 INTRODUÇÃO

A carência de alternativa para uso do solo com pastagens de inverno, no Sul do Brasil, tem chamado a atenção dos pesquisadores, pelo uso de pequenas áreas para o cultivo de aveia, azevém, centeio e de pastagens perenes melhoradas no verão, pois a maioria das áreas agrícolas está ocupada com culturas destinadas à produção de grãos.

A integração lavoura-pecuária é uma alternativa para o desenvolvimento de uma agropecuária mais rentável, 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 uma das opções promissoras 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. O pastejo ou corte do trigo podem diminuir o acamamento das plantas e oferecer uma forragem de alto valor nutritivo. Neste sentido, cultivares de trigo duplo propósito já lançadas pelas instituições brasileiras de pesquisa devem ser melhor estudadas em relação ao seu manejo, a fim de esclarecer qual a melhor forma de manejo, bem como a própria divulgação destes cultivares.

Nos últimos anos, novas tecnologias, baseadas na conservação de solo, diversificação de culturas, utilização de adubos orgânicos e outras práticas alternativas, tais como processos de inclusão de pastejo em área que outrora se destinavam exclusivamente ao cultivo agrícola, têm sido desenvolvidas, na tentativa de equilibrar a produtividade com a conservação do meio ambiente. Neste sentido, 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. Contudo, pouco se sabe sobre estes parâmetros tão importantes no sucesso da integração lavoura pecuária.

Diante disto, objetivou-se avaliar a produtividade de grãos de trigo duplo propósito, em função de diferentes durações de pastejo por bovinos, cultivado sob sistema de plantio direto, bem como a taxa de decomposição dos resíduos vegetal e animal e a taxa de liberação de nutrientes para o solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (ILP)

A possibilidade de obter produção animal e vegetal na mesma propriedade, por meio do uso de sistemas integrados de produção (ILP), aumenta o leque de alternativas de renda e permite maior estabilidade às propriedades. É uma visão mais abrangente de propriedade agrícola, criando-se espaços para que cereais de inverno, como a aveia branca, a aveia preta, o centeio, a cevada, o trigo e triticale, com período vegetativo estendido, com semeadura antecipada, a fim de fornecerem forragem verde, no período de carência alimentar, e ainda produzir grão (Santos et al., 2006).

Contudo, observando-se que o uso contínuo do cultivo da aveia preta pode resultar no aumento de doenças que comprometem a rusticidade e o potencial produtivo da cultura mais importante para a integração lavoura-pecuária (ILP), têm sido realizados trabalhos com cereais de inverno que forneçam forragem verde e ainda produzam grãos, qual seja, a cultura do trigo como duplo propósito (Fontaneli et al., 2007).

No Sul do Brasil, geralmente, este sistema, utiliza espécies como aveia e azevém para pastejo no inverno, rotacionados com soja e milho no verão. Entretanto, a fim de que a integração lavoura-pecuária contribua efetivamente para uma exploração mais racional da propriedade, torna-se necessário ampliar o conhecimento das culturas de inverno a serem utilizadas, tendo-se, neste caso, o trigo duplo-próposito como uma alternativa.

A possibilidade de obter produção animal (carne, leite, lã) e vegetal (grãos), na mesma estação de crescimento, através do cultivo de variedades de trigo duplo-propósito, otimiza a probabilidade de maior rentabilidade, uma vez que o agricultor pode, conforme o ano e os preços dos produtos agrícolas, favorecer a produção vegetal ou a animal. Ainda, em sistemas integrados de produção, o retorno de nutrientes, seja via tecido vegetal ou dejetos animal, é mais constante, possibilitando evitar maior uniformidade entre a oferta e a demanda de nutrientes, o que pode otimizar a produção do sistema.

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. O sucesso deste sistema depende do manejo integrado dos seus componentes (solo-planta-animal) que, por sua vez, são dinâmicos e interagem entre si. Para tal, alguns fundamentos básicos devem ser mantidos, como: plantio direto, rotação de cultivos, uso de insumos e genótipos melhorados, o manejo correto das pastagens, preconizando a manutenção de estruturas de pasto que otimizem a produção vegetal (Moraes *et al.*, 2002) e a colheita de forragem pelo animal em pastejo (Baggio, 2007).

A presença do animal na pastagem pode alterar a produtividade do ecossistema para uma direção positiva ou negativa. A magnitude das alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, que são os responsáveis por afetar o desenvolvimento radicular das culturas de grãos (Taylor e Brar, 1991), estão na dependência do manejo que é aplicado nas áreas sob pastejo.

Enquanto nas áreas tradicionais de pecuária há falta de alimentação para bovinos nos meses de inverno, nas áreas sob semeadura direta há disponibilidade de forragem de elevado valor nutritivo, no mesmo período (Del Duca *et al.*, 2000).

A pesquisa tem 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.

A possibilidade do uso de cereais de inverno na produção animal, nos meses de inverno, em áreas tradicionais de agricultura, tem conduzido à atividade de integração lavoura-pecuária, que pode resultar em melhor aproveitamento do potencial da propriedade (Del Duca; Fontaneli, 1995).

No Paraná, a integração lavoura-pecuária caracteriza-se, pelo menos, por duas possibilidades: rotação de cultivos anuais de grãos, com pastagens perenes e utilização, na alimentação animal, de plantas de cobertura e/ou pastagens anuais, em rotação com cultivos anuais de grãos (Assmann, 2002).

A otimização dos custos de implantação de lavouras tem sido buscada pelos produtores, visando aumento da renda líquida da propriedade; uma das oportunidades para este objetivo é a exploração de áreas de inverno para a produção de carne. Trata-se do sistema ILP, com caráter dinâmico, sujeito a alterações, em função das demandas de mercado (Assmann, 2001).

2.2 COMPONENTES DO SISTEMA

Para melhor entender o sistema de integração lavoura pecuária, bem como a ciclagem de nutrientes neste, é importante que se entendam os componentes do sistema (solo-planta-animal) e suas interações.

2.2.1 Componente Solo

O solo, juntamente com o clima de uma região, principalmente temperatura, precipitação e radiação solar, favorece ou limita o crescimento das plantas, devido a sua capacidade de suprir nutrientes, água e oxigênio. Este componente constitui-se no principal reservatório de nutrientes, seja na forma mineral, quanto na forma orgânica, e inclui nutrientes disponíveis e não disponíveis às plantas e resíduos orgânicos (Tisdale *et al.*, 1985).

Segundo Malavolta (1980), os nutrientes disponíveis envolvem os elementos presentes na solução do solo e aqueles na forma lábil no solo. Os não disponíveis compreendem as formas imobilizadas na fração orgânica do solo (especialmente com nitrogênio), as “fixadas” ou retidas nos minerais do solo (amônio, fosfato, sulfato, e potássio) e as formas presentes nos minerais primários e secundários do solo (Brady e Weil, 2002). Os resíduos orgânicos têm sido definidos como a fração orgânica do solo, o material morto das plantas, as excreções dos animais e dos macro e microorganismos do solo.

Os resíduos animais e vegetais representam uma rota transitória de retorno de nutrientes. As taxas de ciclagem de nutrientes no solo dependem da qualidade e quantidade da matéria orgânica, do micro clima (temperatura e umidade), de características físicas (textura, densidade), químicas (concentração de nutrientes) e biológicas (biomassa microbiana, composição e diversidade) do solo. Estas condições criam variação nas taxas de decomposição da matéria orgânica, tanto na quantidade como na qualidade, do que está sendo disponibilizado para o solo (Epstein *et al.*, 2002).

Dentro do compartimento solo, os nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, podem ser liberados das formas orgânicas através dos processos microbianos de mineralização, mas, ao mesmo tempo, os nutrientes disponíveis podem ser imobilizados em formas orgânicas pela ação da biomassa microbiana do solo. Nutrientes disponíveis (K, P e a maioria dos micronutrientes) podem também,

ser convertidos para formas fixadas quimicamente pelas reações de precipitação e adsorção, mas também podem ser liberados através de processos de intemperismo, solubilização e dessorção (Haynes e Williams, 1993; Follet e wilkinson, 1995).

As plantas, por sua vez, irão absorver os nutrientes presentes no estoque disponível do solo. Entretanto, os microorganismos decompositores apresentam exigências relativamente altas de quase todos os elementos, sendo, assim, competidores diretos pelos nutrientes. Dessa forma, a produtividade do ecossistema torna-se dependente dos teores dos minerais disponíveis no solo não apenas para satisfazer as exigências da plantas (e através delas dos animais), mas também para suprir as necessidades dos microorganismos do solo (Malavolta, 1980).

2.2.1.1 Matéria orgânica

Em regiões de clima tropical e alta pluviosidade, onde a utilização de adubos é baixa, a sustentabilidade da fertilidade do solo depende da MO, podendo esta ser utilizada como um indicador da sustentabilidade dos sistemas (Greenland, 1994). Para que a sustentabilidade seja mantida, uma premissa básica deve ser seguida, ou seja, a taxa de deposição de MO deve ser maior do que a taxa de decomposição (Dubeux *et al.*, 2004).

A MO apresenta benefícios ao solo, como: melhoria das propriedades físicas (estrutura, macro e micro-agregados, capacidade de retenção da água), químicas (aumento da CTC, redução do Al tóxico, maior fornecimento de nutrientes) e biológicas (biodiversidade de microorganismos), sendo que seus teores no solo podem aumentar ou diminuir, tornando o solo um dreno ou uma fonte de carbono, dependendo do manejo adotado (Corraza *et al.*, 1999).

Stevenson e Cole (1999) relataram que a quantidade de C presente na MO nos solos terrestres (30 a 50×10^{14} kg) é três a quatro vezes a quantidade contida na atmosfera (7×10^{14} kg) e cinco a seis vezes a quantidade contida na biomassa terrestre (plantas e animais; 4.8×10^{14} kg). Apesar da vegetação e dos animais armazenarem menores quantidades de C do que a MO, eles desempenham um papel importante na ciclagem de C Castilla (1992) estimou um retorno de $3,9$ t de C $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ em pastagem de *Brachiaria humidicola* e *Desmodium heterocarpon*.

O entendimento do ciclo do C tem uma importância adicional, uma vez que a disponibilidade de nutrientes como N, P e S estão associadas a compostos orgânicos e a atividade microbiana é dependente dos processos de mineralização e imobilização (Fisher *et al.*, 1994; Cantarutti, 1996). Estes processos estão geralmente relacionados às concentrações de C e à qualidade da matéria orgânica, e.g., C:N, C:P, C:S, C:N, P:S (Thomas e Asakawa, 1993).

Os compostos presentes na MO podem ser divididos em facilmente decomponíveis e recalcitrantes. Os compostos recalcitrantes são substâncias difíceis de serem decompostas e são originadas pela síntese de solutos na planta ou formadas durante o processo de decomposição (Six *et al.*, 2002). Lignina, C, N, P e polifenóis e suas relações são bons indicadores da qualidade dos resíduos (Thomas e Asakawa, 1993). Em geral, leguminosas apresentam resíduos de melhor qualidade que gramíneas e os resíduos acima do solo são de melhor qualidade do que as raízes e rizomas, entretanto, uma grande variabilidade entre espécies pode ocorrer. Ainda, a utilização de plantas com baixa qualidade nutricional e alta alocação de biomassa no sistema radicular pode ser sugerida como uma alternativa de aumentar a MO. Fisher *et al.* (1994) sugeriu que gramíneas são capazes de aumentar os teores de C do solo não apenas pelo seu agressivo sistema radicular, mas também devido à baixa qualidade dos resíduos originados por esse sistema. Entretanto, é importante manter claro que uma maior relação C:N e C:P pode levar a uma imobilização de nutrientes que poderiam estar disponíveis para as plantas e são materiais de menor valor nutritivo para os animais.

Em sistemas integrados de produção, a deposição de fezes dos animais representa um importante papel na construção da matéria orgânica do solo (Haynes e Williams, 1993). O conteúdo de matéria orgânica do solo (carbono orgânico e nitrogênio total) é significativamente aumentado imediatamente abaixo aos locais de deposição das excreções, mesmo em solos com altos teores iniciais de matéria orgânica (During *et al.*, 1973). Aumentos no fósforo extraível e algumas vezes potássio trocável comumente ocorrem na superfície do solo (2,5 – 5,0 cm) logo abaixo das áreas de deposição de fezes (Weeda, 1977). Considerando apenas o sistema solo-planta-animal, a principal fonte de nitrogênio é a matéria orgânica do solo; entretanto, suas taxas de decomposição são baixas, variando entre 2 e 5% ao ano (Wagner e Wolf, 1999). Por outro lado, a biomassa vegetal, apesar de conter menos nitrogênio que a matéria orgânica do solo, degrada em taxas mais elevadas

(Thomas e Asakawa, 1993). Segundo Brady e Weil (2002) as taxas de decomposição anuais típicas dos resíduos aéreos vegetais depositados na superfície do solo, das raízes e dos dejetos são da ordem de 85%, 67% e 75%, respectivamente, mas esses valores podem variar em função de fatores ambientais e da qualidade do material sendo decomposto.

O material rico em celulose é decomposto três vezes mais rápido, em relação às partes lenhosas ricas em taninos (Larcher, 2000). A diferença no tempo de decomposição dos esterco assegura um fluxo contínuo de nutrientes no solo, quando comparados a materiais como gramíneas (Hoffmann *et al.*, 2001), enquanto que gramíneas, como a aveia, apresenta, segundo Aita & Giacomini (2003) uma meia vida de 51 dias.

2.2.1.2 Nitrogênio

Em um ecossistema de pastagem são encontradas várias fontes de N, como solo, vegetação, animais e atmosfera. O fluxo de nutrientes entre estes componentes é complexo e depende de interações múltiplas que ocorrem entre estes e as condições de clima, microbiota do solo, espécies forrageiras e herbívoros (Myers *et al.*, 1986).

A maior reserva de N é a atmosfera, entretanto, este é disponibilizado às plantas somente através de processos altamente endergonicos. Considerando todos os ecossistemas terrestres, o N do solo é 16.000 vezes menor do que o atmosférico (Russelle, 1996). Mesmo assim, o solo é a segunda maior reserva de N, sendo este dependente do teor de MO, biomassa microbiana do solo, NH_4^+ fixado e, de uma forma um pouco menos representativa, pela concentração de N inorgânico presente nas plantas (NO_3^- ; N; NH_4^+). A mesofauna abaixo do solo, e.g. nematóides, térmitas, minhocas, também representam um importante componente do N do solo. O perfil do solo da camada radicular pode conter de 4.500 a 24.000 kg de $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Henzell e Ross, 1973). Estas quantidades são maiores que aquelas reportadas na biomassa viva das pastagens tropicais (geralmente entre 20 a 300 kg de $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$), (Henzell e Ross, 1973).

Os resíduos vegetais também representam uma importante fonte de N, porque, juntamente com a microbiota do solo, constituem o elo entre o N encontrado na forma metabólica nas plantas e o N disponível para a absorção das plantas.

Tirando o N do solo Robertson *et al.* (1993) estimou em pastagem de *Panicum maximum* Jacq. que 30 a 50% de todo o N do ecossistema estava no resíduo das plantas e tecidos senescidos, indisponível para a absorção das plantas.

Segundo Alexander (1977), a taxa ideal de mineralização do nitrogênio no solo é aquela em que o nitrogênio mineralizado supre as necessidades da planta e de imobilização por microorganismos do solo, não permanecendo na forma mineral, por esta ser susceptível a perdas, como lixiviação e volatilização.

2.2.1.3 Fósforo

O ciclo do P é ainda mais complexo que o do N, uma vez que depende, além do processo biológico de decomposição do P orgânico, da química do P inorgânico do solo. Solos tropicais, altamente intemperizados, utilizados para pastagens, são caracterizados pela baixa concentração total e disponível do P e, por uma elevada capacidade de adsorção do P (Novais e Smyth, 1999).

A menor concentração de P dos tecidos vegetais e animais e a alta capacidade de adsorção de P pelo solo, torna a principal reserva deste nutriente. Alguns Latossolos do cerrado brasileiro podem adsorver mais de 2 mg P cm^3 , o que equivale a $4.000 \text{ kg de P.ha}^{-1}$ na camada de 0 a 20 cm (Novais e Smyth, 1999). Com isso, não se espera uma ciclagem eficiente de P inorgânico, uma vez que o solo é mais eficiente do que as plantas em competir pelo P inorgânico.

Em solos de regiões tropicais que recebem pouca ou não recebem adubação fosfatada, os compostos orgânicos do solo representam a principal fonte de P para as plantas, além de controlarem a eficiência da reciclagem de P (Novais e Smyth, 1999; Oberson *et al.*, 1999).

Nos últimos anos, mais atenção tem sido dada ao desenvolvimento de estratégias de manejo que visam minimizar o fluxo de P fora do ciclo de produção. (adsorção do P inorgânico) e maximizar o fluxo de P por um meio mais dinâmico de ciclagem entre os componentes do sistema produtivo, a fim de facilitar a absorção deste pelas plantas. Os processos de mineralização e imobilização do P são especialmente importantes para compreender por que o P orgânico do solo é tão importante. O manejo tem alto potencial para incrementar a eficiência de ciclagem deste nutriente, pois, parte do P se acumula na biomassa vegetal e é "re-aplicado"

em uma forma biológica, através da deposição da biomassa vegetal e retorno dos dejetos dos animais.

A concentração de 2 g de P.kg⁻¹ de matéria seca dos resíduos vegetais é frequentemente considerado o limiar para manter um equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização. Abaixo desta concentração a imobilização predomina. Ao considerar a relação C:P, valores abaixo de 200:1 resultam predominantemente em mineralização, enquanto que acima de 300:1 a imobilização é maior (Mclaughlin e Alston, 1986).

Considerando que a concentração de P nas gramíneas tropicais é geralmente menor que 1,5 g.kg⁻¹ (CIAT, 1982), altas taxas de imobilização de P de resíduos de gramínea forrageira são esperadas. No entanto, a influência de outros fatores, tais como concentrações de lignina e polifenóis, desempenham um importante papel na taxa de mineralização do P (Oberson *et al.*, 1999).

2.2.1.4 Potássio

O ciclo do K é mais simples e rápido do que o ciclo do N e P, principalmente porque o K não faz parte de nenhum composto orgânico (Dubeux, 2005). O solo é a maior reserva de K; seu teor está relacionado ao material de origem (principalmente feldspatos de potássio e micas). O grau de intemperismo do solo, a grande quantidade de potássio no solo está na forma de K estrutural (90% a 98%), K trocável (2% a 8%) e o K da solução (0,1% a 0,2%) (Wilkinson e Lowrey, 1973), ou seja, a sua maior parte encontra-se de forma indisponível (Ayarza, 1988).

