

DENISE BRUGINSKI DE CARVALHO

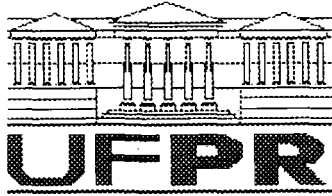
**RENDIMENTO DE SOJA EM PLANTIO DIRETO SUCEDENDO
A PASTAGEM DE AZEVÉM SOB EFEITO DE FREQUÊNCIA
DE USO E ADUBAÇÃO FOSFATADA E NITROGENADA**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Amir Pissaia

CURITIBA

2003



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pela candidata **DENISE BRUGINSKI DE CARVALHO**, sob o título “**RENDIMENTO DE SOJA EM PLANTIO DIRETO SUCEDENDO A PASTAGEM DE AZEVÉM SOB EFEITO DE FREQUÊNCIA DE USO E ADUBAÇÃO FOSFATADA E NITROGENADA**”, para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Tese.

Curitiba, 25 de Abril de 2003.

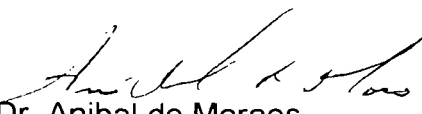


Professor Dr. Jeferson Zagonel
Primeiro Examinador



Professor Dr. Paulo César de Faccio Carvalho
Segundo Examinador

Professor Dr. Luiz Antonio Correa Lucchesi
Terceiro Examinador



Professor Dr. Anibal de Moraes
Quarto Examinador



Professor Dr. Amir Pissaia
Presidente da Banca e Orientador

Músico poeta sonhador
Homem forte trabalhador
Companheiro inseparável
Aprendiz humilde professor
Amor

Ao meu marido Ruy

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao professor Amir Pissaia pela orientação, pela transmissão de valores humanitários, pelo companheirismo e exemplo de vida.

Aos professores Aníbal de Moraes e Adelino Pelissari pela co-orientação, convívio e oportunidade de aprendizagem.

Aos professores Amadeu Bona Filho, Beatriz Monte Serrat Prevedello, João Ricardo Dittrich, Renato Marques e José Luis Camargo Zambon pelas contribuições no exame de qualificação e na pré-defesa de tese.

Ao Sr. Manoel Henrique Pereira, proprietário da Fazenda Agripastos por ser um disseminador de boas técnicas e parceiro desta pesquisa, facilitando sua realização.

Aos funcionários da Fazenda Agripastos, Evaldo, Evaldir e Guido, pela ajuda.

À grande amiga Márcia Bello, por sua presença certa, otimista e jovial nas longas horas de trabalho no campo e laboratório.

Aos funcionários Rainério, Maria Emília, Valdina, Célia e Roberto pela ajuda nas análises laboratoriais.

Às secretárias Lucimara, Lurdinha, Regina e Mauren por tantos favores em tantos momentos.

Às colegas de pós-graduação Flávia e Deonísia e aos alunos José Ricardo, Ana, Max, Vanessa, Jony, Rafael, Marlon, Jonas, Rodrigo, Marcos, Manoel e Nilcéia pela participação voluntária e indispensável nos trabalhos de campo.

Ao colegiado do curso de pós-graduação e ao CAPES pela concessão de bolsa.

À coordenação do curso de pós-graduação e à Syngenta pelo auxílio financeiro para realização de análises.

Aos amigos e familiares por entenderem as ausências necessárias ao trabalho ou ao cansaço causado por ele, por seu apoio e incentivo.

Aos meus pais Ednir e Teresio por terem sustentado meus sonhos por meio de sua fé e trabalho. Mesmo percorrendo novos caminhos não esqueço de meus primeiros passos e das mãos carinhosas que me apoiaram e abençoaram. Pai e mãe, obrigada.

Aquele que me criou, que motiva todos os meus atos, que me suscitou buscá-lo em cada rosto, servindo ao próximo, por ter-me encaminhado ao final desta etapa envolta por incontáveis demonstrações do Seu Amor. Meu querido Deus, obrigada.

"Não é a abundância do saber que satisfaz e sacia a alma,
mas sentir e saborear as coisas
no íntimo do coração"

(Santo Inácio de Loyola)

BIOGRAFIA DA AUTORA

DENISE BRUGINSKI DE CARVALHO, filha de Teresio Baptista Bruginski e Maria Ednir Heimbecker Bruginski, nasceu em Palmeira, Estado do Paraná, aos 9 de janeiro de 1972. É casada com Ruy Inacio Neiva de Carvalho.

Cursou o ensino fundamental e médio em Palmeira/PR e em 1994 recebeu o grau de Engenheira Agrônoma, conferido pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. De 1995 à 1997 foi instrutora do SENAR-PR e, em 1996 foi professora de Curso Técnico em Agropecuária em Palmeira/PR.

Iniciou o Curso de Pós-Graduação em 1998 e recebeu o grau de Mestre, conferido pela Universidade Federal do Paraná, em 1999.

Em 2000 iniciou o Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, na Linha de Pesquisa Integração Lavoura-Pecuária.

Iniciou a atividade no ensino superior em março de 2003 como Professora do Curso de Agronomia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 AGROECOSSISTEMAS	3
2.2 SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E PLANTIO DIRETO.....	5
2.2.1 Ciclagem de nutrientes.....	7
2.2.1.1 Fósforo.....	8
2.2.1.2 Nitrogênio.....	11
2.2.1.3 Matéria orgânica.....	13
2.2.2 Características físicas do solo.....	14
2.2.3 Utilização de pastagens na integração lavoura-pecuária.....	17
2.2.4 Produtividade das lavouras em áreas de integração lavoura-pecuária.....	18
2.3 A CULTURA DA SOJA	19
3 METODOLOGIA.....	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	24
3.1.1 Localização geográfica.....	24
3.1.2 Histórico da área	24
3.1.3 Clima.....	24
3.1.4 Área experimental	27
3.1.5 Solo	28
3.2 ITINERÁRIO TÉCNICO	29
3.3 FASES DA PESQUISA.....	31
3.3.1 Fase preliminar	31
3.3.1.1 Adubação fosfatada	31
3.3.1.2 Frequência de uso da pastagem	31
3.3.1.3 Adubação nitrogenada suplementar.....	34
3.3.1.4 Avaliações no azevém.....	35