O K trocável do solo (2 a 8%) é móvel e, por isso, pode ser lixiviado a grandes profundidades, onde fica indisponível às raízes que se concentram mais superficialmente no solo, podendo desta maneira ser perdido do sistema (Lustosa, 1998). Entretanto, Ayarza (1988) não encontrou perdas de K em adubações com teores médios, mas somente em altas adubações (300 kg de K.ha⁻¹), mesmo sob alta precipitação pluvial. O mesmo sugere que os principais mecanismos de retenção de K são a adsorção pelas camadas de Al dos minerais 2:1, retenção nas plantas e através do consumo de luxo do K. Relata ainda que os resíduos de plantas melhoram a reciclagem do K.

Os animais não compõem uma grande fonte de K, porém, eles influenciam a reciclagem pelo grande consumo e excreção de K. Williams *et al.*

(1990) estimou que os animais foram direta e indiretamente responsáveis por 74 e 92% de todas as perdas de K em pastagem sob pastejo com vacas leiteiras. As perdas diretas através de produtos animal (produção de leite e carne) são muito menores (0,12 a 0,18 kg K por 100 kg de produto animal) do que as perdas indiretas associadas com a concentrada distribuição que ocorre nos locais de deposição de urina e esterco (Mathews *et al.*, 1999).

2.2.1.5 Outros nutrientes

Outros nutrientes como cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes também estão distribuídos nos sítios acima e abaixo do solo e igualmente aos outros nutrientes desempenham papel fundamental na nutrição das plantas e animais.

Cálcio, magnésio e micronutrientes são devolvidos para a pastagem, principalmente nas fezes, enquanto o enxofre tem um padrão de retorno semelhante ao do nitrogênio via urina (Haynes e Williams, 1993). Cálcio e magnésio são comumente adicionados às pastagens tropicais através de calagem e o enxofre é um componente de alguns fertilizantes comumente utilizados, incluindo sulfato de amônio e super-triplo.

2.2.2 Componente Planta

Em sistemas integrados de produção, o componente planta é o elo de ligação entre os nutrientes presentes no solo e os assimilados pelos animais, representando fundamental importância sobre a ciclagem de nutrientes, uma vez que além de promover proteção ao solo, armazena nutrientes e evita as suas perdas.

A demanda de nutrientes pelas plantas pode ser atendida pelas entradas e/ou a adição de nutrientes via adubação ou pela ciclagem de nutrientes do sistema. A ciclagem de nutrientes depende da velocidade de decomposição da matéria seca residual e se torna ainda mais complexa quando da presença de animais, uma vez que estes alteram o padrão de retorno de resíduos ao solo, promovendo conseqüentemente uma alteração na liberação dos nutrientes.

A absorção de nutrientes pelas plantas causa interferência na ciclagem de nutrientes no sistema. Por um período variável de tempo, parte dos nutrientes

que estavam disponíveis no solo permanece retida nas plantas, sendo posteriormente transferida para os animais ou retornada ao solo via resíduos.

Considerando-se uma pastagem de *Brachiaria* sp., por exemplo, produzindo 7.000 kg de massa seca ha⁻¹ por ano, com os seguintes teores médios de nutrientes: 1,7% N, 0,2% P, 2,0% K, 0,35% Ca e 0,3% Magnésio, ter-se-iam retidos nessa pastagem 119 kg de N.ha⁻¹, 14 kg de P.ha⁻¹, 140 kg de K.ha⁻¹, 24,5 kg de Ca.ha⁻¹, e 21 kg de Mg.ha⁻¹ (desconsiderado sistema radicular). Se houver remoção total dessa forragem, como ocorre, por exemplo, na produção de feno, o sistema ficaria deficitário. Por outro lado, sob pastejo, grande parte destes nutrientes acaba retornando ao solo, seja por meio dos dejetos dos animais, ou pelos resíduos das próprias plantas.

O retorno dos nutrientes dos resíduos vegetais à superfície do solo é mais uniforme do que os dejetos dos animais e estes representam constante disponibilização de nutrientes ao solo e às plantas, atuando como um mecanismo de proteção às perdas de nutrientes em sistemas com alto uso da adubação (Haynes e Williams, 1993; Braz *et al.*, 2003). Neste contexto, é importante ressaltar que o componente planta pode acumular substancial quantidade de biomassa e nutrientes potencialmente disponíveis. Entretanto, a questão é sincronizar a disponibilização destes, através da mineralização da biomassa morta e da demanda deste nutriente pela cultura subsequente, de modo a se evitem perdas de nutrientes. Segundo Assmann (2001) a capacidade das gramíneas de absorverem N pode ser de mais de 380 kg ha⁻¹ano⁻¹.

A biomassa morta constitui-se, assim, num importante mecanismo de transferência de nutrientes da matéria vegetal para o solo. Este processo é causado pela senescência de partes da planta, devido às mudanças metabólicas de cada espécie e também a estímulos externos (Andrade *et al.*, 2003). Segundo estes autores, parte dos elementos liberados pela decomposição da biomassa morta é reabsorvida pelos organismos do solo e pelas plantas, e parte é perdida do sistema (sendo transferida para a água e ar). A decomposição desta camada possibilita que parte do carbono incorporado na matéria vegetal pela fotossíntese retorne à atmosfera como CO₂, e outros elementos absorvidos passem para uma forma novamente utilizável pelas plantas.

Grande quantidade de matéria orgânica retorna ao solo, anualmente, via resíduos vegetais, entretanto existem poucas informações sobre a produção,

composição química e taxa de decomposição e liberação de nutrientes desta biomassa que retorna. A diversidade de ambientes trabalhados, dos componentes amostrados, dos métodos de coleta, das condições climáticas ocorrentes pode constituir sério problema para comparação dos resultados.

Em sistemas produtivos, a biomassa remanescente protege o solo dos agentes erosivos, fornecendo matéria orgânica e nutrientes para os organismos do solo e para as plantas, acarretando a manutenção e melhoria nas propriedades químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, na produção vegetal (Andrade *et al.*, 2003). Ainda, a degradação da biomassa vegetal é um dos principais mecanismos responsáveis pela ciclagem de nutrientes nos ecossistemas, de tal maneira que é importante se conhecer não apenas a quantidade produzida de biomassa e a sua taxa de decomposição, mas também seu teor em nutrientes e a sua velocidade de liberação.

A decomposição dos materiais vegetais é uma das etapas mais importantes na ciclagem de nutrientes e dependente da composição dos tecidos, da espécie utilizada e de condições ambientais. Tecidos ricos em material estrutural (celulose, hemicelulose e lignina) são mais resistentes à decomposição que tecidos mais pobres nesses materiais (Haag, 1985).

Outro fator determinante é a relação carbono:nitrogênio dos resíduos, uma vez que, dependendo desta relação, e da disponibilidade de nitrogênio do solo, os resíduos vegetais podem ser prontamente mineralizados, liberando os nutrientes presentes na matéria seca ou fazendo com que estes fiquem imobilizados por um período de tempo. Ocorre que, quando os tecidos possuem alta relação C:N, inicialmente há um consumo do nitrato existente no solo, que é incorporado ao protoplasma dos microorganismos do solo e a matéria orgânica perde carbono, que é convertido a CO₂, resultando numa imobilização líquida do nitrato do solo, mas, à medida que a relação C:N vai reduzindo, surgem condições de mineralização de amônio, logo convertido em nitrato (Tisdale *et al.*, 1985).

A decomposição de resíduos com concentração de nitrogênio inferiores a 2% ou com uma relação C:N maior que 25 conduz inicialmente para uma imobilização de nitrogênio mineral, enquanto materiais com concentração de nitrogênio superiores a 2% ou com uma relação C:N menor que 25, liberam o nitrogênio mineral. De fato, é conhecido que a concentração de nitrogênio e relação C:N são os principais fatores que determinam a habilidade dos resíduos das plantas

para fornecer nitrogênio. Todavia há outros fatores que podem alterar esse fornecimento como, por exemplo, concentração de lignina ou relação lignina/nitrogênio (Myers *et al.*, 1994).

Segundo Haynes e Williams (1993), após a deposição dos resíduos no campo, o clima é o principal fator que afeta a decomposição e a liberação de nutrientes. A temperatura e umidade afetam as taxas de decomposição, uma vez que a maior parte dos decompositores (macro e microbiota) responde à umidade do solo e cessam ou diminuem a sua atividade pelo menos temporariamente, quando a umidade diminui (isaac e Nair, 2005). Para Yadava e Thodan (1997), a taxa de decomposição da biomassa foi positivamente correlacionada com a umidade do solo, sendo influenciada ainda pelo conteúdo de nitrogênio, lignina e relação lignina/nitrogênio do resíduo.

Além disso, à medida que se aumenta a lotação animal e a utilização da forragem produzida, como nas pastagens manejadas intensivamente, a quantidade e a importância da biomassa vegetal na reciclagem de nutrientes diminuem em relação às excretas dos animais.

2.2.3 Componente Animal

A magnitude da influência dos animais sobre a ciclagem de nutrientes depende diretamente da intensidade de pastejo utilizada, sendo que o pastejo com alta intensidade deixará menor quantidade de nutrientes para a cultura subsequente, modificando a produtividade do ecossistema e agroecossistema para uma direção negativa. Ainda, segundo Shariff *et al.* (1994), o pastejo pode acelerar ou retardar a ciclagem de nutrientes por alterar as condições bióticas e abióticas do solo para a decomposição.

Os herbívoros alteram a dinâmica da ciclagem de nutrientes do solo de forma direta, por meio do consumo das plantas. Os nutrientes ficam momentaneamente imobilizados pelo processo digestivo e metabólico dos animais, sendo que a maior parte dos nutrientes minerais ingeridos pelos animais, retorna ao sistema através das excreções de fezes e urina, em quantidades que variam em função de cada nutriente. A proporção de nutrientes que é reciclada por essa via depende, primariamente, da quantidade de forragem utilizada pelos animais, bem

como da composição química das partes das plantas que são consumidas (Mathews e Sollenberger, 1996).

De forma indireta, os animais alteram a ciclagem de nutrientes por alterar a dinâmica de alocação de nutrientes nas plantas, uma vez que estes estimulam o crescimento das plantas pastejadas e extrair mais nutrientes do solo (Cantarutti *et al.*, 2001). O pastejo pode ser considerado como um fator que melhora a disponibilidade de N no solo o que pode conduzir a mudanças na biologia do solo (e.g., biomassa microbiana e sua composição). Também, 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).

A menor relação C:N das plantas pastejadas e do solo, aumentam a mineralização líquida pela redução da demanda microbiana por N (i.e., imobilização microbiana) 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 pelas plantas com alto teor de N, acabam por aumentar a dominância de espécies de plantas com baixo teor de nitrogênio, sendo que estas espécies se decompõem mais lentamente. Ainda, a redução na disponibilidade de N favorece as espécies pobres em N, porque elas são mais eficientes na competição pelo nitrogênio. Neste caso, os animais reduzem a produção primária e a taxa de ciclagem de N (Olofsson e Oksanen, 2002).

Para Haynes e Williams (1993), bovinos defecam e urinam na média de 11 a 16 e 8 a 12 vezes por dia, respectivamente, entretanto estes números podem variar bastante, dependendo das condições de pastejo e fatores ambientais. Cada micção de bovinos adultos tem um volume médio de 1,6 a 2,2 litros. A média de peso fresco e peso seco dos dejetos variam de 1,5 a 2,7 kg e por volta de 0,2 a 0,35 kg. Para estes autores, o retorno de nitrogênio, potássio, fósforo e enxofre via esterco de animais em pastejando nesta área, com produtividade de massa seca de 15.000 kg.ha⁻¹ é de 100, 45, 78 e 14 kg.ha⁻¹, respectivamente. O restante do nitrogênio é excretado via urina, sendo que nesta, o teor de nitrogênio é bastante variável, em função do teor de nitrogênio da dieta e do consumo de água, ficando geralmente entre 8 a 15 g por litro. À medida que o consumo de nitrogênio digestível aumenta, a proporção de nitrogênio que retorna via urina também aumenta, principalmente na forma de uréia (Whitehead, 1970).

Nos pontos de urina e defecação as altas concentrações de nutrientes, em especial de nitrogênio, excedem as demandas da pastagem e por isso estão mais sujeitas às perdas, quando em relação aos resíduos vegetais (Haynes e Williams, 1993; Jarvis *et al.*, 1995). A perda de amônia (NH_3^+) dos locais das micções é significativa (15 a 25 %), principalmente porque a maior parte do N da urina (70%) está na forma de uréia (Doak, 1952). Dependendo das condições do clima, as perdas de N das áreas afetadas por micções e defecações podem variar de 4 a 66%, sendo que perdas que variam de 20 a 120 kg de $\text{N}\cdot\text{ha}^{-1}$ foram detectadas em pastagem cultivadas (Ryden, 1986). Em condições de seca, predominam as perdas via volatilização da amônia, enquanto que sob altas precipitações predominam as perdas via desnitrificação do nitrato e lixiviação (Russelle, 1992).

A magnitude da interferência dos animais na ciclagem de nutrientes depende também da distribuição das excreções na pastagem, da área afetada pelas excreções e pelo seu teor de nutrientes (Cantarutti *et al.*, 2001). A quantidade de excretas produzida diariamente depende do tamanho do animal, da dieta e das condições ambientais (Mathews e Sollenberger, 1996).

A desuniformidade de retorno dos nutrientes é a maior porque alguns nutrientes como o K é excretado predominantemente via urina, enquanto que outros como, P, Ca, Mg o são via dejetos e há aqueles que são excretados em proporções significativas (N e S), tanto nas fezes quanto na urina, dependendo principalmente do teor de nutriente da dieta (Haynes e Williams, 1993).

Apenas uma pequena fração dos nutrientes utilizados na alimentação (forragem e concentrado) animal é extraída do sistema via produto animal (10 a 30%), sendo que a maior parte dos nutrientes ingeridos retorna ao sistema via esterco e urina (Haynes e Williams, 1993).

O pastejo altera a ciclagem de nutrientes por alterar a estrutura da pastagem, a composição da vegetação, o teor de nitrogênio nos tecidos das plantas, pela incorporação da matéria orgânica, através do efeito do pisoteio animal. Essas mudanças nas pastagens provocadas pelo pastejo tendem a aumentar a disponibilidade de nitrogênio inorgânico pela melhoria da qualidade da biomassa das plantas (Bardgett *et al.*, 1998), pelo efeito sobre a imobilização microbiana e por alterar o fluxo de carbono das plantas ao solo (Stark e Grellmann, 2002).

2.3 TRIGO DUPLO-PROPÓSITO

Analisando os dados da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento Estado do Paraná (SEAB, 2009), observa-se que na safra 2008/2009, aproximadamente sete milhões e seiscentos mil hectares da área semeada no Paraná 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.

Acredita-se que nos 81% restantes foram plantadas, principalmente, culturas de cobertura de solo ou então deixados em pousio. Nos sistemas exclusivamente agrícolas, cujas áreas durante o inverno são destinadas ao pousio, são grandes as perdas de solo pela erosão. Embora estas perdas não sejam tão significativas em áreas cultivadas com culturas de cobertura do solo, persiste a preocupação com o balanço econômico desse tipo de exploração, que na última década vem sendo marcada pela alta competitividade e exploração do capital.

Nedel (1994) afirma que genótipos de trigo, lançados para cultivo no Brasil após 1980, apresentaram período da emergência ao espigamento 3 a 4 dias mais longo que cultivares antigas. Esta estratégia pode ser usada pelos agricultores para diminuir as perdas por geada. Assim, genótipos que apresentam ciclo longo são adequados para plantio antecipado ou para duplo propósito.

Diante disso, o trigo desempenha um papel importante no Sul do Brasil, como alternativa de cultura de inverno. Apesar dos problemas, como probabilidade de geadas, alto custo e elevada concorrência com a produção de trigo importado da Argentina, que geralmente acabam refletindo em baixo retorno econômico da atividade, o trigo ainda é utilizado basicamente apenas para cultivo de grãos, enquanto poderia ser usado como dupla finalidade, ou seja, para produção animal e produção de grãos.

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).

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.

Estes cultivares devem ter um ciclo apropriado para o pastejo e colheita de grãos, com fase vegetativa longa e reprodutiva curta. Estas características de ciclo tardio-precocce (Del Duca *et al.* 2000; Del Duca e Fontaneli, 1996), proporcionam antecipação da semeadura à época normal e redução de perdas com geadas no florescimento, em função do prolongamento do período vegetativo (Wendt *et al.* 1991; Dotto *et al.*, 1997; Brunetta *et al.*, 1997) e elevação do potencial de rendimento, em função da fase reprodutiva curta, minimizando perdas na colheita, por incidência de chuva (Del Duca *et al.*, 1998). Assim, estudos já realizados demonstram que, quando corretamente manejado, ocorre pouco efeito negativo sobre a produção de grãos (Christiansen *et al.*, 1989; Bartmeyer, 2006). Entretanto, algumas pesquisas mostram que a produção grãos diminui à medida que o ganho de peso animal por hectare aumenta, ou ainda, conforme o período de pastejo aumenta, associando a intensidade de pastejo e duração do pastejo como os principais fatores relacionados à menor produção de grãos (Redmon *et al.*, 1995).

As plantas de trigo, quando submetidas ao corte mecânico ou pastejo, prolongam seu ciclo e, assim, diminuem o risco de perdas com geadas, na época da emissão do primórdio floral e espigamento, o que acarretaria em drástica queda de produtividade. O pastejo também elimina o crescimento vegetativo excessivo, principalmente em áreas com alta concentração de fertilizantes orgânicos,

inorgânicos e umidade, evitando, assim, o acamamento da cultura (Bartmeyer, 2006; Bortolini *et al.*, 2004).

A cultivar de trigo BRS Tarumã, utilizada neste experimento, é resultante do cruzamento simples entre as cultivares Century e BR 35. Pertence ao grupo de trigos denominados como de duplo-propósito ou tardio-precoce 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 recomendado 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 35 cm de estatura, no estágio vegetativo, o que normalmente ocorre entre 40 e 60 dias após a semeadura, (Santos e Fontaneli, 2006).

Ao pastejar, devem ser preservadas as estruturas para o rebrote, limitando o pastejo até 5 a 7 cm de estatura, durante o período vegetativo ou quando for observada 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 e Fontaneli, 1996).

2.4 COMPONENTES DE RENDIMENTO DO TRIGO

A produção de culturas de cereais depende de processos considerados interdependentes, como a fotossíntese, a translocação e o acúmulo de fotoassimilados nos grãos. A capacidade de acúmulo de fotoassimilados nos grãos depende do número de espigas por unidade de área, da quantidade de espiguetas por espigas, dos grãos existentes por espiguetas e do peso individual do grão.

Para obtermos os componentes de rendimento, o trigo passa por diferentes estádios de desenvolvimento, iniciando com a fase vegetativa pela germinação. Nesse período ocorre o ápice de crescimento, geração de folhas e perfilhos até aparecer o primeiro primórdio de espiguetas, que é o estágio denominado de duplo anel, etapa final da fase de produção de folhas e perfilhos (Sartori, 2003).

Estudos desenvolvidos pela Embrapa Trigo revelaram que o número de grãos/m² foi o componente que esteve significativamente mais associado ao avanço do rendimento de grãos de trigo, nos últimos 50 anos. O melhoramento do potencial genético, dessa forma, esteve relacionado com o maior número de grãos (maior número de drenos). Essa alta associação também tem sido observada em outros estudos na Argentina, no México, nos Estados Unidos da América, na Inglaterra, entre outros. A produção de grãos esteve associada ao melhoramento genético, a mudanças nos atributos fisiológicos de pré-antese nos cultivares modernos de trigo (Rodrigues, 2003).

O rendimento de grãos resulta da interação de diversos fatores genéticos, fisiológicos e ambientais e, por isso, necessita ser considerado conjuntamente. Estudos de componentes de rendimento de grãos são fundamentais no melhoramento genético do trigo (Souza, 1985). O rendimento de grãos foi descrito como produto de vários componentes de rendimento (Nedel, 1994), como: número de espigas por unidade de área, número de grãos por espiga e massa média do grão, e esses três componentes, até certo limite, variam independentemente um do outro.

Segundo Blue *et al.* (1990), sob condições de estresse que resultam em baixo perfilhamento, o peso de grãos é importante na determinação do rendimento de grãos, enquanto sob condições ideais para o perfilhamento, o número de espigas é o mais importante componente de rendimento de grãos.

Genótipos com elevado potencial de perfilhamento, de acordo com Richards (1988), apresentam maior incidência de perfilhos inférteis, e são, portanto, dependentes do ajuste adequado da densidade de semeadura. Um dos motivos da baixa produtividade média das lavouras de trigo, no Brasil, consiste na pequena participação de perfilhos férteis na formação do rendimento final (Mundstock, 1999). Portanto, os componentes básicos do rendimento do trigo são número de plantas por unidade de superfície, o número de espigas por planta, o número de grãos por espiga e o peso médio do grão (Bellido, 1991).

O número de grãos por metro quadrado está relacionado à capacidade da planta em acumular biomassa e transferi-la às estruturas reprodutivas em pré-antese (Rodrigues, 2002). Este componente varia com o número de espigas por unidade de superfície, espiguetas por espiga e grãos por espiguetas e por espiga (Maças *et al.*, 1998; Calado, 2005).

O peso do grão é o último componente a ser definido após a antese; durante o seu enchimento, as condições ambientais nos estádios anteriores podem influenciá-lo, pois delas depende a área fotossintética. Contudo, temperaturas elevadas durante a sua formação podem reduzir-lhe o peso e, assim, afetar o rendimento da cultura (Calderini *et al.*, 1999).

Bartmeyer (2006) e Bortolini (2004) observaram que a desfolhação do trigo após o período de alongamento do colmo diminui a massa seca total (MST); desta forma não há recuperação da massa foliar, provocando menor eficiência na fotossíntese das plantas e queda na massa de mil grãos.

A quantidade de inflorescência é determinada no estádio do início do afilhamento e se estende até o início da alongação. Já o número de espiguetas inicia no estádio de duplo anel. Ocorre, em seguida, a formação das flores, estabelecendo o número de grãos e, finalmente, o enchimento de grãos, que determina o peso dos grãos (Redmon *et al.*, 1995).

Plantas que se encontram em estádios mais avançados de desenvolvimento, apresentam maior proporção de folhas velhas; há a alongação do colmo com a remoção do sistema apical pelo pastejo, diminuindo o crescimento que depende do desenvolvimento de novos afilhos, a partir dos meristemas basais (Bortolini, Moraes e Carvalho, 2005).

Na produção de trigo de dupla finalidade a otimização deve prever a produção de fitomassa verde e evitar o desperdício na produção de grãos, entre outros fatores. A semeadura deve observar o ciclo da variedade e o momento da última desfolha, decidindo por variedades de ciclo precoce que tenham longos períodos vegetativos, permitindo a produção de uma maior quantidade de folhas, antes de passar ao estado reprodutivo (Merchán *et al.*, 2007).

Estudo de Rodrigues *et al.* (2002) sobre características fisiológicas que mudam simultaneamente com aumento de potencial de rendimento de grãos entre cultivares antigas e modernas incluem o papel do melhoramento genético da planta, no aumento do potencial de rendimento de grãos de trigo. Os resultados confirmam mudanças produzidas no rendimento de grãos de trigo no Sul do Brasil, especialmente na biomassa total. Obteve-se ganho genético no potencial de rendimento de grãos de 44,9 kg. ha⁻¹. ano⁻¹, confirmando-se elevação no rendimento de grãos nos modernos cultivares de trigo, como resultado de produção e abastecimento de maior número de grãos por metro quadrado.

O componente mais importante na determinação da produtividade de lavouras de trigo, observado por Cox *et al.* (1988) e Austin *et al.* (1989) foi o número de grãos por área, obtido pelo número de grãos por espiga e número de espigas por área, sendo essa a maior correlação positiva com o rendimento de grãos. Em trigo, o potencial de rendimento da lavoura parece ser mais limitado pelos drenos (número de grãos/m²) do que pela fonte (capacidade da cultura para abastecer esses drenos) (Rodrigues, 2000).

A semeadura de cereais de inverno de duplo propósito deve ser antecipadamente em relação à época preferencial de cada espécie, em cada região, pela característica de um período mais longo da emergência ao espigamento. Cultivares tardios, como BRS Tarumã e BRS Guatambu requerem semeadura até 40 dias antes do início da época indicada para os cultivares destinados exclusivamente para a colheita de grãos (Bevilaqua *et al.*, 2003).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento foi realizado em área pertencente 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.

A área na qual foi instalado o experimento vem sendo conduzida sob sistema de semeadura direta desde 1995, sendo que a partir desta data 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 (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico, com textura argilosa (EMBRAPA, 1999). As 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 (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 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 na Tabela 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. Trigo submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, no sistema de duplo propósito, Pato Branco-PR, 2007.

Profundidade	pH	MO*	Al ³⁺	H+Al	Ca	Mg	K	P	V**
Cm	CaCl ₂	g.dm ⁻³	cmol _c	(+)dm ⁻³	mg.dm ⁻³	%
0,0 - 5,00	5,2	71,03	0,00	5,98	7,0	4,20	1,10	27,33	67,29
5,0 - 10,0	4,8	62,99	0,07	7,13	6,1	2,80	0,80	4,22	57,64
10,0 - 20,0	5,0	65,67	0,04	7,13	5,9	2,78	0,58	1,88	56,50

*MO = matéria orgânica; **V = saturação de base.

3.3 DADOS MICROCLIMÁTICOS

O clima da região em que se realizou o experimento, conforme classificação de Köppen (Moreno, 1961) é de transição entre os subtropicais úmido, do tipo Cfa e Cfb. As condições meteorológicas registradas na Estação Meteorológica do IAPAR durante o período experimental da primeira e segunda fase, estão apresentadas na Figura 1 e 2 respectivamente.

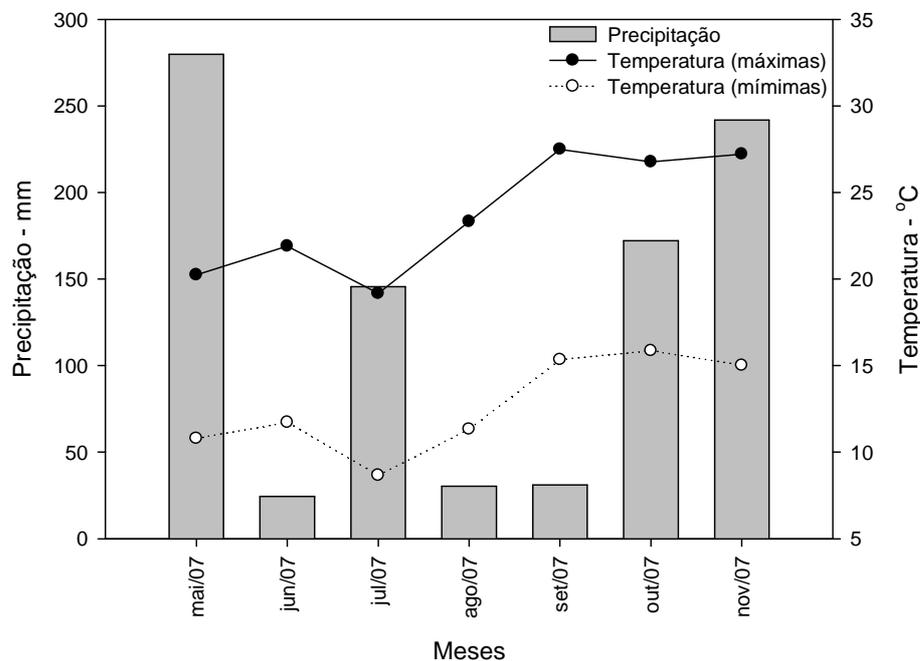


Figura 1. Dados meteorológicos observados durante o período experimental na primeira fase do experimento (2007). Fonte: Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2007).

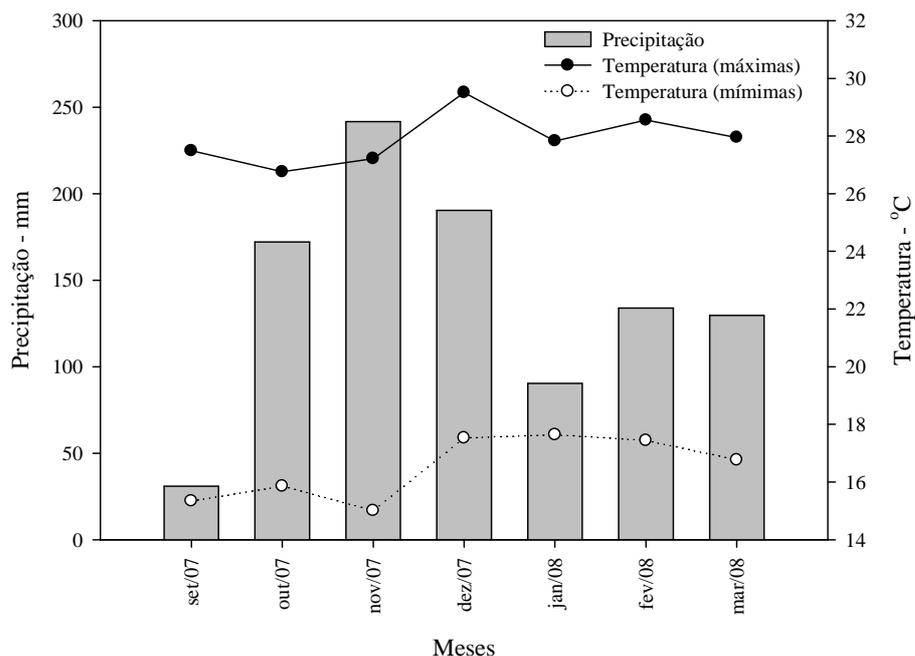


Figura 2. Dados meteorológicos observados durante o período experimental na segunda fase (2007/2008). Fonte: Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR, 2008).

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento constou de duas fases de avaliação, sendo que a primeira fase avaliou os componentes de rendimento do trigo duplo-propósito, sob diferentes durações de pastejo bovino. 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: 0; 21; 42; 63; 84 dias de pastejo e pastejo total (105 dias).

Os tratamentos corresponderam aos dias de pastejo na cultura do trigo:

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 e do esterco animal. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Os tratamentos utilizados foram: um bifatorial, o fator A refere-se a dois tipos de material (matéria seca de trigo e esterco bovino); o fator B, a seis épocas de coleta 15, 30, 45, 75 e 120 e 204 dias, após a colocação dos mesmos no campo. Os resíduos de cada material foram secados e colocados em sacos de nylon - Litter Bag (LB), os quais foram deixados na superfície do solo e recolhidos em seis diferentes épocas. A instalação do experimento foi em área de integração lavoura-pecuária, com cultivo de milho.

3.5 DURAÇÃO DO EXPERIMENTO

Na primeira fase, 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, totalizando 198 dias após a semeadura, com a colheita do T-105.

A instalação do experimento na segunda fase foi na mesma estação experimental do IAPAR, em área de integração lavoura-pecuária, porém de localização diferente da primeira fase. A cultura utilizada foi de milho, plantada no dia 03/09/2007, e os materiais foram distribuídos nessa área no dia 06/09/2007. A matéria seca do trigo duplo propósito utilizada para avaliação foi coletado aleatoriamente na área do experimento da primeira fase. O esterco bovino foi coletado dos animais em pastejo, no momento em que defecavam, antes de terem contato com o solo. A primeira avaliação foi realizada 15 dias após a exposição do material no solo, no dia 18/09/2007 e as demais avaliações foram realizadas com 30, 45, 75, 120 e 204 dias após a colocação no campo; no dia 28/03/2008 foi realizada a última avaliação.

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, 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 185 kg de uréia.ha⁻¹, 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

Foram avaliadas as variáveis na planta em sua fase reprodutiva: número de plantas m^2 , número de espiga por m^2 , número de espiguetas por espiga, peso de mil grãos e produtividade de grãos de trigo. Em relação à ciclagem de nutriente no sistema de integração lavoura-pecuária avaliaram-se a taxa de decomposição dos resíduos vegetais e animal, bem como a taxa de liberação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio para o solo.

3.9 AVALIAÇÕES NO TRIGO

Considerou-se pastagem, a cultura do trigo a partir da entrada dos animais, o que ocorreu 71 dias após a sementeira, na fase de perfilhamento do trigo, até os 176 dias posteriores à sementeira, data da saída do último lote em pastejo.

A produção de grãos foi avaliada através da demarcação de áreas de 600 m² /parcelas. Após a colheita foi determinado o teor de umidade (ajustados para 13%).

A colheita dos grãos foi realizada em duas ocasiões: a primeira realizada em 19/10/2007 (173 dias após a sementeira) quando foram colhidas as parcelas referentes ao tratamento sem pastejo e a segunda ocasião em 13/11/2007 (198 dias após a sementeira), quando foram colhidos todos os tratamentos com pastejo.

No tratamento sem pastejo, colheu-se toda área da parcela, sendo depois, em todos os tratamentos, calculada a produção por hectare. A produtividade do trigo foi obtida através de colheita mecanizada das parcelas, com o auxílio de uma colhedora de parcelas.

3.9.1 Número de plantas por m²

Foi avaliada a densidade de plantas emergidas por metro quadrado sete dias após emergência (DAE) do trigo. O número de plantas por metro quadrado também foi avaliado no momento da colheita do trigo, arrancando-se as plantas, com auxílio de um quadrado de 0,33 m², sendo coletadas cinco amostras por parcela, contando-se o número de plantas por amostra e efetuando-se a média de cada tratamento.

3.9.2 Número de espigas por m², espiguetas por espiga e grãos por espiga

As avaliações na sua fase reprodutiva foram realizadas arrancando-se as plantas e com auxílio de um quadrado de 0,33 m², foram coletadas cinco amostras em cada parcela, efetuando-se a média de cada tratamento. Contou-se o número de espigas por m², espiguetas por espiga e grãos por espiga, para posterior

secagem em estufa a 60 °C por 72 horas, e pesagem em balança eletrônica de precisão para determinar a massa seca.

3.9.3 Peso de mil grãos

Para a contagem do peso de mil grãos, fez-se a contagem de mil sementes de cada parcela colhida, pesando-se as amostras em balança eletrônica.

3.9.4 Análise estatística da primeira fase

Para os fatores quantitativos da variável independente (dias de pastejo), a escolha do modelo foi ajustada à equação, que foi baseada na significância (5%) da regressão linear ou quadrática e pelo coeficiente de determinação. Tendo havido diferenças entre tratamentos, fez-se a análise de regressão polinomial, buscando-se o modelo que melhor expressasse essa relação.

A Máxima Eficiência Técnica foi obtida a partir do ponto de máxima de uma equação de segundo grau, que é calculado igualando-se a zero a derivada de primeira da equação e encontrando-se posteriormente o valor de x , conforme a equação apresentada a seguir (Chaston, 1971).

$$Y = a + bx - cx^2$$

$$\frac{dY}{dX} = b - 2cx \rightarrow x = \frac{b}{2c}$$

3.10 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DO RESÍDUO VEGETAL E ANIMAL

A avaliação da taxa de decomposição do resíduo vegetal e animal, bem como a taxa de liberação de nutrientes referente à matéria seca do trigo e do esterco dos bovinos foram realizados através da metodologia do uso de sacos de decomposição.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial com quatro repetições. O fatorial foi constituído de dois tipos de material (esterco bovino e matéria seca do trigo duplo propósito sob pastejo) e seis épocas de coleta. A instalação do experimento foi em área de integração lavoura-pecuária,

da estação experimental do IAPAR, próxima ao experimento da primeira fase utilizando-se a cultura do milho na área, no início do estudo.

Para a avaliação da velocidade de decomposição dos resíduos dos diferentes materiais (trigo e esterco) 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 e o esterco dos bovinos coletados dia 03/09/2007, no momento em que os animais defecavam antes de terem contato com o solo.

Após a coleta, as amostras foram secadas em estufa a 60 °C, por 72 horas, sendo posteriormente pesadas. Retiraram-se 15 g de matéria seca, que foram alocadas em sacos de nylon (sacos de decomposição) com malha de 2 mm, medindo 20 x 20 cm. Os sacos de decomposição foram grampeados e distribuídos na área do experimento, após o plantio do milho e coletados aos 15, 30, 45, 75, 120 e 204 dias.

A variedade de milho utilizada foi o IPR 114, com uma adubação de base de 250 kg.ha⁻¹ do NPK 04-30-10. O espaçamento entre linhas foi de 90 cm sendo utilizada a densidade de seis sementes por metro. Cada parcela continha quatro linhas de 10 m de comprimento. Em cada parcela foram depositados aleatoriamente, seis Litter Bag, para avaliar a velocidade de decomposição dos materiais.

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 (15 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:

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

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

Nessa equação, leia-se: MSR = percentagem de MS remanescente ou percentagem do nutriente remanescente em tempo t (dias); ka e kb = 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.

A partir dos 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):

$$t_{1/2} = 0,693/k_{(a,b)}$$

3.10.1 Análise estatística da segunda fase

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 e do esterco foram estimadas ajustando-se modelos de regressão não linear aos valores observados, conforme proposto por Wieder e Lang (1982), utilizando-se o programa estatístico statigraphic 4.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 COMPONENTES DE RENDIMENTO

4.1.1 População de plantas no início e final de pastejo

O número inicial de plantas foi semelhante para todos os tratamentos ($P>0,05$) com uma média de 315 plantas por m^2 , indicando que a semeadura e emergência foram homogêneas em todas as parcelas. Ainda, esta população de plantas está de acordo com o sugerido por Del Duca *et al.* (2000) para cultivares de trigo duplo propósito.

O número de plantas/ m^2 diminuiu de forma linear conforme o aumento do período de pastejo. Observou-se uma redução de 1,33 plantas por dias de pastejo, demonstrando que o aumento da duração do pastejo causou queda significativa do número de plantas por metro quadrado (Figura 3).