3.3.2	Fase experimental.....	37
3.3.2.1	Experimento 1	37
3.3.2.2	Experimento 2	39
3.4	AVALIAÇÕES COMPLEMENTARES.....	39
3.4.1	Compactação do solo.....	39
3.4.2	Fertilidade do solo	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1	FASES DO TRABALHO.....	42
4.1.1	Fase preliminar	42
4.1.1.1	Avaliações no azevém.....	42
4.1.2	Fase experimental.....	48
4.1.2.1	Experimento 1	48
4.1.2.2	Experimento 2	51
4.2	AVALIAÇÕES COMPLEMENTARES.....	58
4.2.1	Compactação do solo.....	58
4.2.2	Fertilidade do solo	63
5	CONCLUSÕES	67
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
	REFERÊNCIAS	71
	ANEXOS	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Produtividade de soja (kg ha ⁻¹) variedade BRS 134 em 11 localidades do Estado do Paraná nos anos de 1995 e 1996.....	23
TABELA 2 -	Granulometria e textura do solo da área experimental, em camadas de 0 a 3 e 5 a 8 cm, em 5 glebas, realizada antes da instalação do experimento em maio de 2001. Palmeira/PR.	29
TABELA 3 -	Itinerário técnico adotado na área de realização do experimento no período compreendido entre abril de 2001 e abril de 2002. Palmeira/PR.	30
TABELA 4 -	Data, massa de forragem de azevém e tempo de acesso à pastagem nos 4 pastejos realizados como tratamentos dentro da área experimental. Palmeira/PR.....	33
TABELA 5 -	Equações utilizadas para construção de curvas de calibração para estimativa de massa seca de forragem. Palmeira/PR.	33
TABELA 6 -	Denominação dos tratamentos referentes a freqüência de uso da pastagem e massa de forragem produzida, consumida e final. Palmeira/PR.....	34
TABELA 7 -	Número de ramos por planta de soja cultivada após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação fosfatada no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.	48
TABELA 8 -	Estatuta das plantas de soja cultivada após diferentes freqüências de uso da pastagem, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.	49
TABELA 9 -	Número de nós por planta de soja cultivada após diferentes freqüências de uso da pastagem, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.	50
TABELA 10 -	Médias obtidas para rendimento de grãos de soja e seus componentes após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação fosfatada no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.....	53

TABELA 11 - Médias obtidas para diâmetro de caule e altura de inserção do primeiro legume de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação fosfatada no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.....	54
TABELA 12 - Médias obtidas para partição de massa seca e índice de colheita aparente (ICA) de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação fosfatada no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.....	51
TABELA 13 - Rendimento de grãos de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.	52
TABELA 14 - Médias obtidas para os componentes de rendimento da soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.	55
TABELA 15 - Estatura de plantas de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.	55
TABELA 16 - Diâmetro de caule de plantas de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.	56
TABELA 17 - Massa seca de caules de plantas de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.....	56
TABELA 18 - Altura de inserção do primeiro legume em plantas de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.	57
TABELA 19 - Médias obtidas para número de nós e de ramos por planta, massa seca de grãos e legumes e índice de colheita aparente (ICA) de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.	57
TABELA 20 - Densidade aparente do solo sob diferentes freqüências de uso da pastagem em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.	58
TABELA 21 - Densidade aparente em diferentes profundidades de solo em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.....	59

TABELA 22 - Densidade aparente do solo determinada em diferentes épocas em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.....	60
TABELA 23 - Porosidade do solo determinada em duas profundidades após diferentes freqüências de uso da pastagem para diferentes épocas em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.....	61
TABELA 24 - Porosidade do solo determinada após diferentes freqüências de uso da pastagem e em duas profundidades para diferentes épocas, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.....	62
TABELA 25 - Porosidade do solo determinada após diferentes freqüências de uso da pastagem, em diferentes épocas, para duas profundidades de solo, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.....	63
TABELA 26 - Caracterização química do solo da área experimental, em camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm de 5 glebas, realizada antes da instalação do experimento em maio de 2001. Palmeira/PR.	64
TABELA 27 - Caracterização química do solo da área experimental, em camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm de 5 glebas, realizada depois da saída dos animais por ocasião do último pastejo em novembro de 2001. Palmeira/PR.....	64
TABELA 28 - Caracterização química do solo da área experimental, em camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm de 5 glebas, realizada depois da colheita da soja em maio de 2002. Palmeira/PR.....	66

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Esquema representativo do procedimento de manejo adotado na área de integração lavoura-pecuária da Fazenda Agripastos em Palmeira/PR.	25
FIGURA 2 -	Temperatura média mensal do ar registrada no período de junho de 2001 a maio de 2002 na Fazenda Agripastos em Palmeira/PR.	25
FIGURA 3 -	Temperaturas mínima e máxima do ar registradas nos meses de junho de 2001 a maio de 2002 na Fazenda Agripastos em Palmeira/PR.	26
FIGURA 4 -	Extrato do balanço hídrico nos meses de junho de 2001 a maio de 2002 na Fazenda Agripastos em Palmeira/PR.	27
FIGURA 5 -	Divisão de glebas na área experimental. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.	28
FIGURA 6 -	Adubação fosfatada na área experimental. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.	32
FIGURA 7 -	Pastejo na área experimental. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.	35
FIGURA 8 -	Adubação nitrogenada suplementar na área experimental. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.	36
FIGURA 9 -	Representação esquemática do experimento 1. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.	38
FIGURA 10 -	Representação esquemática do experimento 2. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.	40
FIGURA 11 -	Dinâmica de acúmulo de massa de azevém obtida pela estimativa de massa seca em área não pastejada e com e sem adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.	42
FIGURA 12 -	Dinâmica de acúmulo de massa de azevém obtida pela estimativa de massa seca em área com frequência de uso da pastagem 1 e com adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.	44

FIGURA 13 - Dinâmica de acúmulo de massa de azevém obtida pela estimativa de massa seca em área com frequência de uso da pastagem 2 e com adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.....	45
FIGURA 14 - Dinâmica de acúmulo de massa de azevém obtida pela estimativa de massa seca em área com frequência de uso da pastagem 3 e com adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.....	46
FIGURA 15 - Dinâmica de acúmulo de massa de azevém obtida pela estimativa de massa seca em área com frequência de uso da pastagem 4 e com adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.....	47