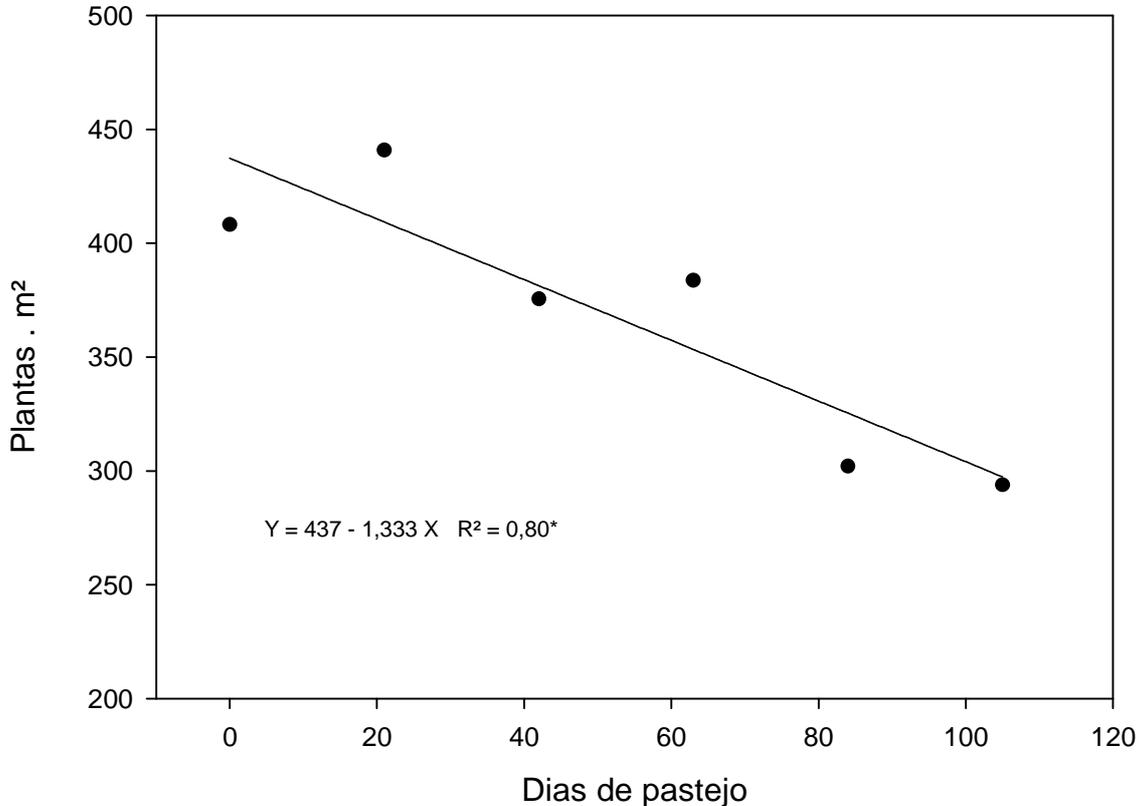


Figura 3 - Número de plantas/ m^2 (185 DAE) na cultura de trigo duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.

Isto aconteceu devido à morte de plantas danificadas pelo pisoteio dos animais e ao arranquio de plantas em função do pastejo.

Observou-se uma diferença de 60 plantas a menos por metro quadrado nas parcelas que foram pastejadas durante 45 dias, em relação ao tratamento sem pastejo, Bartmeyer (2006), obteve uma diminuição de 116 plantas por metro quadrado no tratamento com 45 dias de pastejo.

Segundo Soares Filho (2008), a magnitude do efeito do desfolhamento depende da frequência, intensidade e uniformidade do pastejo além do estágio de desenvolvimento da planta, sendo que a sua recuperação depende da área foliar remanescente após corte ou pastejo e dos teores de carboidratos.

Garcia *et al.* (2007) salientam que o pastejo deve ser suspenso não pelo número de dias após a emergência, mas pelo estágio fenológico das plantas, uma vez que após determinado estágio, os cortes e/ou pastejos realizados determinam redução de rendimento de grãos em consequência de fatores fisiológicos da planta relacionados a fase da diferenciação do primórdio, ou seja, do botão floral.

4.1.2 Número de espigas por metro quadrado

O número de espigas por metro quadrado, foi influenciado significativamente pelos tratamentos. Observou-se uma redução de 9,45 espigas/m² para cada dia pastejo (Figura 4), dados estes diferentes dos observados por Bartmeyer (2006), que não encontrou diferença para espigas/m².

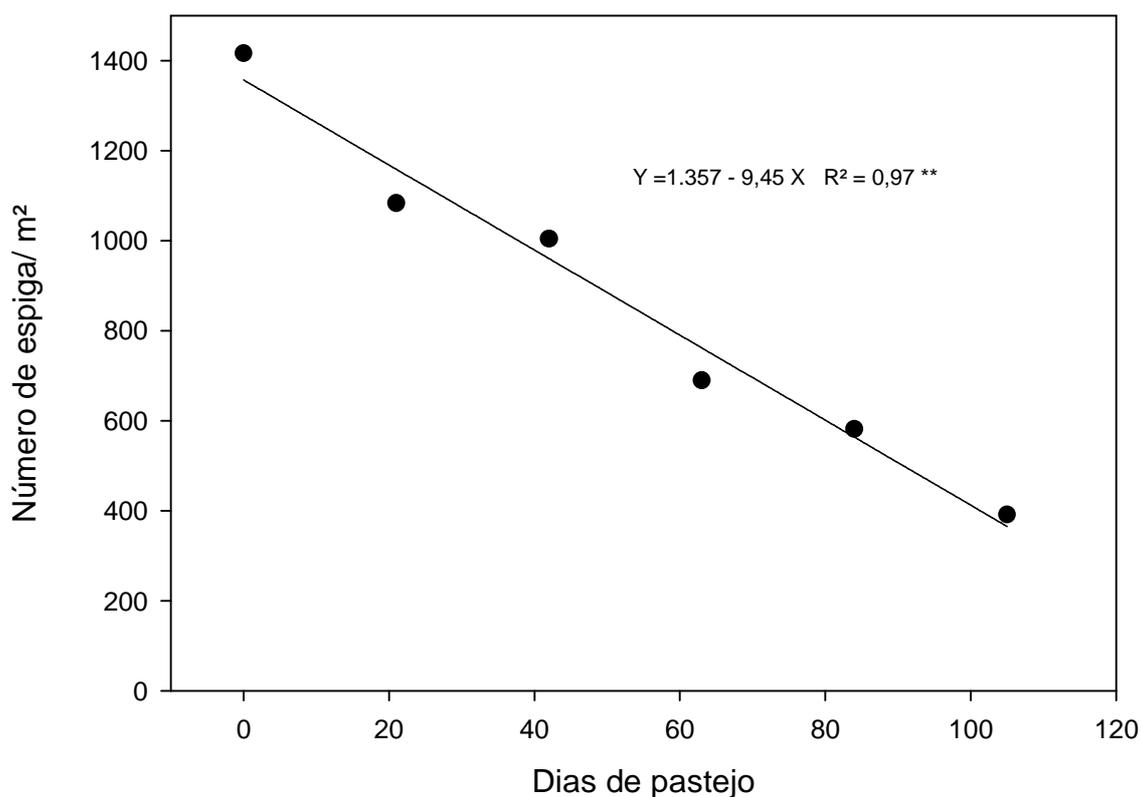


Figura 4 - Número de espigas/m² aos 185 DAE na cultura de trigo duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.

4.1.3 Número de grãos por espiga

O aumento no período de pastejo reduziu de maneira significativa ($p < 0,05$) o número de grãos/espiga (Figura 5), resultando em 10,49 grãos/espiga nas plantas de trigo das parcelas que foram submetidas a 105 dias de pastejo, constatando-se uma redução de 45% de grãos/espiga em relação às plantas do tratamento sem pastejo.

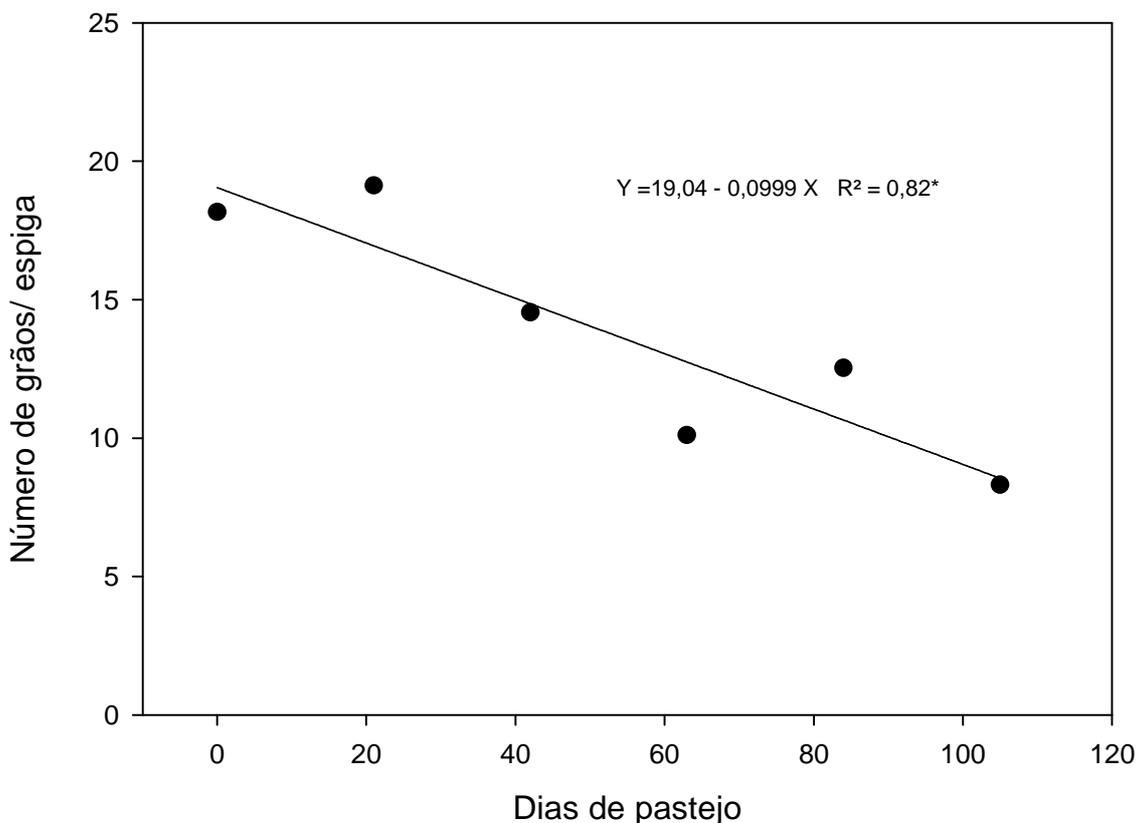


Figura 5 - Número de grãos/espiga aos 185 DAE na cultura de trigo de duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.

Esta redução no número de grãos/espiga, bem como a diminuição de espigas/m², determinaram um rendimento inferior que chegou a uma produtividade de grãos de trigo de 612,5 kg.ha⁻¹, no pastejo de 105 dias. Em princípio, se o pastejo for prolongado, aumenta-se a produção animal, em detrimento da produção de grãos. Se a área não for diferida antes da alongação dos entre-nós e o pastejo permanecer após a diferenciação do meristema apical, a produção de grãos pode ser comprometida, por isso a importância da correta identificação para o término do período de pastejo.

Mcrae (2003) e Bartmeyer (2006) sugerem evitar pastejo intenso após o alongamento do colmo, devido à baixa velocidade de recuperação da planta. Isso posto, a recomendação é de que o pastejo deva ser iniciado no estágio de perfilhamento entre 6 a 8 semanas após a emergência, observando-se a variedade.

Estudo realizado por Bartmeyer (2006) registrou que, em pastejo de 15 dias mantém-se a produtividade de grãos de trigo, com índice máximo observado aos 9 dias de pastejo e queda perceptível após esse período.

A remoção dos meristemas apicais das plantas é associada com a redução na produção de grãos; isto promove a formação de novos perfilhos secundários, e estes produzem espigas menores e com menor quantidade de grãos que o perfilho principal (Garcia, 1989 e Bortolini *et al.* 2005).

Apesar de verificar-se o aumento de produtividade de grãos de trigo com um corte, Bortolini (2004) não constatou diferença relevante para a maioria dos genótipos entre o sistema sem corte e um corte. Observou a redução do índice de área foliar e da biomassa das plantas de trigo e a compensação da produção de grãos desse cereal com um corte, pelo aumento de espigas/planta nesse sistema. Atribuiu o aumento da produtividade de grãos, comparativamente, à redução dos níveis de acamamento, porque ocorre a redução da altura das plantas, como consequência da redução do comprimento dos entre-nós.

Estudos de Franco e Carvalho (1987) e Rodrigues (2000) confirmaram a associação entre o incremento do potencial de produtividade obtido pelo melhoramento genético e a expressiva participação do número de grãos por espiga; Rodrigues e Carla (2000) observaram maior limitação pelos drenos no potencial de rendimento da lavoura de trigo (número de grãos/m²) do que pela fonte, qual seja, a capacidade da cultura para abastecer esses drenos (Bevilaqua *et al.*, 2003).

Segundo Bortolini (2004), no crescimento reprodutivo do trigo verifica-se a presença de fontes de carbono que permitem aos drenos ativos retirar os assimilados, mesmo com a ocorrência do estresse da desfolhação. Da mesma forma que a fotossíntese da folha bandeira contribui com quantidades significativas de carbono na produção de grãos, assim também as reservas desse elemento no caule contribuem para o enchimento de grãos de trigo.

Experiências com diferentes níveis de lotação representadas nas práticas de gestão de pastagens fornecem importantes informações para questões como a análise econômica, os efeitos dos tratamentos sobre o animal e sobre a pastagem; entretanto, os resultados e as informações podem ser diferentes em cada ano e local. Com isto, é possível pressupor que, com relação às variações na produção forrageira e, conseqüentemente, em massa da forragem, a mesma taxa de lotação, aplicada em diferentes anos, poderá resultar em diferente desempenho animal, massa de forragem no final de pastejo e em produção de grãos (Arzadun *et al.*, 2003).

Estudos de Del Duca *et al.* (2004), nos quais foi avaliado o número de cortes, o tratamento de um corte acarretou uma redução de aproximadamente 18%, que correspondeu a 625 kg.ha^{-1} , comparativamente ao rendimento de grãos, no tratamento sem corte.

4.1.4 Rendimento de grãos

Observou-se que, com o aumento no período de pastejo, houve redução significativa ($p < 0,05$) no rendimento de grãos de trigo (Figura 6).

Observou-se uma redução de rendimento, no tratamento pastejado por 105 dias, de 2.216 kg/ha de grãos de trigo, quando comparado com o tratamento sem pastejo, ou seja, aproximadamente 4,48 vezes a menos. Dados semelhantes foram obtidos por Bartmeyer (2006), que obteve uma redução de 2.411 kg.ha^{-1} no rendimento de grãos de trigo duplo propósito cultivar BRS 176, com um pastejo total de 45 dias. Arzadum *et al.*, (2003), em experimento realizado na Argentina, com pastejo contínuo em trigo de duplo propósito, sob diferentes pressões de pastejo, observou redução na produção de grãos de trigo em 396 kg.ha^{-1} . Também Del Duca *et al.* (2000) observaram como resultados, em ensaio com trigo submetido a 1 e 2 cortes, a produção de 3.483 kg.ha^{-1} de grãos com um corte e de 2.104 kg.ha^{-1} com dois cortes. Concluíram acerca do efeito positivo sobre a produção de forragem em decorrência do aumento do tempo de pastejo ou do número de cortes, tanto quanto do efeito negativo sobre a produção de grãos.

Esta resposta da produtividade ao pastejo, deve-se à intensidade, ao número de cortes e à duração do pastejo, como fatores determinantes no aumento ou redução de grãos (Redmon *et al.*, 1995). A excessiva desfolhação provocada pelo pastejo prolongado interfere na recuperação das plantas, após a saída dos animais, tornando-a mais lenta, ao depender do desenvolvimento de novos perfilhos, a partir dos meristemas basais (Briski e Richards, 1995).

Em comparação com os dados de Bartmeyer (2006), neste experimento ficou confirmado que após 21 dias de pastejo houve uma redução significativa na produtividade de grãos de trigo.

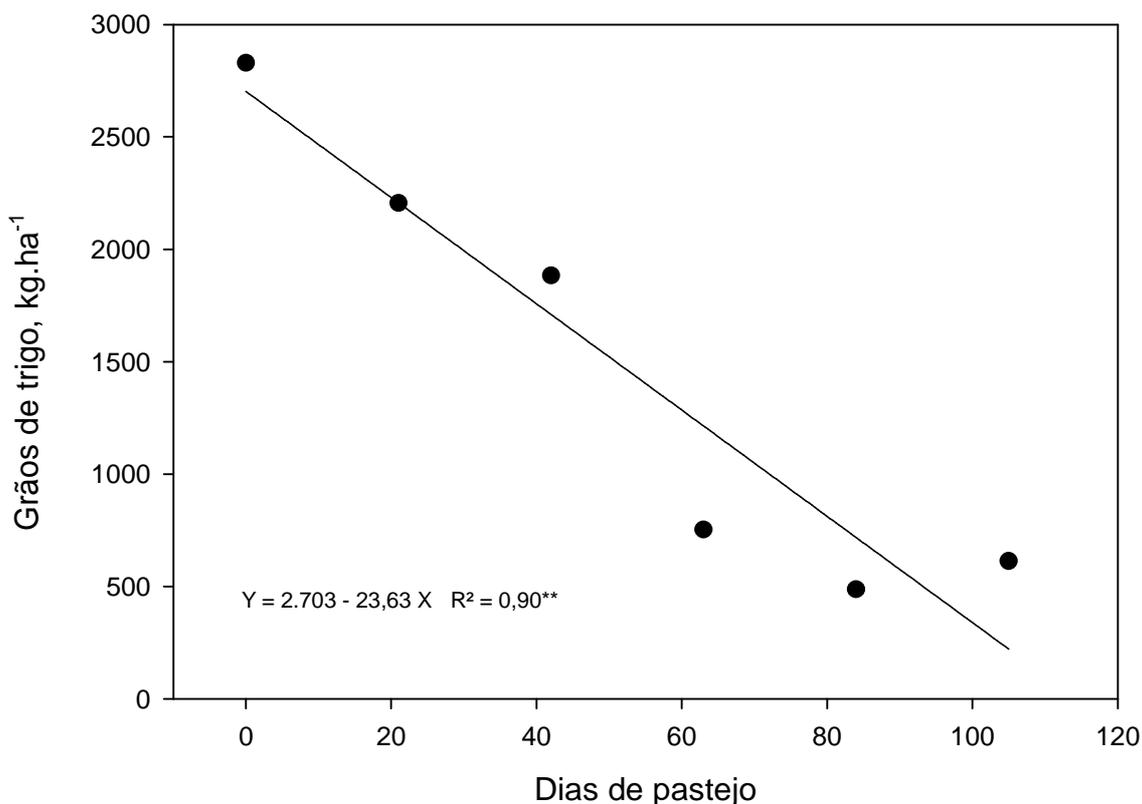


Figura 6 - Rendimento de grãos de trigo aos 185 DAE na cultura de trigo de duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.

Lembrando que a semeadura com cereais de duplo propósito é bastante difundida em países como Austrália, Uruguai e Estados Unidos, torna-se necessário ampliar o conhecimento sobre o sistema de integração lavoura pecuária, nas culturas de inverno a serem utilizadas no manejo de duplo propósito (forragem e grãos) embora Del Duca e Fontaneli (1996) tenham observado que o sistema de desfolha provoca estresse na planta, pela remoção de área foliar e, num segundo momento, a desfolha afetará em maior ou menor grau o rendimento de forragem e de grãos.

No Paquistão, o estudo do corte de trigo, visando à redução de ervas daninhas na plantação, revelou que, nas parcelas onde não ocorreu o corte, a produção de grãos por espigas foi mais significativo; este resultado pode ser conseqüência do crescimento em longo período, que permitiu a maior produção de grãos por espiga, em comparação com o crescimento em curto prazo, previsto para as parcelas após o corte. A produção de grãos foi de 3.133 kg.ha⁻¹ em parcelas sem corte, comparativamente a 1.858 kg ha⁻¹, em parcelas com corte (Arif *et al.*, 2006).

4.1.5 Massa de mil grãos

Observou-se que a massa de mil grãos (Figura 7), foi influenciada significativamente pelas épocas de pastejo ($p < 0,05$), apresentando uma mínima eficiência técnica de 64,7 dias de pastejo, com uma massa de mil grãos de 22,78 g.

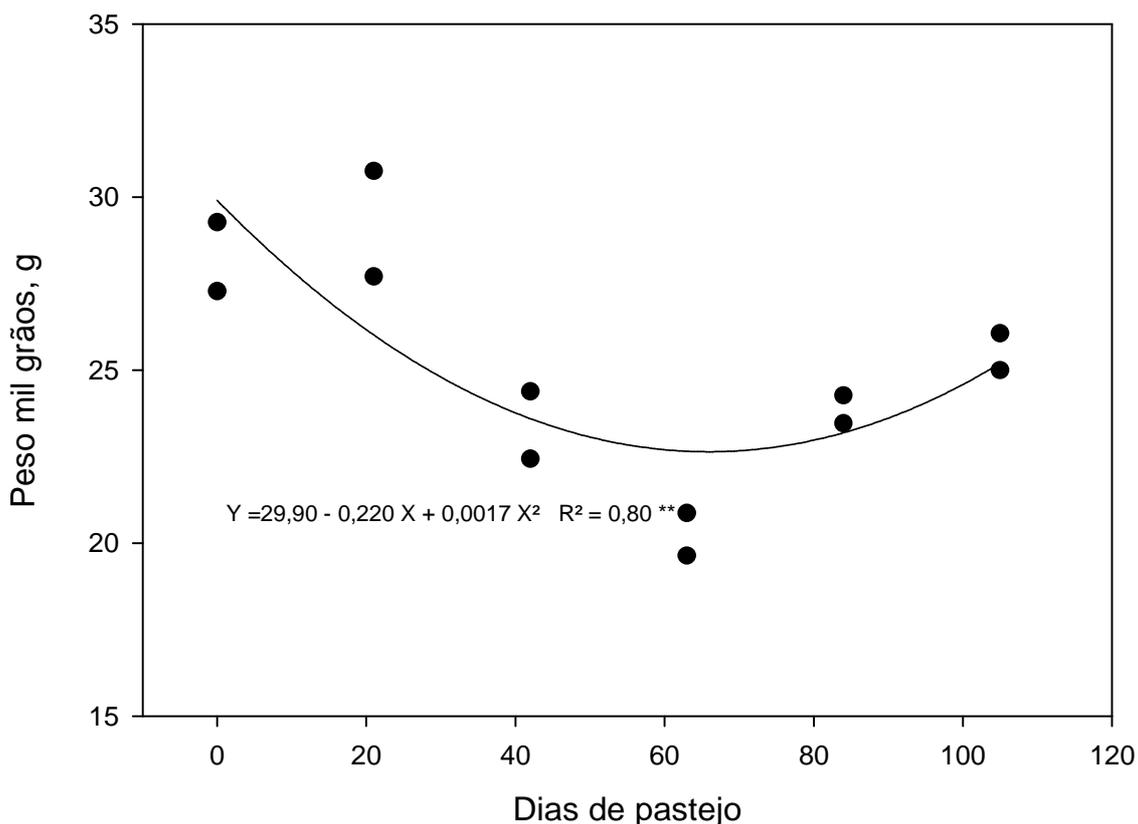


Figura 7 - Massa de mil grãos (B) aos 185 DAE na cultura de trigo de duplo propósito cv. BRS Tarumã, submetido a diferentes durações de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR, 2008.

Bartmeyer (2006) e Bortolini (2004) observaram que a desfolhação do trigo, após o período de alongamento do colmo, diminui a massa seca total nos tratamentos com maior período de pastejo ocorrendo redução de $1339,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, com 30 dias de pastejo para $1296,7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ aos 45 dias de pastejo. Demonstrando não haver recuperação da massa foliar e formação de menor área foliar fotossinteticamente ativa, causando queda na massa de mil grãos.

Genótipos modernos se diferenciam dos antigos, pelo aumento do rendimento, obtido através do aumento do índice de colheita, e/ou do rendimento biológico (quantidade de massa seca da parte aérea de planta) dos cultivares

(Rodrigues, 2000). O índice de colheita, relacionando-se o peso de grãos e a massa seca da parte aérea do trigo, onde se analisou esse efeito sobre o rendimento final, foi estudado por diferentes autores (Nedel, 1994; Slafer & Andrade, 1991). Os cultivares de trigo antigos, que apresentavam porte mais alto, com maior suscetibilidade ao acamamento em geral, resultavam em menor número de grãos por espiga. Porém, os cultivares modernos, que apresentam porte mais baixo, produzem maior número de grãos por espiga (Nedel, 1994; Rodrigues, 2000). Da mesma maneira, Franco & Carvalho (1987) e Rodrigues (2000) observaram que o aumento do potencial de produtividade obtido pelo melhoramento genético estava associado à expressiva participação do número de grãos por espiga.

Neste caso observou-se que a maior produção de grãos obtida foi nos tratamentos sem pastejo, 2.829 kg.ha^{-1} , que não apresentou diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos com até os 21 dias de pastejo; a maior produção animal obtida foi $553 \text{ kg PV.ha}^{-1}$, aos 84 dias de pastejo.

A análise estatística dos dados, feita por Arif *et al.* (2006) mostrou que a produção de grãos foi de 3.133 kg.ha^{-1} , nas parcelas nas quais não ocorreu o corte do trigo, em comparação com as parcelas nas quais o corte foi realizado, com cerca de 1.858 kg.ha^{-1} . Confirmam que maior produtividade de grãos ocorreu nas parcelas sem o corte, devido ao maior número de espigas m^2 , mais grãos por espiga e maior peso de grãos, de 31g com corte e de 35g sem corte, cujo coeficiente de variação é de 3,80.

4.2 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA MATÉRIA SECA DOS RESÍDUOS E LIBERAÇÃO DOS NUTRIENTES

Constatou-se interação significativa entre o material (matéria seca do trigo e esterco dos animais) e o tempo de decomposição (0, 15, 30, 45, 75, 120 e 204 dias), para a taxa de decomposição da matéria seca (MS) e liberação de nutrientes avaliados. O modelo avaliado que mais se ajustou para apresentação da decomposição dos resíduos e liberação dos nutrientes, tanto do trigo, como do esterco bovino, foi o modelo exponencial duplo.

Observa-se que o processo de decomposição dos resíduos e liberação dos nutrientes apresentou-se, em geral, com uma fase inicial rápida, seguida de outra mais lenta, sendo que o dejetos animal apresentou uma liberação mais lenta

dos nutrientes em relação ao trigo, ao longo dos períodos de avaliação. Para Heal *et al.*, (1997), a maior taxa de decomposição inicial é resultado da decomposição de compostos mais facilmente decomponíveis, sendo que os valores das taxas de decomposição tendem a se estabilizar ou diminuir lentamente após a decomposição desses compostos.

Gama-Rodrigues *et al.* (2007), avaliando a taxa de decomposição e liberação média dos nutrientes de *Brachiaria* spp. encontrou a seguinte seqüência em ordem decrescente: polifenóis > K > N > Mg > P > Ca. As liberações de C, N, P, Ca e Mg foram associadas positivamente à taxa de decomposição da matéria seca. O C também se correlacionou positivamente com N, P, Ca e Mg. Isso indica que a liberação destes nutrientes acompanha a perda de massa seca e, ou, a mineralização de C. A liberação do K, por outro lado, é rápida, uma vez que estes elementos se encontram na forma solúvel em água. Para Costa *et al.* (2005), a rápida liberação de K indica que a lixiviação seria um dos principais mecanismos de transferência de K para o solo, uma vez que ele não é componente estrutural de qualquer composto das plantas e a mineralização não é um pré-requisito para sua liberação.

Observa-se na Tabela 2 para o esterco, que o compartimento mais facilmente decomponível representou apenas 24,8% da MS cuja constante de decomposição (k_a) foi de 0,0382475/dia o que equivaleu a uma meia-vida de 18 dias. Já para o compartimento mais recalcitrante que, no caso do esterco foi responsável por 75,2% da matéria seca, a constante de decomposição (k_b) foi de 0,000406292/dia, o que resulta em uma meia-vida de 1.706 dias.

Tabela. 2. Parâmetros do modelo exponencial duplo ajustados aos valores medidos da matéria seca remanescente de trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos e 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.

Tratamento		A	k_a	k_b	$t^{1/2}$		R^2
					A	(100 - A)	
Nutrientes	Material	%	-----dia ⁻¹ -----		-----dias-----		
MS	Esterco	24,8	0,0382475	0,000406292	18	1706	0,92
	Trigo	68,2	0,0575151	0,00302661	12	229	0,97

Já para os resíduos das plantas de trigo, o compartimento mais rapidamente decomponível foi três vezes maior que o mesmo compartimento para o

caso do esterco, ou seja, 68,2%, apresentando ainda uma taxa de decomposição mais acelerada, o que resultou em uma meia vida de 12 dias. Ainda, a meia vida do compartimento mais recalcitante foi bem menor (229 dias) do que o tempo necessário para decompor o mesmo compartimento do esterco (1.706 dias).

Ao analisar estes valores, verifica-se que o resíduo vegetal do trigo apresenta maiores taxas de decomposição frente ao resíduo animal, possivelmente explicado em função da menor taxa de mineralização das fezes, em relação aos resíduos vegetais, uma vez que a maior proporção do C das fezes consiste de material fibroso indigestível como celulose, hemicelulose e lignina (Haynes e Willians, 1993). A menor taxa de decomposição do material fecal resulta em menor liberação de nutrientes presentes na forma orgânica.

Tal fato pode ser confirmado na Figura 8, em que se observa que aos 204 dias após a deposição a campo dos sacos de decomposição, aproximadamente, apenas 25% da MS do esterco havia sido decomposto, enquanto que mais de 80% da MS do trigo já havia sido decomposta.

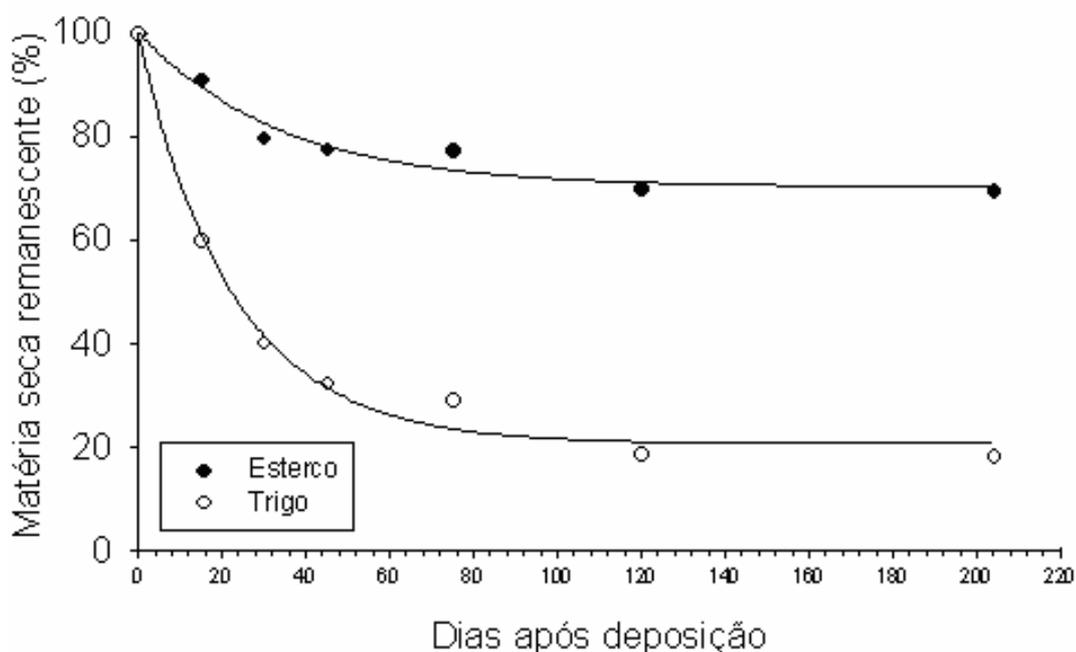


Figura 8. Matéria seca remanescente de resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino em função dos dias após a deposição dos resíduos no solo, Pato Branco-PR, 2009.

Resultados semelhantes foram obtidos por Hoffmann *et al.* (2001), verificando-se que o esterco bovino se decompõe completamente em 913 dias.

Também Adami (2009) obteve resultados semelhantes em estudos em que analisou a taxa de decomposição do esterco de caprinos, versus a taxa de decomposição da biomassa de *Brachiaria plantaginea*. Neste trabalho o autor encontrou valores da constante de decomposição (Ka) para o compartimento mais decomponível de 0,03109 e 0,00528, respectivamente para a matéria seca da *Brachiaria plantaginea* em relação ao esterco de caprinos, resultando conseqüentemente em maiores taxas de decomposição para os resíduos vegetais em relação ao resíduo animal.

Tais afirmativas e a representação da decomposição da matéria seca do esterco e do trigo duplo propósito conforme Figura 8 vão ao encontro do que é comumente observado no campo. Dependendo do tipo do material em decomposição, normalmente, quase que a totalidade da palhada de gramíneas de inverno, depositada sobre o solo, desaparece em cinco a seis meses, enquanto que é comum observar a presença de placas de esterco por mais de um ano sobre o solo.

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.

Valores bastante variáveis para a constante de decomposição são encontrados para diferentes espécies. Thomas e Asakawa (1993) encontraram em *Brachiaria decumbens* valores de 0,0031 e meia vida de 223 dias, estimado por um modelo simples de decomposição, enquanto que Schunke (1998) encontrou valores de 0,0174 em aruana (*Panicum maximum* Jacq) e 0,0092 em tanzânia (*Panicum maximum*) com meia vida de 75 dias. Entretanto, estes valores são muito variáveis e difíceis de ser comparados, uma vez que os valores são oriundos de diversos experimentos, que ocorreram em diferentes épocas do ano da avaliação, a diferentes períodos de incubação e diferentes metodologias utilizadas.

Ao considerarmos os valores iniciais médios de três repetições das análises de tecido da matéria seca da biomassa do trigo e do esterco (Tabela 3), é possível determinar a quantidade de nutrientes presentes no dia 0 ou no dia de alocação dos sacos de decomposição a campo, o qual representa em termos práticos, o dia da dessecação, por exemplo, e a posterior taxa de liberação de nutrientes para a cultura subsequente.

Tabela 3. Teores iniciais de N, P, K, Ca e Mg em g/kg de matéria seca na palhada de trigo duplo propósito e em esterco bovino. UTFPR, Campus Pato Branco, 2009.

Resíduo	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				
Trigo	32,5	4,0	35,8	4,0	2,8
Esterco	35,5	3,5	22,2	3,5	2,2

Num resíduo médio de biomassa do trigo de 3.000 kg de MS.ha⁻¹ com teores iniciais de nutrientes, cuja composição foi de 32,5; 4,0; 35,8; 4,0 e 2,8 g de N, P, K, Ca e Mg para cada kg de MS ter-se-ia uma quantidade de 97,5 kg de N, 12 kg de P, 105,6 kg de K, 12 kg de Ca e 8,4 kg de Mg armazenados na matéria seca do trigo.

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.

4.2.1 Liberação de nitrogênio (N)

O modelo que mais se ajustou para a descrição da liberação de N do esterco bovino foi o modelo assintótico simples (Tabela 4 e Figura 9). Sendo que 51,8% do N no esterco bovino faziam parte do compartimento mais facilmente decomponível com uma constante de decomposição de 0,00789156, equivalente a uma meia-vida de 88 dias.

Tabela. 4. Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do nitrogênio da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como 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.

Tratamentos		A	k_a	k_b	$t^{1/2}$		R^2
					A	(100 - A)	
Nutriente	Material	%	-----dia ⁻¹ -----		-----dias-----		
N	Esterco	51,8	0,00789156	-	88	-	0,94
	Trigo	47,0	0,02471660	0,000847257	28	818	0,94

No caso do trigo duplo propósito, o modelo que apresentou a mais alta correlação foi o modelo exponencial duplo, com 47% do N presente no compartimento mais prontamente disponível, com uma meia-vida de 28 dias. Os restantes 53% de N encontram-se no compartimento de mais difícil decomposição e apresentam uma meia-vida de 818 dias.