RESUMO

O presente trabalho foi conduzido de junho de 2001 a maio de 2002, na Fazenda Agripastos, município de Palmeira/PR, em uma área de integração lavoura-pecuária e sistema de plantio direto em um Argissolo Vermelho Amarelo. O objetivo foi determinar a influência das adubações fosfatada e nitrogenada suplementar no cultivo do azevém (*Lolium multiflorum*) sob diferentes freqüências de uso da pastagem no rendimento da cultura subsequente de soja (*Glycine max*). Na fase preliminar do trabalho foram testados os seguintes tratamentos no azevém: doses de fósforo (0, 40, 80 e 120 kg de P₂O₅ ha⁻¹ na forma de superfosfato triplo), freqüências de uso da pastagem (0, 1, 2, 3 e 4 entradas de animais na área) e adubação nitrogenada suplementar em cobertura após pastejo (45 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia). A massa de forragem foi utilizada como critério para determinação do momento de pastejo. Na fase experimental do trabalho foram instalados dois experimentos no delineamento de parcela subdividida, realizados para verificação do efeito da adubação fosfatada e freqüência de uso da pastagem e, da adubação nitrogenada suplementar e freqüência de uso da pastagem sobre a produtividade da soja. As variáveis analisadas nos experimentos foram: rendimento de grãos e seus componentes, partição de massa seca, índice de colheita aparente e características morfológicas da planta. Foram realizadas análises no solo para verificação de densidade aparente, porosidade total, pH, potássio, fósforo, matéria orgânica e saturação por bases. A adubação com N, P e K no azevém resultou em aumento da massa seca de forragem e as diferentes freqüências de uso da pastagem alteraram esse acúmulo. A utilização do azevém em quatro oportunidades de pastejo não comprometeu sua recuperação para formação de palhada para o plantio direto. O azevém adubado com N, P e K e submetido ao pastejo produziu mais massa de forragem do que o azevém não pastejado e sem adubação. A adubação fosfatada e o pastejo no azevém não alteraram o rendimento da soja, para solo com nível alto do elemento no solo. A adubação em cobertura no azevém com 135 kg ha⁻¹ de N aumentou o rendimento de soja nas áreas de freqüência de uso da pastagem 0, 1, 2 e 3, em comparação com a dose de 90 kg ha⁻¹ de N. O pisoteio dos animais em pastejo controlado não proporcionou compactação do solo.

Palavras-chave: agroecossistema, compactação do solo, integração lavoura-pecuária.

ABSTRACT

The present work was conducted from June 2001 to May 2002, at Fazenda Agripastos, Municipality of Palmeira, Parana State, in a grazing crop-rotation and no-tillage area on a Reddish-Yellow Clayey soil. The objective of the work was to determine the influence of fertilisation with phosphate and supplementary fertilisation with nitrogen nutrients in ryegrass (*Lolium multiflorum*) under different frequency of pasture use on the yield of the subsequent cultivation of soybean (*Glycine max*). During the preliminary phase of the work, the following treatments were tested on the ryegrass: phosphorus (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅ in the form of triple superphosphate), frequency of pasture use (0, 1, 2, 3 and 4 animal entries in the area) and broadcast supplementary nitrogen fertilisation after grazing (45 kg ha⁻¹ of N in the form of urea). The herbage mass was used as criteria to determine the moment of orienting the grazing. In the experimental phase, two experiments were installed to delineate a subdivided plot, so arranged in order to verify the effect of the phosphate fertilisation and the frequency of pasture use and, yet, the supplementary nitrogen fertilisation and the frequency of pasture use on the yield of soybean. The variables analysed in the experiments were as follows: grain yield and its components, partition of dry matter, index of apparent crop and morphologic characteristics of the plant. Analysis were made on the soil so as to check the apparent density, total porosity, pH, potassium, phosphorus, organic matter and basis saturation. The fertilisation with N, P and K on the ryegrass increased the herbage mass and the different frequency of pasture use altered such storage. The utilisation of ryegrass in four different opportunities of pasture did not jeopardise its recovery at forming brushwood for no-tillage. The ryegrass fertilised with N, P and K and submitted to pasture produced more forage bulk than the ryegrass not submitted to pasture and without any fertilisation. The phosphate fertilisation and the pasture on ryegrass did not alter the soybeans yield on soil with a high level of the element. The broadcasting in ryegrass with 135 kg ha⁻¹ of N increased the soybeans yield in areas with 0, 1, 2 and 3 frequency of pasture use in comparison with the 90 kg ha⁻¹ of N dose. The animals trampling over controlled pasture did not end up in soil compaction.

Keywords: agroecosystems, grazing crop-rotation, soil compaction

1 INTRODUÇÃO

A busca pelo equilíbrio entre os fatores econômicos, técnicos e ambientais nos agroecossistemas despontou no terceiro milênio como a chave para abrir as portas para tão esperada sustentabilidade.

O sistema de plantio direto na palha foi introduzido no Estado do Paraná, há quase trinta anos. Durante esse tempo, o sistema de plantio direto, viabilizou a agricultura em áreas antes condenadas pelas conseqüências do uso intensivo no sistema convencional, figurando como exemplo de adaptabilidade da agricultura às condições regionais e uma tentativa de manutenção de elevadas produções agrícolas de maneira menos agressiva ao meio ambiente.

Outro importante avanço na direção da diversificação de atividades nas propriedades rurais foi a implementação de ações técnicas e de pesquisa do sistema de integração lavoura-pecuária, em que a Universidade Federal do Paraná apresentou-se como um pólo de estudos e divulgação da tecnologia envolvida no sistema, aliada a diferentes parceiros dentro e fora do Estado do Paraná.

A opção pela integração lavoura-pecuária, entendida como o sistema em que se utiliza a rotação entre cultivo de grãos e pastagens, em diversas propriedades vem viabilizando economicamente as atividades agrícola e pecuária juntas, diminuindo o risco de perdas ocorridas na atividade exclusivamente agrícola.

Na região dos Campos Gerais do Paraná, a Fazenda Agripastos é considerada pioneira na adoção do sistema de plantio direto sendo reconhecida como exemplo de sua viabilidade. Entretanto, a integração lavoura-pecuária nesta propriedade é restrita a algumas áreas manejadas de forma peculiar. Nestas áreas, após a colheita da soja (*Glycine max* L. Merrill) inicia o ciclo do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) por ressemeadura natural. Depois do crescimento inicial, o azevém é pastejado duas horas por dia durante 90 dias, quando o pastejo é interrompido para que este produza sementes e suficiente cobertura para a sementeira da soja.

Desta forma foi considerado de grande importância o estudo de algumas relações existentes entre a nutrição mineral e a frequência de uso da pastagem, de forma que, as ações futuras permitam o uso racional das potencialidades, respeitando as limitações do sistema.