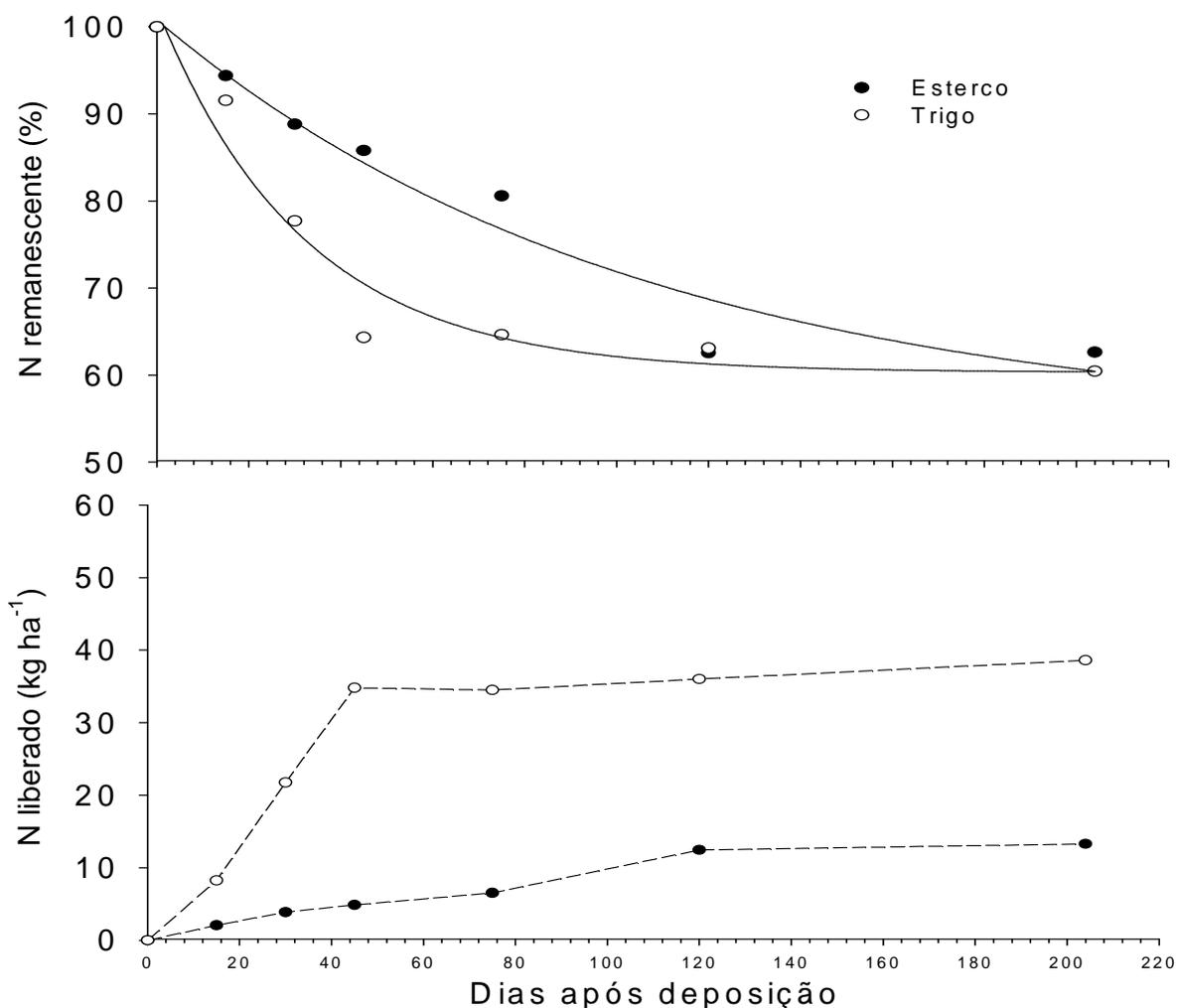


Figura 9. Nitrogênio remanescente e liberação acumulada de nitrogênio em função dos dias após a decomposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.

Para o caso da liberação de N, observa-se na Figura 8 que passados 15 dias após a deposição dos resíduos a campo, que 91,25% do N encontrava-se remanescente nos resíduos desta gramínea. No caso do esterco, o material remanescente no mesmo período foi de 93,75%. Aita e Giacomini (2003), avaliando a decomposição de resíduos de aveia, constataram, aos 15 dias após a deposição de resíduos a campo que, aproximadamente 80% do N encontrava-se remanescente nos resíduos desta gramínea.

No sistema de integração lavoura-pecuária proposto, restaria aproximadamente 3.000 kg de MS.ha⁻¹ de matéria seca da palhada de trigo duplo propósito para a semeadura do milho em sistema de semeadura direta e o material depositado apresentava em sua composição 32,5 g de N em cada kg de MS (Tabela 3). Assim, estima-se que, potencialmente, havia 97,5 kg.ha⁻¹ de N a serem liberados para a cultura seguinte e que menos de 10% deste total tinha sido liberado nos primeiros 15 dias, ou seja, algo em torno de 8 kg de N.ha⁻¹.

Observa-se que a taxa de liberação de N do trigo aumentou até os 45 dias, período em que 36% do N presente na matéria seca já havia sido liberado, ou ainda, 34,8 kg de N.ha⁻¹ dos 97 kg de N.ha⁻¹ da palhada de trigo haviam sido liberados para a cultura subsequente. Posteriormente a este período, a taxa de decomposição decaiu significativamente, o que pode ser explicado pela grande diferença nas constantes de decomposição do compartimento mais facilmente decomponível e do compartimento mais recalcitrante.

Essa taxa de liberação de N é coincidente com o trabalho realizado por Torres *et al.* (2005), constatando que, para sete culturas de cobertura estudadas, a maior taxa de decomposição e de liberação de N, ocorreu nos primeiros 42 dias. Em relação ao esterco, observa-se que a taxa de liberação de nutrientes foi mais homogênea ao longo do tempo, aumentando até os 120 dias, período em que a liberação estabilizou. Aos 45 dias, aproximadamente 5 kg de N.ha⁻¹ de N contido nos resíduos de esterco bovino, haviam sido liberados dos 33 kg de N.ha⁻¹ potenciais a serem liberados.

É importante ressaltar que aos 45 dias após a deposição do material sobre o solo, a cultura cultivada na seqüência, neste caso o milho, encontra-se em um dos seus períodos de maior taxa de absorção de N (Arnon, 1974).

Dos 45 dias aos 120 dias, outros 7,59 kg de N.ha⁻¹ foram liberados do esterco dos bovinos, sendo que estes contribuíram de forma mais efetiva para a

cultura subsequente neste período, uma vez que a quantia liberada de N neste período pelo trigo foi praticamente insignificante, considerando que a maior parte do N deste resíduo já havia sido liberada.

Observa-se que as taxas de decomposição da palhada de trigo duplo propósito e do esterco, bem como as taxas de liberação de nitrogênio, diferem entre os materiais, apresentando-se de forma mais constante quando da presença da integração lavoura-pecuária. Com isso, pode-se dizer que a combinação entre processos de decomposição relativamente rápidos (urina e compartimento mais prontamente decomponível da palhada de trigo) com um processo de decomposição mais lento (esterco bovino) faz com que o sistema integração lavoura-pecuária apresente-se como um sistema mais equilibrado de fornecimento de N, o que pode permitir uma melhor utilização do mesmo quando comparado à aplicação exclusiva de adubações nitrogenadas minerais.

4.2.2 Liberação de fósforo (P)

De forma semelhante à liberação do nitrogênio, o modelo que mais se ajustou na liberação do fósforo do esterco foi o modelo assintótico simples com 100% do P do esterco presente no compartimento mais facilmente decomponível que apresentou uma constante de decomposição de 0,00258692 equivalentes a uma meia-vida de 268 dias. No caso do trigo, o modelo que mais se ajustou foi o modelo exponencial duplo, sendo que a meia vida do compartimento mais facilmente decomponível e do compartimento mais recalcitrante foi de 11 e 240 dias respectivamente (Tabela 5).

Tabela. 5. Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do fósforo da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como 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.

Tratamentos		A	k_a	k_b	$t^{1/2}$		R^2
					A	(100 - A)	
Nutriente	Material	%	-----dia ⁻¹ -----		-----dias-----		
P	Esterco	100	0,00258692	-	268	-	0,86
	Trigo	39,1	0,0655078	0,00288943	11	240	0,95

A taxa de liberação do P da matéria seca do esterco foi mais uniforme ao longo do tempo, enquanto que no caso dos resíduos do trigo, foi mais desuniforme. Aos 30 dias após a deposição dos resíduos de trigo no solo, a biomassa aérea ainda apresentava 65% do P remanescente nos seus tecidos. Estes valores coincidem com os valores observados por Giacomini *et al.* (2003), que encontrara 29 dias após a deposição de resíduos de aveia no solo, um remanescente de 70% de P.

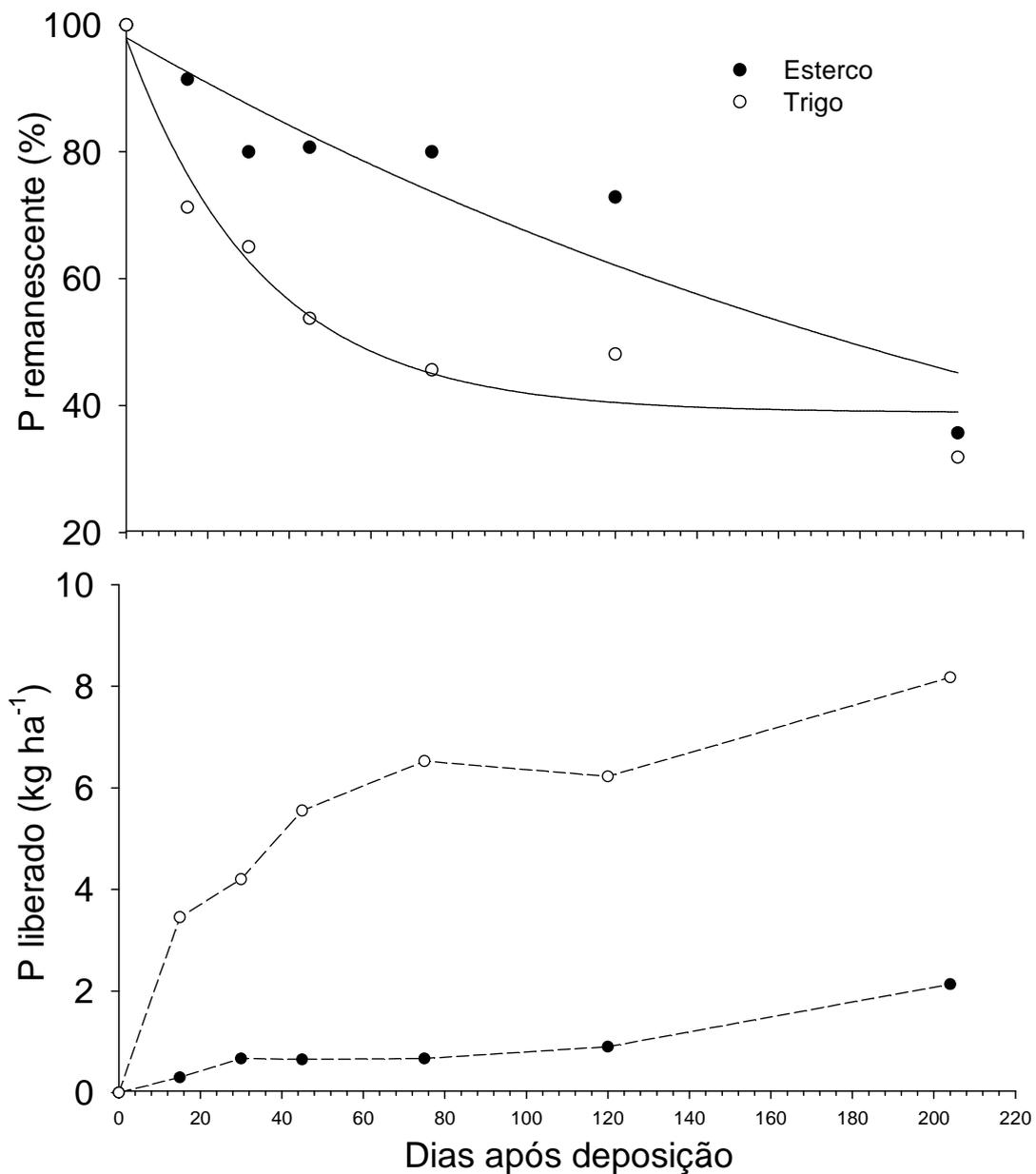


Figura 10 - Fósforo remanescente e liberação acumulada de fósforo em função dos dias após a deposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.

No caso do esterco, aos 30 dias após a deposição dos resíduos no solo, o P remanescente era de 80%, apresentando superioridade, em relação à biomassa do trigo. Ainda, se a mesma comparação entre os materiais for feita, para o período de 120 dias após a alocação a campo das amostras, observa-se na figura 9 que o P remanescente na biomassa do trigo e no esterco respectivamente eram de 48% e 72%, demonstrando a menor taxa de liberação do P por parte do esterco animal. Considerando-se que as quantidades de matéria seca depositadas de cada material foram diferentes, observa-se na Figura 10 que a quantidade de P liberado à medida que ocorria o processo de decomposição também foi diferente, entre os materiais.

Aos 75 dias após a decomposição do material, 6,5 kg de P.ha⁻¹ dos 12 kg de P.ha⁻¹ da palhada de trigo haviam sido liberados, sendo estas taxas de liberação de P coincidente com os resultados obtidos por Giacomini *et al.* (2003), que também encontraram uma liberação acumulada de 6,5 kg de P.ha⁻¹ pelos resíduos culturais da aveia, 75 dias após a sua deposição no solo.

Com relação ao retorno de P via esterco animal, percebe-se que apesar do P ser classificado como um macronutriente, a sua baixa concentração nas plantas de trigo (0,4%) refletem uma baixa concentração deste nutriente nas fezes (0,35%), representando, assim, um valor baixo de retorno de P à pastagem, via esterco animal. Comparativamente ao trigo, o esterco aos 75 dias, havia liberado aproximadamente 0,670 kg de P.ha⁻¹ dos 3,3 kg de P.ha⁻¹ potenciais a serem liberados. Contudo, este constitui uma fonte bastante importante de P para as culturas a médio e longo prazo, além de reduzir a possibilidade de perdas deste nutriente do sistema, desde que bem manejado.

Sendo assim, pode-se afirmar que, embora a quantidade total potencial de P a ser liberada, tanto pelo esterco, como pelos resíduos da biomassa de trigo (total de 15,3 kg de P.ha⁻¹) não é de pequena magnitude. Essa quantidade é bastante importante, se considerada a contribuição que pode representar na redução de perdas e até mesmo, na ciclagem de nutrientes no sistema. Considerando que os mesmos se encontram ligados a compostos orgânicos, evitando que o nutriente ligue-se aos óxidos-hidróxidos de Fe e Al, impedindo, assim, a fixação de P, fazendo com que a taxa de utilização do elemento nesta forma seja muito eficiente, quando comparada à aplicação de adubos minerais, amplia-se sua importância.

4.2.3 Liberação de potássio (K)

Ambas as formas de retorno do K ao solo apresentaram um modelo exponencial duplo de liberação do nutriente, em que a maior parte do K encontra-se no compartimento mais prontamente decomponível.

Para o caso da biomassa do trigo duplo propósito, 71,0% do K dos resíduos encontrava-se no compartimento mais prontamente disponível e apresentavam uma meia-vida de 4 dias, sendo que o restante (29,0%), presente no compartimento de mais difícil decomposição, apresentou uma meia-vida de 74 dias.

No esterco bovino, 69,9% do K dos resíduos do trigo duplo propósito encontrava-se no compartimento mais prontamente disponível com uma meia vida de 6 dias e os restantes 30,1%, presentes no compartimento de mais difícil decomposição, apresentaram uma meia-vida de 1.674 dias.

Diante dos valores obtidos da liberação do K, observados na Tabela 3, percebe-se que este é um dos nutrientes mais prontamente liberados, tanto pelos resíduos do trigo duplo propósito como pelos resíduos de esterco bovino.

Tabela. 6. Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do potássio da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como 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.

Tratamentos		A	k_a	k_b	$t^{1/2}$		R^2
					A	(100 - A)	
Nutriente	Material	%	-----dia ⁻¹ -----		-----dias-----		
K	Esterco	69,9	0,109067	0,000414101	6	1674	0,99
	Trigo	71,0	0,180891	0,00937524	4	74	0,99

Haynes e Willians (1993) afirmam que a liberação de K contido nas fezes dos animais é rápida, porque este elemento se encontra em forma solúvel em água. Weeda (1977) observou que no solo, abaixo dos pontos de deposição de esterco, o pico de K trocável atingiu seu máximo um mês após a aplicação.

Considerando-se as concentrações iniciais de K na biomassa do trigo e no esterco de 35,8 e 22,2 g por kg de matéria seca (MS) e um retorno de 3000 e 945 kg de MS respectivamente, pode-se obter um retorno de K na ordem de 127 kg, o que representa um valor bastante significativo.

Aos 15 dias após a deposição dos resíduos no solo, a matéria seca apresentava apenas 29,5% e 43,4% do K remanescente na sua composição, respectivamente para a biomassa do trigo e do esterco, tendo, portanto, liberado 70,5% e 56,6% do total do K dos seus tecidos em apenas 15 dias. Em termos de liberação do K em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, esses valores representam 74 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, oriundos do trigo e praticamente 12 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ oriundos do esterco, totalizando 86 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ liberados em apenas 15 dias.

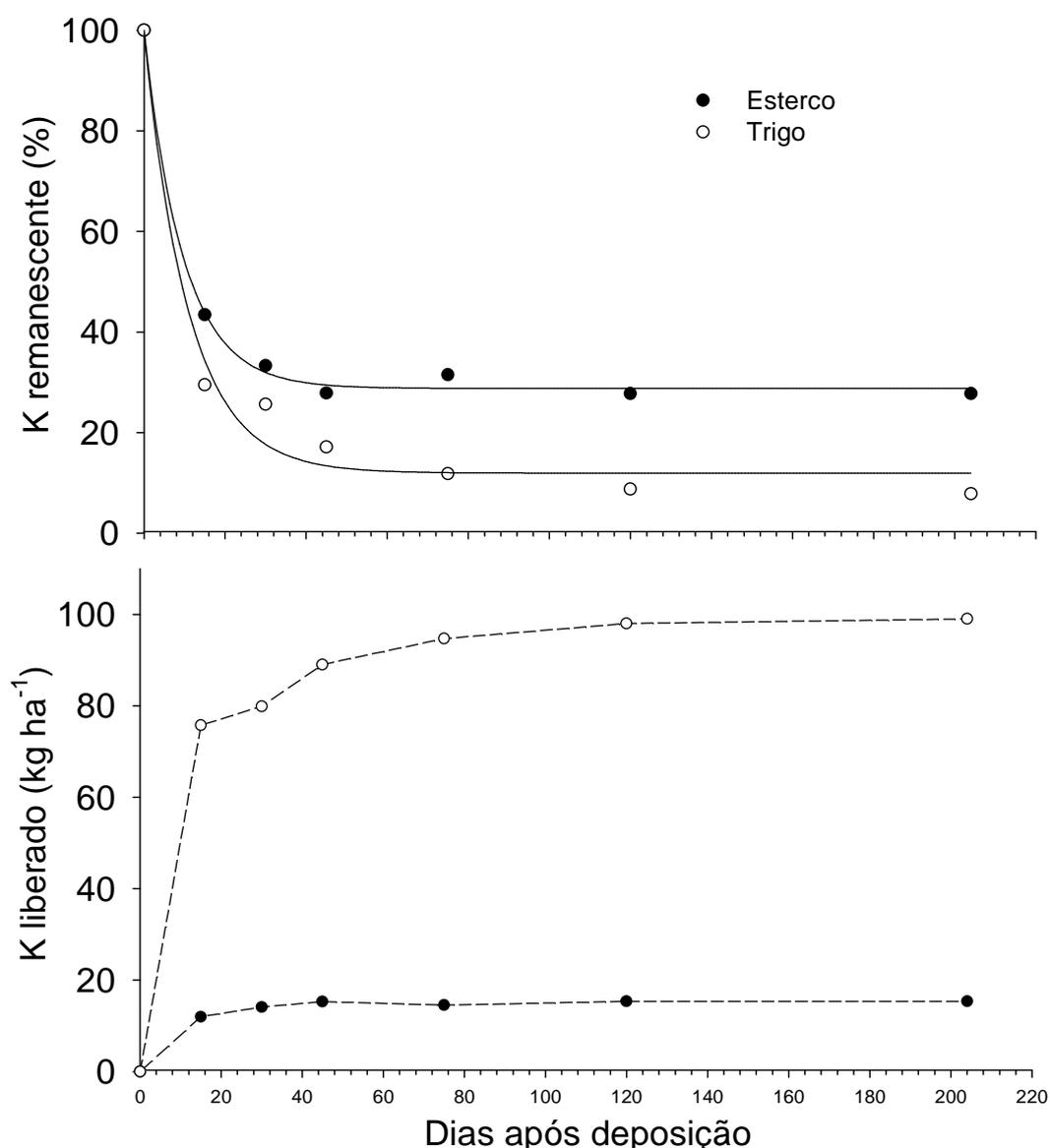


Figura 11 - Potássio remanescente e liberação acumulada de potássio em função dos dias após a deposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.