Para fins de avaliação foram formuladas três hipóteses estudadas de forma integrada: a) se a integração lavoura-pecuária no sistema de plantio direto favorece a disponibilidade de fósforo para as plantas, então a adubação fosfatada em diferentes doses no cultivo de azevém, em solo com alto teor de fósforo resultará em rendimentos semelhantes do cultivo subsequente de soja; b) se a presença de animais em pastejo não altera o rendimento de grãos em integração lavoura-pecuária, então o aumento da frequência do uso da pastagem resultará em rendimentos semelhantes de soja cultivada na seqüência; e c) se a adubação nitrogenada no sistema de integração lavoura-pecuária favorece o incremento de fitomassa, então a adubação nitrogenada suplementar no azevém resultará em diferentes rendimentos do cultivo subsequente de soja.

O objetivo geral deste trabalho foi determinar a influência das adubações fosfatada e nitrogenada suplementar no cultivo do azevém sob diferentes frequências de uso no rendimento da cultura subsequente da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AGROECOSSISTEMAS

A pesquisa na área de produção de plantas vem otimizando os processos que levam à produtividade esperada. Porém, a agricultura moderna se caracteriza pela necessidade constante de subsídios energéticos, exploração contínua de nutrientes e quebra da cadeia trófica, pela ação antrópica movida por fatores sociais e econômicos.

A domesticação das plantas permite a obtenção de maior quantidade de alimentos para a humanidade, entretanto, altera a capacidade de sobrevivência das plantas e diminui a diversidade nos sistemas (SINCLAIR; GARDNER, 1998). A perda da diversidade genética ocorre principalmente por causa da ênfase da agricultura convencional em ganhos de produtividade a curto prazo. A homogeneidade genética entre as plantas cultivadas também é compatível com a maximização da eficiência produtiva, porque permite a padronização de práticas de manejo. A uniformidade genética crescente de plantas domesticadas deixa a cultura como um todo mais vulnerável ao ataque de pragas e patógenos e mudanças de clima. A perda de variedades reduz o tamanho do reservatório genético das espécies domesticadas levando a um número cada vez menor de variedades a partir das quais se podem retirar genes resistentes ou adaptativos (GLIESMAN, 2001).

A prática agrícola nas últimas décadas passou de uma atividade diversificada para o cultivo de um número restrito de espécies como a soja, milho, algodão, feijão e trigo. O que tem sido verificado é uma tendência à menor diversificação e à perda de uma cultura rural que mantinha um sistema de produção capaz de atender prioritariamente às necessidades de subsistência familiar. Embora estes cultivos sejam fontes alimentares importantes para a humanidade, mantidos como únicos componentes em sistemas agrícolas, não podem ser sustentáveis sem um substancial aumento do uso de insumos externos. A degradação ambiental e a necessidade de maior uso de insumos têm diminuído as margens de lucro, inviabilizando a pequena propriedade (MORAES *et al.*, 2000).

A necessidade de conservação da diversidade que permita o equilíbrio entre populações e manutenção da produtividade dentro de um agroecossistema deve ser alvo de ações de pesquisa para encontrar o caminho da sustentabilidade.

Segundo Altieri (1987) o risco de perdas diminui com o aumento da diversidade de culturas e variedades dentro de uma dada área onde o ciclo de nutrientes é mais semelhante ao sistema natural.

O princípio da sustentabilidade é amplamente reconhecido, mas na prática esta interpretação é complexa e subjetiva. Em relação ao uso do solo, a interpretação de sustentabilidade torna-se até mesmo mais difícil de ser compreendida quando em combinação com uma reconhecida necessidade de continuar a desenvolver recursos para satisfazer as necessidades da sempre crescente demanda de alimentos e fibras (MORAES *et al.*, 2000).

Heitschmidt *et al.* (1996) definiram agricultura sustentável como aquela que pode ser praticada continuamente, sem que haja necessariamente um subsídio de energia externa para funcionar. Bormann *et al.* (1994) consideraram necessária a reflexão sobre valores sociais, econômicos e ecológicos.

As chamadas agriculturas sustentáveis surgem na atualidade como um paradigma que deve substituir as agriculturas modernas de altos insumos. Selecionar tecnologias adequadas que possibilitem aumento da rentabilidade e sustentabilidade pode ser o diferencial para a sobrevivência das propriedades agrícolas (MORAES *et al.*, 2000).

O sistema de plantio direto é um exemplo de adaptabilidade da agricultura às condições regionais, e uma tentativa de manutenção de elevadas produções agrícolas de maneira menos ofensiva ao meio ambiente (BRUGINSKI, 2000).

A redução do número de operações mecanizadas dentro da lavoura tanto pela inexistência de preparo de solo através de arações e gradagens, quanto pela redução das pulverizações com agroquímicos, diminui a poluição ambiental pelo menor uso de combustível. A menor movimentação de maquinário é favorável para a manutenção da biologia do solo. Sob diferentes aspectos e por diversas razões o sistema de plantio direto é uma forma de máximo aproveitamento da energia aplicada, atingindo o objetivo agrônomo com elevadas produtividades, mantendo o equilíbrio populacional das diversas espécies e a convivência harmônica entre as comunidades dentro do mesmo agroecossistema incluindo-se a espécie humana, de forma a ocasionar o menor impacto ambiental possível (BRUGINSKI, 2000).

Outra possibilidade para diversificação é a integração lavoura-pecuária. As propriedades agrícolas necessitam de alternativas de rotação que possam intensificar o uso da terra, aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção e melhorar a renda, que pode ser obtida pela rotação de cultivos anuais com pastagens (MORAES *et al.*, 2002).

Neste sentido o ingresso da pastagem no sistema agrícola representa um degrau a mais na escalada de uma agricultura agroecologicamente sustentável, pois permite uma diversificação do sistema de forma muito mais elástica e contrastante (MORAES *et al.*, 2002).

Recomendando ações de pesquisa, Nabinger *et al.* (1999) ressaltaram a importância da adoção de uma abordagem analítica e explicativa da dinâmica de elaboração e de renovação da produtividade das pastagens, visando garantir a otimização da produção animal e a sustentabilidade dos sistemas. Briske e Heitschmidt (1991) acrescentaram a necessidade da constituição de uma estrutura conceitual unificada entre as diferentes áreas que estudam os sistemas pastoris.

2.2 SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E PLANTIO DIRETO

O sistema de integração lavoura-pecuária é a alternância de culturas agrícolas com pastagens em uma mesma área. Entretanto, o termo é usado genericamente para diferentes sistemas em que estão presentes as atividades agrícolas e pecuárias.

Para Moraes *et al.* (2002), a adoção do sistema somente se consolida quando realizado junto com o sistema de plantio direto, a rotação de cultivos, o uso de insumos e genótipos melhorados, o manejo correto das pastagens e a produção animal intensiva em pastejo.

A utilização da pecuária na propriedade tem outra conotação quando integrada num sistema agrícola e praticada com categorias animais de alto potencial para gerar produtos facilmente comercializáveis e de valor no mercado como o leite e a carne. Na medida em que a produção animal passa a gerar uma renda capaz de competir com a lavoura, oportuniza-se a diversificação dentro da propriedade (MORAES *et al.*, 2000).

O paradigma da agricultura sustentável impõe a necessidade de melhorar os conhecimentos sobre o papel das forrageiras nos sistemas de integração lavoura-pecuária (VIGLIZZO, 1995).

A agricultura e pecuária desenvolvidas em uma mesma área são complementares e, quando integradas, funcionam em sinergismo, tendo a lavoura um melhor resultado, quando em rotação com uma pastagem e da mesma maneira ocorrendo com a pastagem, quando estabelecida após uma lavoura (MORAES *et al.*, 2002).

O plantio de coberturas de solo ou de culturas de alto risco econômico como os cereais de inverno leva o agricultor a buscar alternativas econômicas durante este período. A formação de pastagens hibernais torna viável a terminação de bovinos, durante a

entressafra e surge como alternativa para o aumento da rentabilidade das propriedades (MORAES *et al.*, 2002).

Fontaneli *et al.* (2000) concluíram, que a integração lavoura-pecuária associada ao sistema de plantio direto é viável economicamente, tanto para as culturas de inverno e de verão como para engorda de bovinos, no período invernal. Considerando a conversão e balanço energético do sistema, Santos *et al.* (2000) também confirmaram a viabilidade do sistema de integração lavoura-pecuária.

Um dos benefícios obtidos com esta integração é que o aumento da fertilidade do solo pela adubação da lavoura cria uma condição de área própria para se trabalhar com pastagens de elevado potencial de produção e qualidade (NABINGER *et al.*, 1999).

Com a utilização do plantio direto nas propriedades agrícolas, cria-se a necessidade de promover uma boa cobertura do solo no período de outono-inverno e parte da primavera. As gramíneas utilizadas com esta finalidade, ou seja as aveias e o azevém, são excelentes forrageiras capazes de suportar a atividade pecuária durante estas estações do ano, as quais representam o período mais crítico para a pecuária praticada no Sul do Brasil (MORAES *et al.*, 2002).

A integração lavoura-pecuária pode contribuir para a sustentabilidade das propriedades agropecuárias em um sentido amplo, através dos benefícios biológicos e financeiros. Apesar de todas as possíveis vantagens do sistema de integração lavoura-pecuária, existem algumas implicações que devem ser levadas em consideração: a escolha de combinações de culturas e pastagens ligadas aos interesses dos sistemas de produção em uso; o detalhamento de práticas agrícolas de manejo das culturas e animais; o aumento da complexidade do sistema, exigindo maior preparo dos técnicos e produtores envolvidos no sistema; e a aceitação da atividade pecuária por agricultores tradicionais (MORAES *et al.*, 2000).

A associação entre culturas anuais destinadas à produção de grãos e outras espécies recuperadoras do meio produtivo é condição básica na condução de sistemas de produção. Dentre essas espécies, as forrageiras constituem fortes agentes bióticos recuperadores dos solos. A atividade pecuária é uma forma eficiente para o manejo do ambiente rural, no entanto, áreas com pastagens também exigem manejo racional da fertilidade dos solos para obter a máxima produção pecuária. Dessa forma, a utilização de fertilizantes na condução de lavouras anuais em sistemas de rotação com pastagens pode ser o melhor modo para a readequação química dos solos destinados às espécies forrageiras (EMBRAPA, 2001).

2.2.1 Ciclagem de nutrientes

A comunidade vegetal cumpre um importante papel na circulação de substâncias minerais. Os minerais são retirados pelas raízes de camadas profundas do solo e, posteriormente, são mantidos acima do nível do solo nas partes aéreas das plantas para, finalmente, retornar ao solo. O intemperismo é um processo que permanentemente adiciona nutrientes ao solo e torna esses nutrientes disponíveis para as plantas. Diversos materiais inorgânicos contidos nos gases atmosféricos são transportados pela água de precipitação para as superfícies das plantas e para o solo. Em sentido contrário, a exportação de substâncias minerais ocorre por meio das colheitas, herbivoria, erosão e percolação. Quando existe a subtração de nutrientes deve haver uma compensação por meio da adição de fertilizantes para o retorno ao equilíbrio nutricional (LARCHER, 2000).

O pastejo afeta a reciclagem de nutrientes ao acelerar a mineralização devido a diminuição do tamanho das partículas vegetais através da mastigação e da ruminação. Apenas uma pequena porção dos nutrientes consumidos é utilizada na produção de produto animal, sendo que a maior parte retorna ao sistema via urina em forma inorgânica imediatamente disponível ou através das fezes, formando compostos que necessitam ser mineralizados (NABINGER, 1996).

A ciclagem de nutrientes requer a manutenção dos resíduos culturais que, por meio da sua decomposição, disponibilizarão nutrientes para o cultivo subsequente. Heringer e Jacques (2002), estudando áreas de pastagens melhoradas em comparação com áreas de campo nativo, concluíram que sob o ponto de vista da preservação ecológica e produtiva de um sistema de produção, a prática das queimadas deve ser evitada, pois ela reduz os teores de cálcio e magnésio nos tecidos senescentes e a quantidade dos demais nutrientes que retornam ao solo via material morto.

O sistema de cultivo e as características edafoclimáticas podem-se tornar o fator determinante e, às vezes, limitante da quantidade e disponibilidade de nutrientes. Os sistemas de produção sob plantio direto elevam os teores de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável, principalmente na camada de solo de 0-5 cm, em relação ao preparo convencional do solo (SANTOS *et al.*, 2001).

Uma das grandes vantagens do sistema de integração lavoura-pecuária é o aproveitamento de um mesmo nutriente para produção animal e vegetal reduzindo, desta forma, as perdas de nutrientes para o ambiente. Além disso, nestes sistemas integrados, o retorno de nutrientes, via excrementos, dá-se diretamente sobre a área cultivada, eliminando a necessidade de transporte deste material (ASSMANN *et al.*, 2002).