Da Ros (1993) e Schomberg e Steiner (1999) também observaram rápida liberação de potássio de material vegetal e Giacomini *et al.* (2003)

constatarem que aos 15 dias após a decomposição de resíduos de aveia no solo, a palhada apresentava 45% de K remanescente.

Observa-se, ainda, que aos 75 dias após a deposição dos materiais no solo, os resíduos de trigo duplo propósito e do esterco já haviam liberado 88% e 70% , de todo o K presente na sua matéria seca, dados que equivalem a 93 e a 15 kg de $K \cdot ha^{-1}$, respectivamente (Figura 11).

No caso deste trabalho, o retorno do K via ciclagem de nutrientes, considerando-se apenas a decomposição da palhada do trigo e liberação de K, já supriria as necessidades nutricionais das plantas de milho por este nutriente (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004). Cabe ressaltar que as adubações potássicas, normalmente, são realizadas via aplicação de adubos formulados (NPK) e variam a uma taxa de 60 a 90 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$, para a cultura de milho e soja, valor este inferior ao reciclado via produção de biomassa do trigo, uma vez que o retorno de 105 kg de $K \cdot ha^{-1}$ equivaleriam a 131 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$, valor acima do recomendado para a cultura do trigo.

Sendo assim, é possível que as adubações potássicas atualmente praticadas, venham sendo feitas em excesso, uma vez que se desconsidera a quantidade de retorno de nutrientes via resíduos de palhada e/ou resíduos animais. É importante salientar que no sistema de plantio direto, embora parte do K seja exportado da propriedade via grãos, grande parte retorna ao solo via resíduo da cultura de milho.

4.2.4 Liberação de cálcio (Ca)

O modelo de ajuste de retorno ou liberação do Ca foi o mesmo para ambos os resíduos, que apresentaram 36,9% do Ca presentes no compartimento mais facilmente decomponível e 63.1% no compartimento mais recalcitrante com meia vida de 11 e 220 dias, respectivamente, para cada compartimento (Tabela 7).

Tabela. 7. Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do cálcio da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como 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.

Tratamentos		A	k_a	k_b	$t^{1/2}$		R^2
Nutriente	Material	%	-----dia ⁻¹ -----		A	(100 - A)	
					-----dias-----		
Ca	Ambos	36,9	0,061789	0,003146	11	220	0,89

Percebe-se, que a liberação do Ca da biomassa do trigo e das fezes se dá de forma mais lenta, quando comparada à taxa de liberação dos outros nutrientes.

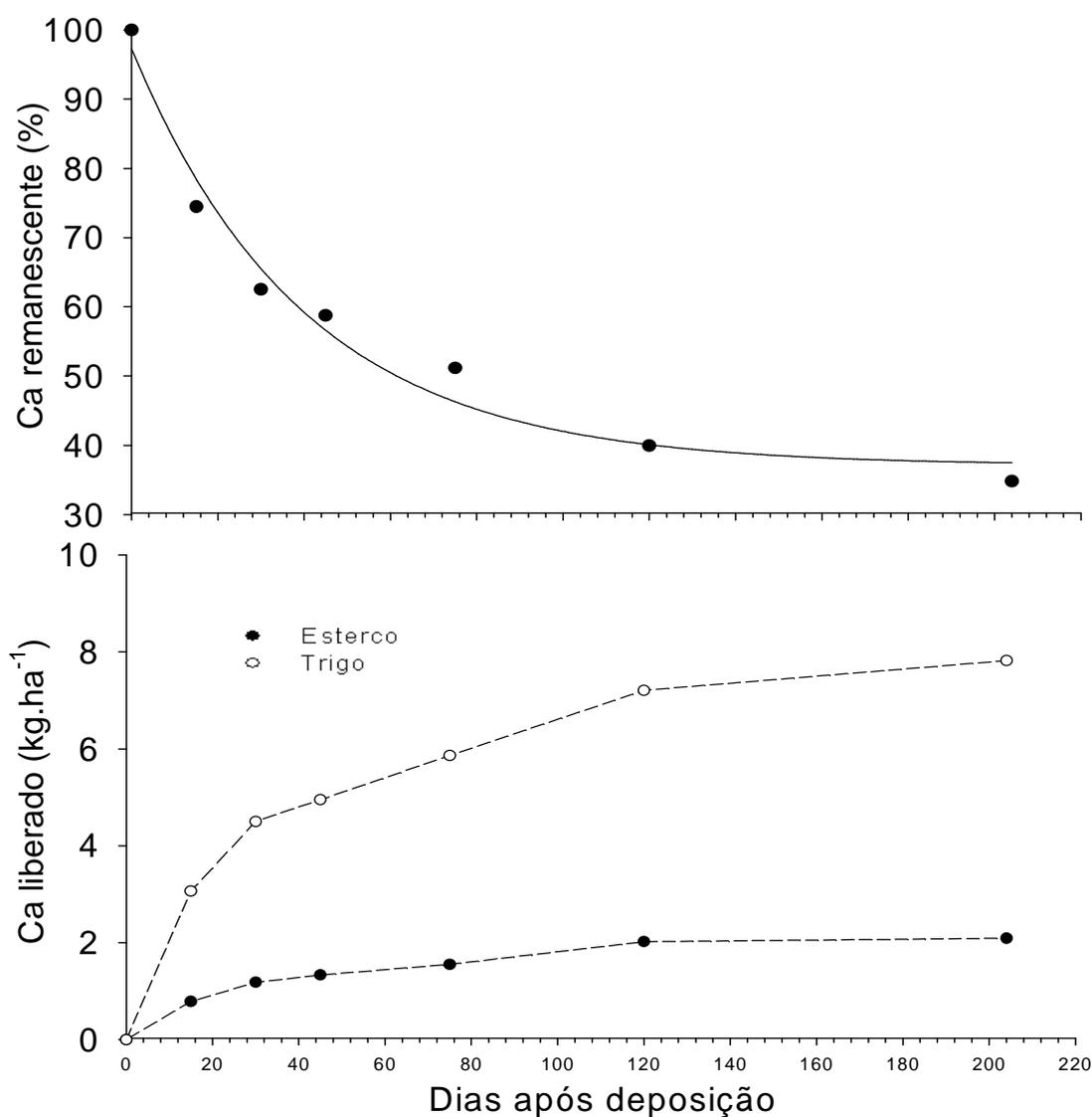


Figura 12 - Cálcio remanescente e liberação acumulada de cálcio em função dos dias após a deposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.

Observou-se que aos 30 dias após a deposição dos materiais no solo, os resíduos de trigo duplo propósito e do esterco haviam liberado apenas 40 e 35% de todo o Ca presente na sua matéria seca, dados que são equivalentes a 4,8 e a 1.15 kg de Ca.ha⁻¹, respectivamente (Figura 12).

Após 120 dias de incubação dos materiais a campo, os resíduos de trigo duplo propósito e do esterco ainda retinham 40 e 39%, respectivamente, do total inicial do Ca presente em sua matéria seca, tendo liberado apenas 7,2 e 2,02 kg de Ca.ha⁻¹, respectivamente. Ao final do período de avaliação, ou seja, aos 204 dias após a alocação a campo dos sacos de decomposição, a porcentagem de Ca liberado do trigo e do esterco foi de 67 e 63%, respectivamente.

4.2.5 Liberação do magnésio (Mg)

Para a liberação do Mg, ambos os resíduos apresentaram um modelo exponencial duplo de liberação do nutriente, com 77 e 96% do Mg presente no compartimento mais facilmente decomponível, com uma meia vida de 45 e 28 dias, respectivamente, para o esterco e para o trigo. O Mg presente no compartimento mais recalcitrante, como em geral para os demais nutrientes, apresentou constantes de decomposição inferiores ao compartimento mais facilmente decomponível o que refletiu em uma meia vida de 198 e 84 dias, respectivamente, para a matéria seca do esterco e do trigo (Tabela 8).

Tabela. 8 Parâmetros do modelo exponencial simples e duplo ajustados aos valores medidos da taxa de liberação do magnésio da biomassa do trigo duplo-propósito e do esterco de bovinos bem como 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.

Tratamentos		A	k_a	k_b	$t^{1/2}$		R^2
					A	(100 - A)	
Nutriente	Material	%	-----dia ⁻¹ -----		-----dias-----		
Mg	Esterco	77,1	0,0154332	0,0035021	45	198	0,93
	Trigo	96,5	0,024551	0,00825163	28	84	0,94

Observou-se que aos 30 dias após a deposição dos materiais no solo, os resíduos de trigo duplo propósito e do esterco haviam liberado 50 e 24% de todo o Mg presente na sua matéria seca, dados que são equivalentes a 4,2 e a 0,500 kg de Mg.ha⁻¹, respectivamente (Figura 13).

Aos 120 dias após a deposição dos materiais no solo, a matéria seca dos resíduos de trigo duplo propósito e do esterco haviam liberado 86,6 e 79% do total do Mg presente em sua constituição. Esses índices de liberação se estabilizaram após esse período de avaliação, apresentando valores praticamente iguais 84 posteriores ou ainda, no último período de avaliações, que foi aos 204 dias, após a alocação a campo dos sacos de decomposição.

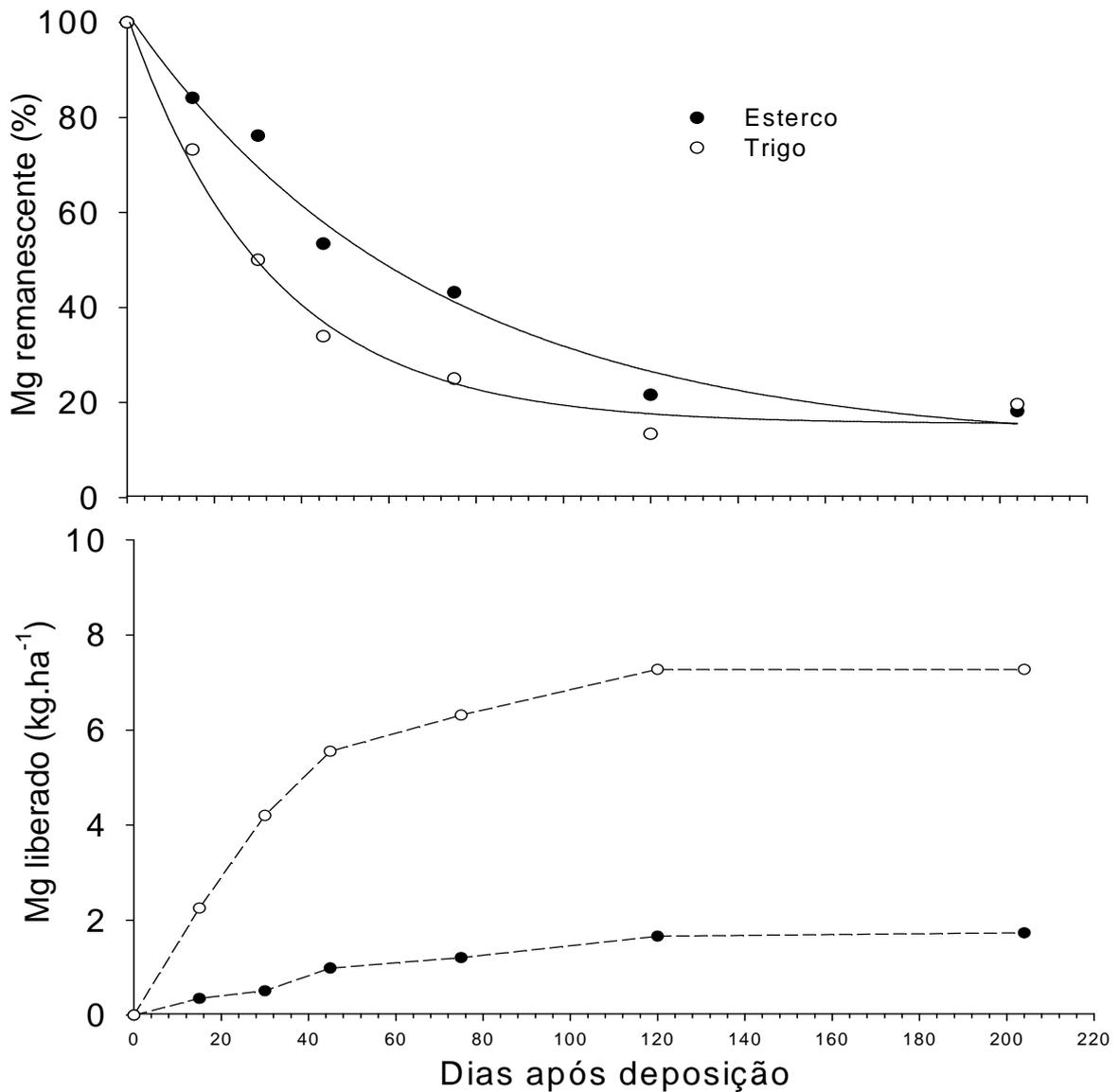


Figura 13 - Magnésio remanescente e liberação acumulada de magnésio em função dos dias após a deposição dos resíduos de trigo duplo propósito e de esterco bovino, Pato Branco-PR, 2009.

5 CONCLUSÕES

O experimento demonstra uma redução de todas as variáveis dos componentes de rendimento do trigo de forma significativa, refletindo negativamente na sua produtividade, como: número de espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga, rendimento do grão e a massa de mil de grãos, conforme se aumenta o número de dias de pastejo. Considerando-se apenas a produção de grãos não é indicado o pastejo prolongado em trigo duplo propósito.

A redução na produtividade do trigo foi observada já no primeiro período de pastejo, cujos índices vão aumentando de forma significativa, conforme o acréscimo dos dias de pastejo. O aumento do período de pastejo resultou na redução da produção de grãos, tendo sido prejudicial ao sistema, diminuindo a biomassa com maior presença de solo descoberto, favorecendo o aparecimento de plantas invasoras.

Na taxa de decomposição dos resíduos e liberação dos nutrientes há manutenção de um padrão semelhante: fase inicial rápida, seguida de outra mais lenta. Confirma-se que o dejetos animal apresentou liberação mais lenta dos nutrientes, comparativamente aos resíduos de trigo, ao longo dos períodos de avaliação. Não se inclui nessa afirmação o cálcio, tendo em vista que não diferiu entre os materiais, tendo demonstrado uma amplitude de ganhos positivos no retorno de nutrientes para o sistema.

Conclui-se com este experimento que há redução na produtividade do trigo duplo propósito em função do pastejo prolongado e amplitude de ganho positiva, no retorno dos nutrientes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se que a desuniformidade do pastejo, favorecida pela seletividade animal e rejeição das áreas com esterco animal, favoreceu a formação de uma estrutura bi-modal no trigo, com perfilhos jovens e outros mais adiantados, dificultando, assim, a colheita do trigo. 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.

Na implantação do experimento, a biomassa proveniente da cultura antecessora (milho) e palhada da *Brachiaria plantaginea* presente no solo, associadas com as baixas precipitações no mês de junho, resultou em um atraso no desenvolvimento da cultura, retardando, conseqüentemente, a entrada dos animais para o pastejo. Devido ao atraso no desenvolvimento, os animais iniciaram o pastejo com o meristema apical na fase de duplo anel.

Os resultados do experimento confirmam que a semeadura de cereais de inverno evita perdas de solo e de nutrientes, proporcionando cobertura vegetal após as culturas de verão.

Assim, constata-se a necessidade de que sejam desenvolvidas mais pesquisas que definam melhor o momento de entrada dos animais para pastejo, com base no desenvolvimento fisiológico da planta, para que esta não tenha seu desenvolvimento prejudicado, caso se opte pela colheita de grãos.

Quanto à ciclagem de nutrientes, sua importância na agricultura, quando integrada à pecuária, é fundamental para a economia, resultando em menor uso de fertilizantes químicos, porém é perceptível a dificuldade de se pôr em prática esta tecnologia, pela falta de uma assistência técnica que faça essas avaliações em nível de propriedade.

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 macro e micro nutrientes, tanto vegetal como animal, podem disponibilizar para o solo. Além desse acréscimo, essa biomassa, quando bem manejada, faz o controle de ervas daninhas e auxilia na conservação do solo.

Contudo, ressalta-se a necessidade de um maior envolvimento da pesquisa, para estudo de outros nutrientes e em outras condições, para que se possa indicar a correção do solo, de acordo com suas necessidades reais.

7 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.

ALEXANDER, M. **Introduction to soil and microbiology.** New York: John Wiley Sons, p. 333-349, 1977.

ALTIER, N.; GARCIA, J. **Efectos del manejo y tipo de trigo en una pastura asociada.** Investigaciones Agronomicas, n. 7, p. 16-21, 1986.

ANDRADE, A.G.de; TAVARES, S.R.de L; COUTINHO, H.L.da C. 2003. Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. **Informe agropecuário**, v.24, n. 220, p. 55-63, 2003.

ARIF, M. et al. Prospects of wheat as a dual purpose crop and its impact on weeds. **Pakistan Journal Weed Science Research.**, v. 12, n.1-2, p.13-17, 2006. Disponível em: <<http://www.wssp.org.pk/12123.htm>>. Acesso em: 23 fev. 2009.

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize.** Bern-Worblaufen: International Potash Institute, 1974. 452 p.

ARZADUN, M.J. et al. Grazing Pressure on Beef and Grain Production of Dual-Purpose Wheat in Argentina. **Agronomy Journal**, v. 95, p.1157-1162, 2003.

ASSMANN, T.S. **Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio.** 79p. Tese (parte) (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) -Universidade Federal do Paraná, 2001.

ASSMMAN, A.L. **Adubação nitrogenada de forrageiras de estação fria em presença e ausência de trevo branco, na produção animal em área de integração lavoura-pecuária.** 2002. 122p. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, 2002.

AYARZA, M.A. **Potassium dynamics in a humid tropical pasture in the Peruvian Amazon.** Ph.D. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC, 1988.