A disponibilidade de nutrientes determina a eficiência com que os organismos adquirem e utilizam a energia solar incidente. Nutrientes essenciais integram os processos bioquímicos e as vias metabólicas dos organismos vivos que influenciam diretamente a captura e o fluxo de energia no sistema. Assim, por exemplo, uma maior concentração de nitrogênio nas folhas dos vegetais incrementa a taxa de fotossíntese e ao mesmo tempo representa um maior teor de proteína na dieta dos herbívoros, aumentando a eficiência de transformação do pasto em produto animal (NABINGER, 1996).

Por esta razão, a concentração de nutrientes é mais alta em sistemas pastejados do que em sistemas não pastejados. Entretanto, o pastejo pode aumentar as perdas por volatilização, lavagem e remoção como produto animal. Estas perdas, sobretudo a retirada via produto animal, podem alterar profundamente o equilíbrio do sistema, pois a velocidade de mineralização normalmente não acompanha a demanda para o crescimento da pastagem, o que é agravado em situações climáticas desfavoráveis. Desta forma, a disponibilidade de nutrientes constitui o fator universalmente mais limitante tanto em ecossistemas naturais como em ecossistemas cultivados (NABINGER, 1996).

Assmann *et al.* (2002) destacaram como vantagem da integração lavoura-pecuária a ciclagem de nutrientes. Os nutrientes que faziam parte da dieta alimentar do animal posteriormente passam a fazer parte dos excrementos e são aproveitados pelas plantas e novamente passam a fazer parte da dieta alimentar dos animais. Além disso, o nutriente excretado durante a fase conduzida com animais poderá ser utilizado posteriormente para a produção de grãos, o que pode significar redução nas quantidades de adubos a serem aplicados e, conseqüentemente, redução de custos de produção de grãos. Da mesma forma, como grande parte dos nutrientes utilizados pelas culturas agrícolas para produção de grãos retorna ao solo pela decomposição da palhada que permanece sob o solo, em sistema de plantio direto, este nutriente também poderá ser utilizado para a produção de forragens.

2.2.1.1 Fósforo

Jarvis (1999), Malavolta *et al.* (1997) e Mengel e Kirkby (1987) escreveram sobre a importância do fósforo no metabolismo das plantas. É absorvido pelas plantas como HPO_4^{-2} e H_2PO_4 e incorporado livre como íon em compostos como, por exemplo, os nucleotídeos. As micorrizas aumentam a superfície absorvente das raízes e promovem maior absorção de fósforo. Na planta, o fósforo tem função no metabolismo basal e sínteses, atuando na

fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento de células. Promove o desenvolvimento mais rápido das raízes, aumenta a resistência ao frio, melhora a eficiência de uso da água, favorece a resistência às doenças, acelera a maturação e melhora a qualidade dos frutos. Tem função estrutural e de fornecimento de energia na forma de adenosina trifosfato (ATP) fundamental na fotossíntese, biossíntese do amido e absorção iônica. O fósforo inorgânico é essencial na regulação das rotas metabólicas. Acumula-se, preferencialmente, nos órgãos reprodutivos mas tem boa redistribuição na planta quando ligado a substâncias orgânicas.

Existem várias fontes de fertilizantes fosfatados. O superfosfato concentrado ou superfosfato triplo, cuja fórmula química é $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, é obtido a partir do tratamento do fosfato de rocha com ácido sulfúrico, resultando em cerca de 46 a 47 % de P_2O_5 (MARSCHNER, 1993).

A biomassa microbiana assume papel importante na reciclagem do fósforo em solos tropicais e subtropicais. Rheinheimer *et al.* (2000) concluíram que o fluxo anual de P através da biomassa variou de 8 a 22 mg dm^{-3} por ano e sofreu alterações quando submetido a diferentes sistemas de manejo dependendo do tipo de solo.

A adição de doses similares de fertilizantes fosfatados ao solo provoca maior acumulação de P total na camada superficial sob sistema de plantio direto do que no cultivo convencional, mas as sucessões de culturas têm pouca influência na distribuição das frações de P inorgânico (RHEINHEIMER; ANGHINONI, 2001).

Em sistema de plantio direto ocorre um acúmulo de fósforo nas camadas superficiais onde é depositado por ocasião da adubação. A maior eficiência de uso de fósforo pelas culturas deve-se, em parte, ao maior acúmulo de água nas camadas superficiais do solo, onde se encontram os nutrientes e, em parte, ao maior acúmulo de formas orgânicas de fósforo. A mineralização destas formas de fósforo permite uma disponibilidade contínua do elemento às plantas, evitando a fixação do mesmo ao solo (KOCHHANN, 1996; SILVEIRA; STONE, 2001).

Entretanto, o acúmulo superficial de fósforo no solo não deve causar maiores preocupações em relação às plantas, devido à elevada mobilização do elemento, propiciando sua plena distribuição na planta. O aproveitamento mais eficiente e a maior disponibilidade deste nutriente em sistema de plantio direto vislumbra a possibilidade de reduzir as quantidades de fósforo a serem aplicadas, uma vez superados os níveis críticos no solo (KOCHHANN, 1996).

O fósforo pode apresentar efeito residual prolongado no solo principalmente, quando doses mais elevadas são aplicadas em solos pobres ou que nunca receberam adubação

fosfatada. Em áreas onde a agricultura precedeu a pastagem e o solo foi convenientemente adubado, as respostas a aplicações de fósforo ou não são pequenas ou não existem (LOBATO *et al.*, 1994).

O sistema de plantio direto tem ajudado a aumentar a eficiência da adubação fosfatada nos solos paranaenses, onde o aumento da fração de P-inorgânico em profundidade passa a constituir importante reserva de P-lábil para as plantas nas camadas mais profundas do solo (MUZILLI, 2002; SÁ, 1995).

Segundo Peixoto *et al.* (1994) os teores naturais de fósforo do solo levam aos baixos teores de fósforo nas forrageiras o que pode comprometer o desenvolvimento do sistema radicular e do perfilhamento e limitar a capacidade produtiva. Lobato *et al.* (1994) acrescentaram que a deficiência de fósforo passa a limitar a capacidade produtiva das forrageiras e, conseqüentemente, das pastagens.

A deficiência de fósforo devido a menor fertilidade natural dos solos, vem sendo estudada como fator determinante na produção de biomassa de forrageiras e aumento no acúmulo de minerais na massa seca (SILVA *et al.*, 2001; SANTOS *et al.*, 2002).

Trabalhos desenvolvidos no Uruguai e na Argentina demonstram a preocupação dos pesquisadores com os níveis do elemento fósforo necessários para o bom desenvolvimento de pastagens (BERRETTA *et al.*, 1999; DEREGIBUS, 1999).

Entretanto, além da disponibilidade de fósforo no solo, há necessidade de equilíbrio adequado dos demais nutrientes para que as plantas expressem o seu potencial (PEIXOTO *et al.*, 1994). Estudos recentes propõem a utilização de microrganismos solubilizadores como alternativa ao uso de fertilizantes fosfáticos (SILVA FILHO *et al.*, 2002), o que pode se tornar uma alternativa econômica e de menor impacto ambiental.

A presença dos animais em pastejo deve ser considerada antes da adoção de práticas de fertilização, devido ao seu papel fundamental na ciclagem dos nutrientes. O metabolismo animal excreta fósforo quase exclusivamente pelas fezes, sendo que a quantidade depende principalmente da dieta alimentar e da categoria animal (ASSMANN *et al.*, 2002). Entretanto, não existe recomendação de adubação fosfatada para manutenção de gramíneas forrageiras no Estado do Paraná. Em outros Estados existe a sugestão de valores que variam de 10 a 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (PEIXOTO *et al.*, 1994).

2.2.1.2 Nitrogênio

O nitrogênio é o principal componente do protoplasma, depois da água. A proteína protoplástica tem função catalítica além de orientar o metabolismo celular. Atua ainda em diversos processos metabólicos, fazendo parte da constituição de hormônios, e interfere diretamente no processo fotossintético além da sua participação na constituição da molécula de clorofila (SALISBURY; ROSS, 1992).

O nitrogênio tem efeito importante na expressão da morfogênese da planta, entendida como a dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço (CRUZ; BOVAL, 1999).

Os sistemas que envolvem pastagens caracterizam-se pela complexidade do ciclo do nitrogênio (WHITEHEAD, 1995). Para o manejo de plantas forrageiras, o nível de fertilidade em nitrogênio pode influenciar na morte das folhas velhas, na suculência dos tecidos, nos níveis de reserva para a rebrota, no crescimento do sistema radicial, na competição entre as plantas e no valor nutritivo da planta forrageira (CORSI, 1994).

Por estarem submetidas ao desfolhamento constante, a presença de nitrogênio para a expansão foliar em pastagens é essencial (SCHNYDER *et al.*, 1999) mas, Alexandrino *et al.* (1999) acrescentaram que, além da presença de nitrogênio, é preciso um tempo mínimo para o rebrote e recomposição da planta forrageira.

O nitrogênio atua como fator determinante da produção de gramíneas e a resposta da planta está associada a aspectos morfológicos e fisiológicos do seu crescimento. A deficiência de nitrogênio restringe o número de perfilhos que se desenvolvem, o crescimento e a eficiência fotossintética de folhas (WHITEHEAD, 1995). Nabinger (1996) destacou a importância da imediata disponibilidade de nitrogênio já no momento do corte quando o objetivo é maximizar a densidade de perfilhos e atingir rapidamente o índice de área foliar ótimo.

Existem muitos resultados de pesquisas em forrageiras envolvendo a melhor fertilização nitrogenada, inclusive propondo modelos matemáticos para adequação das doses necessárias para diferentes espécies. Viégas e Nabinger (1999) determinaram que 150 kg de N ha⁻¹ é o nível ótimo de nitrogênio para azevém anual (*Lolium multiflorum*), cultivado no Rio Grande do Sul e acrescentaram que os modelos matemáticos propostos por Lemaire *et al.* (1989) e Greenwood *et al.* (1991) são úteis para a diagnose da necessidade de nitrogênio em azevém.

O sistema de cultivo pode determinar alterações no ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. Amado *et al.* (1998) estudando a aplicação de nitrogênio em diferentes sistemas

de cultivo concluíram que, após nove anos, o sistema de plantio direto resultou em aumento de 24 % de nitrogênio no solo quando comparado com o cultivo convencional.

A prática do sistema de plantio direto após três ou quatro anos resulta em diminuição da imobilização de nitrogênio pelos microorganismos e aumenta sua liberação para o sistema solo-planta possibilitando a redução da demanda de adubação nitrogenada (MUZILLI, 2002).

A intensificação do uso de nitrogênio buscando maiores produtividades nos sistemas de pastejo originou problemas ambientais (HUMPHREYS, 1994).

O nitrato (NO_3^-) é uma molécula que contém nitrogênio com uma carga negativa. Esta carga negativa determina uma maior mobilidade de nitrato no solo quando comparado com moléculas de amônia (NH_3) e amônio (NH_4^+). A amônia tem carga neutra e por este motivo é relativamente instável no solo mudando freqüentemente para a forma de amônio. A carga positiva do amônio é atraída pelas cargas negativas das argilas e matéria orgânica dos solos, onde permanece adsorvido. O nitrato é repellido pelas cargas negativas das partículas de argila e matéria orgânica e se move com a água presente no solo podendo ser lixiviado até o lençol freático. Devido a sua grande solubilidade, o nitrato no solo pode ser facilmente absorvido pelas plantas, lixiviado ou denitrificado (KEEFER, 1995).

A quantidade de nitratos nos solos e na água vem sendo pesquisada em todo mundo, com atenção especial para os níveis de potabilidade em áreas em que o risco de contaminação é elevado devido à adição intensa de fertilizantes (DELGADO, 1998; KUIPERS; MANDERSLOOT, 1999).

Mignolet *et al.* (1999) estudaram propostas para níveis indicadores de risco da presença de nitratos na água para consumo. A adubação nitrogenada em excesso em vários países da Europa tem ocasionado a lixiviação de nitratos até contaminação de águas de profundidade. Vidal *et al.* (2000) associaram diferentes fontes de água com a produção pecuária influenciando a contaminação de águas em testes de potabilidade.

As quantidades de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de doses de nitrogênio foram estudadas por Silva e Vale (2000). Antes da aplicação dos tratamentos, os teores de nitrato variaram de 7 a 23 $\mu\text{g g}^{-1}$ de solo e após os tratamentos com adição de uréia, sulfato de amônio e calcário, os teores de nitrato atingiram valores de até 167 $\mu\text{g g}^{-1}$ com variações muito distintas de acordo com os tipos de solos. Os autores afirmaram que o pH abaixo de 5 pode limitar a disponibilidade de nitrato para as plantas, sendo que a calagem afeta a nitrificação, aumentando o teor de nitrato de 11,6 mg kg^{-1} para 62,7 mg kg^{-1} em solos com acidez corrigida.