AUSTIN, R.B.; FORD, M.A.; MORGAN, C.L. Genetic improvements in the yield of winter wheat: further evaluation. **Journal Agricultural Science**, v.112, p.295-301, 1989.

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.650-666, 1998.

BARTMEYER, T.N. **Produtividade de trigo duplo propósito submetido a pastejo de bovinos na região dos Campos Gerais – PR..** 57p. Tese (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2006.

BELLIDO, L.L. (1991) - Cultivos Herbáceos - Cereales. Vol. 1, Ed. Mundi-Prensa; Madrid, 539 pp. Calado, J. (2005) - **Estratégias para o Controle de Infestantes em Sistemas de Baixo Custo nos Cereais de Outono-Inverno - O Caso do Trigo Mole (*Triticum aestivum* L.).** Dissertação de Doutorado. Universidade de Évora, Évora, 334 pp.

BEVILAQUA, G. P.; LINHARES, A. G.; SOUSA, C. N. A. Caracterização de genótipos de trigo do bloco de cruzamento da Embrapa Trigo, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.789-797, 2003.

BLUE, E.N.; MASON, S.C.; SANDER, D.H. Influence of planting date, seeding rate, and phosphorus rate on wheat yield. **Agronomy Journal**, v.82, p.762-768, 1990.

BORTOLINI, P.C. et al. Cereais de inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.45-50, 2004.

BORTOLINI, P.C; MORAES, A.de; CARVALHO, P.C.F. Produção de Forragem e de Grãos de Aveia Branca sob Pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2192-2199, 2005 (supl.)

BRADY, N.C; WEIL, R.R. **The nature and properties of soil.** 13 ed. New Jersey: Prentice-Hall Upper Saddle River, 2002.

BRAZ, S.P; NASCIMENTO JR.D, CANTARUTTI, R.B; MARTINS, C.E; FONSECA, D.M; BARBOSA, R.A. Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.787-794, 2003.

BRISKE, D.D.; RICHARDS, J. H. Plant responses to defoliation: a physiology, morphologic and demographic evaluation. In: BEDUNAH, d. j., SOSEBEE, R. E. (Ed.) **Wildland plants: physiological ecology and developmental morphology**, p. 635-710, 1995.

BRUNETTA, D.; DOTTO, S.R.; FRANCO, F. de A.; BASSOI, M.C. **Cultivares de trigo do Paraná: rendimento, características agronômicas e qualidade**

industrial. Londrina: EMBRAPA–CNPSo, 1997. 48p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnico, 18).

CALADO, J. (2005) - **Estratégias para o Controle de Infestantes em Sistemas de Baixo Custo nos Cereais de Outono-Inverno - O Caso do Trigo Mole (*Triticum aestivum* L.)**. Dissertação de Doutorado. Universidade de Évora, Évora, 334 pp.

CALDERINI, D.F.; ABELEDO, L.G.; SAVIN, R. & SLAFER, G.A. (1999) - Final grain weight in wheat as affected by short periods of high temperature during pre- and post-anthesis under field conditions. **Australian Journal of Plant Physiology** 26: 453-458.

CANTARUTTI, R.B. **Dinâmica de nitrogênio em pastagens de *Brachiaria humidicola* em monocultivo e consorciada com *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela no sul da Bahia**. D.S. Dissertation, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1996.

CANTARUTTI, R.B. et al. Impacto do animal sobre o solo: Compactação e reciclagem de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, 2001.

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.

CASTILLA, C.E. **Carbon dynamics in managed tropical pastures: The effect of stocking rate on soil properties and above- and below-ground carbon inputs**. Ph.D. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC. 1992.

CHASTON, I. **Mathematics for ecologists**. London : Butterworth e Co., 1971. 132 p.

CHRISTIANSEN, S.T. PHILLIPS, W.A. Spring and Fall Cattle Grazing Effects on Components and Total Grain Yield of Winter Wheat. **Agronomy Journal**. p. 145-50. 1989.

CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Manual para la Evaluación Agronómica**. Cali, Colombia: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, 1982, 168p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, 10 ed., Porto Alegre, SBCS 2004. 400 p.

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.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à

vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 23, p. 425-432, 1999.

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

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **Revista Arvore**, v.29, p.563-570, 2005.

COX, T.S. et al. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. **Crop Science**, v.28, p.756-760, 1988.

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 ROS, C.O. **Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. (Tese de Mestrado)

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.; WOBETO, C.; FRANCO, F.; MOLIN, R.; DATTO, S.R. **Experimentação preliminar de trigos em plantio antecipado no Paraná em 1997**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1998. 24 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos 49).

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.

DEL DUCA, L. J. A.; MOLIN, R.; ANTONIAZZI, N. **Resultados da experimentação de genótipos de trigo aptidão duplo propósito no Paraná, em 2000**. Passo Fundo-Embrapa trigo – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2001, 44p.

DEL DUCA, L.J.A. *et al.* **Experimentação de trigo e outros cereais de inverno para duplo propósito no rio grande do sul, em 2003**. Passo Fundo: Documentos *on-line*, n.41, dez. 2004. 25p.

DOAK, B.W. **Some chemical changes in the nitrogenous constituents of urine when voided on pasture**. Grassland division D.S.I.R., Palmerston North, New Zealand, 1952.

DOTTO, S.R.; BASSOI, M.C.; MIRANDA, L.C.; OLIVEIRA, M.C.N. de. **Desenvolvimento de cultivares de trigo para o estado do Paraná**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 32p. (EMBRAPA. Programa 04 – Grãos. Subprojeto 04.0.94.341.06). Subprojeto concluído.

DUBEUX Jr., J.C.B.; SANTOS, H.Q.; SOLLENBERGER, L.E. Ciclagem de nutrientes: perspectivas de aumento da sustentabilidade da pastagem manejada intensivamente. p. 357-400. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de, FARIA, V.P.de. (Eds.). **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2004.

DUBEUX JR., J.C.B. **Management strategies to improve nutrient cycling in grazed Pensacola bahiagrass pastures**. 204 p. Ph.D. Dissertation, University of Florida: Gainesville, 2005.

DURING, C.; WEEDA W.C.; DOAFAEFF, F.D. Some effects of cattle dung on soil properties, pasture production, and nutrient uptake. II. Influence of dung and sulphate sorption, pH, cation-exchange capacity, and potassium, magnesium, calcium and nitrogen economy. **New Zealand Journal J. Agriculture Research.**, v. 16, p. 430-438, 1973.

FONTANELI, R. S. et al. **Cereais de inverno de duplo propósito na integração lavoura-pecuária: aveia, cevada, centeio, trigo e triticale**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 24 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

EPSTEIN, H.E.; et al. Regional patterns of decomposition and primary production rates in the U.S. **Ecology**, Great Plains, p.320-327, 2002.

FISHER, M.J., RAO I.M.; AYARZA, M.A.; et al. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, v. 371, p.236-238, 1994.

FOLLET, R.F.; WILKINSON, S.R. Nutrient management of forages. In: **Forages: the science of grassland agriculture**, p. 55-82, 1995.

FRANCO, F. de A.; CARVALHO, F.I.F. Progresso genético no rendimento do trigo e sua associação com diferentes caracteres sob variações ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.311-321, 1987.

GAMA-RODRIGUES, A.C.da.; GAMA-RODRIGUES, E.F.da.; BRITO, E.C.de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo** v.31, n.6, 2007.

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

GARCIA, C. A. N. Análise econômica sobre cultivo de trigo duplo propósito. **XVI Congresso de Iniciação Científica – Pesquisa e Responsabilidade Ambiental**. Universidade Federal de Pelotas – Ufpel, 27, 28 e 28 nov. 2007. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/cic/2007/>>. Acesso em: 16 jan. 2009.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HUBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E. B. do. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.9, p.1097-1104, 2003.

GREENLAND, D.J. Soil science and sustainable land management.. In: SYPERS, J. K. & RIMMER, D. L. (Eds.). **Soil science and sustainable land management in the Tropics**. CAB International, Wallingford, UKp, p.1-15, 1994.

HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.

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.

HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: CADISCH, G.; GILLER, K.E. (Eds.). **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition**. 1997, CAB International, Wallingford, UK, p.3-30, 1997.

HENZELL, E.F.; ROSS, P.J. The nitrogen cycle of pasture ecosystems. In: G.W. BUTLER e R.W. BAILEY (eds.), **Chemistry and biochemistry of herbage**, Press, v. 2, p. 227-246, 1973.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U.B. & MANÉ- BIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture Ecosys. Environ.**, v. 86, p.263-275, 2001.

HOLLAND, E.A., PARTON, W.J., DETLING, J.K., COPPOCK, D.L. Physiological responses of plant populations to herbivory and their consequences for ecosystem nutrient flow. **American Naturalist**, v. 140, p.685-706, 1992.

ISAAC, S.R.; NAIR, M.A.; Biodegradation of leaf litter in the warm humid tropics of Kerala, India. **Soil Biol Biochem**, v.37, p.1656–1664, 2005.

JARVIS, S.C. et al. Nitrogen cycling in grazing systems. In: BACON, P.E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, p. 381-419, 1995.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LUSTOSA, S. B. C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento da soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema plantio direto**. Curitiba 1998 (84p). Dissertação de mestrado em Agronomia Ciências do solo. Setor de Ciências Agrárias: UFPR, 1998.

MAÇAS, B.; COUTINHO, J. & DIAS, A.S. (1998) - **Oportunidades para aumentar o potencial produtivo do trigo da região mediterrânica do Sul de Portugal**. I -

Produção de biomassa, componentes da produção e índice de colheita. *Melhoramento* 35: 5-18.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MATHEWS, B.W., TRITSCHLER, J.P.; CARPENTER, J.R.; *et al.* Soil macronutrient distribution in rotationally stocked kikuyugrass paddocks with short and long grazing periods. *Commun. Soil Science Plant Anal.*, v. 30, p.557-571, 1999.

MATHEWS, B.W.; SOLLENBERGER, L.E. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: soil considerations. In: NUTRIENT CYCLING IN FORAGE SYSTEMS. 1996, Columbia. **Proceedings...** Columbia: University of Missouri, p.213-229, 1996.

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

McLAUGHLIN, M.J.; ALSTON, A.M. The relative contribution of plant residues and fertilizer to the phosphorus nutrition of wheat in a pasture/cereal system. *Aust. Journal of Soil Research.*, v. 24, p.517-526, 1986.

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

MERCHÁN, H.D.; LUTZ, E.E.; MORANT, A. E. Producción de un trigo doble propósito defoliado en distintos estados de desarrollo del ápice de crecimiento (Con 3 Tablas). **Phyton**, n. 76, p.133-142, 2007.

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

MORAES, A; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; *et al.* Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, 1. **Anais...** Pato Branco: Imprepel Gráfica e Editora Ltda, 2002. p.3-42.

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.

MUNDSTOCK, C.M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 1999. 228p.

MYERS, R.J.K.; VALLIS I.; MCGILL, W.B.; *et al.* Nitrogen in grassdominant, unfertilized pasture systems. p. 761-771. **13th Congress of the International Society of Soil Science**, v. 6, Hamburg, Germany. 1986.

MYERS, R.J.K.; PALM, C.A.; CUEVAS, E. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: **The Biological Management of Tropical Soil Fertility**, p.81-116, 1994.

NEDEL, J.L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares de trigo lançadas para cultivo entre 1940 e 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.10, p.1565-1570, 1994.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999.

OBERSON, A.; FRIESEN, D.K.; TIESSEN, H.; *et al.* Phosphorus status and cycling in native savanna and improved pastures on an acid low-P Colombian Oxisol. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, v. 55, p.77-88, 1999.

OLOFSSON, J., OKSANEN, L. Role of litter decomposition for the increased primary production in areas heavily grazed by reindeer: a litter bag experiment. **Oikos**, v. 96, p.507- 515, 2002.

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

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.

REDMON, L.A.; HORN, G.W.; KRENZER, E.G.; *et al.* A review of livestock grazing and wheat grain yield: boom or bus? **Agronomy Journal**, v.87, n.2, p.137-147, 1995.

RICHARDS, R.A. A tiller inhibition gene in wheat and its effect on plant growth. **Australian Journal of Agricultural Science**, v.39, p.749-757, 1988.

ROBERTSON, F.A.; MYERS, R.J.K.; SAFFIGNA, P.G. *et al.* Carbon and nitrogen mineralization in cultivated and grassland soils in subtropical Queensland. **Aust. J. Soil Research.**, v. 31, p.611-619, 1993.

RODRIGUES, F.; CARLA A.P. **Interação do solo-planta-animal e impacto da reciclagem do N e do P em pastagem**. Viçosa, 2000. Tese (Doutorado em Zootecnia) Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

RODRIGUES, O. Manejo de trigo: bases ecofisiológicas. In: CUNHA, G.R.; BACALTCHUK, B. (Org). **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembléia Legislativa. Comissão de Agricultura Pecuária e Cooperativismo / Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 404p. (Série Culturas, n. 02).

RODRIGUES, O. *et al.* **Características fisiológicas associadas ao avanço no potencial de rendimento de grãos de trigo**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 6, 2002.

RODRIGUES, O. *et al.* **Redutores de crescimento**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo -Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 14, 2003.

RUSSELLE, M.P. Nitrogen cycling in pasture and range. **Journal of Production Agriculture**, v.5, p.13-28, 1992.

RUSSELLE, M.P. Nitrogen cycling in pasture systems. In: **Symposium held**, Columbia, Missouri, March 1996.

RYDEN, J.C. Gaseous losses of nitrogen from grassland. In: VAN DER MEER, H.G. (Ed.). **Nitrogen fluxes in intensive grassland systems**. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, NL. p.59-74, 1986.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. **Cereais de inverno de duplo propósito para integração lavoura-pecuária no sul do Brasil** (org.). – Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 104 p.

SARTORI, J. **Simulação do crescimento e desenvolvimento do trigo através de animações gráficas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciência da Computação) Instituto de Ciências Exatas e Geociências - Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2003.

SCHOMBERG, H.H.; STEINER, J.L. Nutrient dynamics of crop residues decomposing on a fallow no-till soil surface. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, n. 3, p. 607-613, 1999.

SCHUNKE, R.M. **Qualidade, decomposição e liberação de nutrientes da "litter" de quatro cultivares de *Panicum maximum* Jacq.** D.S. Tese, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 1998.

SEAB – Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná. **Comparativo da área e da produção de produtos selecionados, no Paraná – Safra 2007/08 a 2008/09**. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br>>. Acesso em: 22 abril.2009.

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

SIX, J.; CONANT, R.T.; PAUL, E.A. et al. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil**, v. 241, p.155-176, 2002.

SLAFER, G.A.; ANDRADE, F.H. Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the world. **Euphytica**, v.58, p.37-49, 1991

SOARES FILHO, C.V. **Ecofisiologia e fisiologia de plantas forrageiras**. Disponível em: <http://www.foa.unesp.br/pesquisa/centros_e_nucleos/zootecnia.pdf> Acesso em dez. 2008.

SOUZA, M.A. **Adaptabilidade, estabilidade, correlações e coeficiente de trilha em genótipos de trigo (*T. aestivum* L.), em doze ambientes de Minas Gerais**. 1985. 118p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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.

STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. **Cycles of soil - carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, and micronutrients**. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1999.

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, R.J.; ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical grasses and legumes. **Soil Biol. Biochem.**, v. 25, p.1351-1361, 1993.

TISDALE, S.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. et al. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Mac Millan, 1985. 754p.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.4, p.609-618, 2005.

WAGNER, G.H.; WOLF, D.C. Carbon Transformations and Soil Organic Matter Formation. In: Principles and Applications of Soil Microbiology. SYLVIA, D.M.; FUHRMANN, J.J.; HARTEL, P.G.; ZUBERER, D.A. (Eds) **New Journal: Prentice-Hall**, 1999. p.218-258.

WEEDA, W.C. Effect of cattle dung patches on soil tests and botanical and chemical composition of herbage. **New Zealand Journal Agriculture Research.**, v. 20, p. 471-478, 1977.

WENDT, W.; DIAS, J.C.A; CAETANO, V.R. Avaliações preliminares de trigo, em diferentes épocas de semeadura, em solos hidromórficos. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, 16., 1991, Dourados, MS. Resumos. Dourados: EMBRAPA-UEPAE Dourados, 1991. p.34.

WHITEHEAD, D.C. **The role of nitrogen in grassland productivity**. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Bucks, UK, 1970.

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.

WILKINSON, S.R.; LOWREY, R.W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystem, In: BUTLER, G.W.; BAILEY, R.W. (Eds). **Chemistry and Biochemistry of Herbage**, Vol. 2. Academic Press, New York, NY. p. 247-315, 1973.

WILLIAMS, P.H.; GREGG, P.E.H.; HEDLEY, M.J. et al. Mass balance modelling of potassium losses from grazed dairy pasture. **New Zealand Journal Agriculture Research.**, v. 33, p.661-668, 1990.

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.

YADAVA, P.S; THODAN, N.S. Litter decomposition and nutrients release during decomposition in a humid grassland of Northeastern India. In: International Grassland Congress, 18., 1997, Canadá. **Proceedings...** Canada, v.2, p.20-24, 1997.

ANEXOS

Anexo 1 – Croqui da área experimental. Trigo submetido a diferentes períodos de pastejo por bovinos, no sistema de duplo propósito, Pato Branco-PR, 2007.



Distribuição dos tratamentos na área experimental.

Anexo 2 e 3 – Fotos da área experimental. Litter Bag de resíduos de Trigo e esterco bovino, submetido à decomposição da MO para avaliação da taxa de liberação de N, P, K, Ca e MG, Pato Branco-PR, 2008.



Distribuição dos tratamentos na área experimental.



Anexo 4 - Análise de variância de plantas/m², espigas/m², de trigo duplo propósito, cv. BRS Tarumã, submetido a períodos de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR,2008.

Fonte de variação	GL	Plantas/m ²		Espiga/m ²	
		Quadrados médios			
Dias de pastejo	5	6824,01	**	282367,00	**
Bloco	1	88,8896	ns	1421,58	ns
Erro	5	461,998		4736,62	
Coeficiente de Variação		5,8512		7,9913	
Média		367,347		861,224	

Anexo 5 - Análise de variância de número grãos/espiga, rendimento de grãos de trigo duplo propósito, cv. BRS Tarumã, submetido a períodos de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR,2008.

Fonte de variação	GL	Grãos/espigas		Grãos kg.ha ⁻¹	
		Quadrados médios			
Dias de pastejo	5	37,2946	**	1,90933E6	**
Bloco	1	7,53034	ns	16705,9	ns
Erro	5	7,53034		42830,9	
Coeficiente de Variação		13,7997		1,4620	
Média		19,8856		114,1560	

Anexo 6 - Análise de variância para peso de mil grãos de trigo duplo propósito, cv. BRS Tarumã, submetido a períodos de pastejo por bovinos, Pato Branco-PR,2008.

Fonte de variação	GL	Peso de mil grãos	
		Quadrados médios	
Dias de pastejo	5	22,0545	**
Bloco	1	1,25453	ns
Erro	5	1,78097	
Coeficiente de Variação		5,1941	
Média		25,0933	