Assmann (2001) estudando o efeito de nitrogênio em área de integração lavoura-pecuária no município de Guarapuava/PR quantificou os teores de nitrato em diferentes profundidades de solo. Os teores das camadas mais superficiais foram significativamente maiores que em camadas mais profundas, com valores de 40,0 mg kg⁻¹ (0 a 2,5 cm), 27,8 mg kg⁻¹ (2,5 a 5,0 cm), 20,8 mg kg⁻¹ (5 a 10 cm) e 16,5 mg kg⁻¹ (10 a 20 cm).

Rodrigues e Kiehl (1992) ao estudarem a quantificação de N-(NO₂ + NO₃) em solos após a aplicação de uréia em diferentes doses e métodos, determinaram níveis iniciais inferiores a 30 µg g⁻¹. Após os tratamentos, os níveis elevaram-se acima de 120 µg g⁻¹. Os solos testemunhas que não receberam os tratamentos não apresentaram esta elevação no teor de nitrogênio.

2.2.1.3 Matéria orgânica

O sistema de plantio direto, usando culturas leguminosas em rotação, beneficia a sobrevivência da biomassa microbiana. Dos fatores que afetam a biologia do solo, pode-se salientar, pela sua importância, a disponibilidade de matéria orgânica (KOCHHANN, 1996).

Na integração do sistema plantio direto com a atividade pecuária deve-se considerar que existe uma grande biomassa microbiana e alto conteúdo de matéria orgânica associada a densa massa de raízes da pastagem. Esta situação resulta em alta atividade de enzimas do solo como a urease, protease e sulfatase, o que reflete em elevada taxa de retorno de nitrogênio, fósforo e enxofre para o conjunto orgânico do solo. (HAYNES; WILLIAMS, 1993).

O sistema de plantio direto resulta num ambiente biologicamente menos oxidativo, favorável à preservação das frações lábeis e humificadas da matéria orgânica. O processo de estabilização da matéria orgânica pela sua interação com minerais de carga variável é provavelmente um fator fundamental na manutenção e recuperação da qualidade do solo e do ambiente em regiões tropicais e subtropicais (BAYER *et al.*, 2002).

O aumento do teor de carbono orgânico e seus efeitos na agregação do solo dependem diretamente dos fatores ambientais e bióticos que afetam a dinâmica da matéria orgânica no sistema solo-planta. Biomassas com relação C/N mais ampla possuem maior efeito agregante, devido à decomposição mais lenta e a formação de compostos orgânicos intermediários que estarão contribuindo para o aumento do teor de matéria orgânica do solo (MUZILLI, 1996). Nesta situação, as poáceas atuam de forma mais eficaz para promover a formação dos agregados, tanto pela ação direta das raízes como pelo suprimento de resíduos orgânicos mais duradouros.

Ao promover o aumento da capacidade de troca catiônica dependente de pH, a matéria orgânica beneficia a adsorção de cátions trocáveis (Ca, Mg e K) mediante trocas com o H⁺ dos grupos funcionais orgânicos aumentando a saturação por bases no complexo coloidal (MUZILLI, 2002).

O sistema de plantio direto se destaca como estratégia eficaz para aumentar a disponibilidade de matéria orgânica no solo e reduzir a sua velocidade de mineralização promovendo liberação gradativa de nitrogênio para as culturas diminuindo os gastos com fertilizantes nitrogenados e reduzindo os riscos de contaminação das águas subterrâneas (MUZILLI, 2002).

Pavan (1997) demonstrou o efeito da matéria orgânica na redução da acidez do solo. Segundo o autor, os ácidos orgânicos hidrossolúveis de baixo peso molecular oriundos da decomposição dos resíduos vegetais são capazes de promover a ciclagem de elementos químicos inorgânicos até as camadas mais profundas do perfil cultural do solo. Esta ciclagem induz à formação de complexos organo-metálicos onde o Ca⁺² substitui o Al⁺³ que é imobilizado por ligantes orgânicos.

Sá *et al.* (2001) obtiveram uma razão para o seqüestro de carbono em solos brasileiros sob sistema de plantio direto, sendo 80,6 g de C m⁻² por ano para a camada de 0 a 20 cm e 99,4 g de C m⁻² por ano para a camada de 0 a 40 cm de profundidade.

2.2.2 Características físicas do solo

Os principais parâmetros encontrados na literatura, utilizados para caracterizar uma camada compactada do solo, são representados pela densidade total, resistência a penetração, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e a taxa de infiltração.

A possibilidade de compactação dos solos devido ao pisoteio são motivos de receio para os produtores quanto ao pastejo de animais em áreas agrícolas (MORAES; LUSTOSA, 1997).

O processo de compactação é caracterizado por redução severa da porosidade total, refletida principalmente na redução da macroporosidade e aumento da densidade, com prejuízo para o uso agrícola (MELLO, 2002).

A compactação dos solos em áreas sob pastejo depende de diversos fatores: peso dos animais, método de pastejo, carga animal momentânea, características intrínsecas do solo, teor de matéria orgânica, cobertura do solo, manejo das plantas, espécies presentes e conteúdo da umidade do solo. Poderá haver variações importantes dentro das áreas,

dependendo do manejo e comportamento dos animais. Áreas próximas a cochos de água e sal são normalmente mais pisoteadas, assim como o pastejo rotacionado pode favorecer a compactação do solo pela entrada de um grande número de animais em pequenas áreas, principalmente se o solo estiver úmido (MORAES; LUSTOSA, 1997).

Para Mello (2002), a degradação do solo em sistema de integração lavoura-pecuária pode iniciar pelo pisoteio animal sobre o solo molhado o que causa o adensamento e selamento superficial. Esses fatores diminuem a capacidade vegetativa das plantas que produzirão menos biomassa. A redução da biomassa aumentará a susceptibilidade do solo ao impacto da gota da chuva e ao escoamento superficial, o que inicia o processo de erosão.

Uma das condições que tende a ampliar a compactação é o alto teor de umidade. Os solos argilosos com muita umidade tomam-se plásticos e, com a compressão causada pelo pisoteio dos animais, há um aumento da densidade (CORREIA; REICHARDT, 1995). Outra condição é o teor de argila. Pinzon e Amezquita (1991) observaram que animais em pastejo causavam desestruturação e maior compactação quando os solos apresentavam maior conteúdo de argila.

Por outro lado, o sistema de plantio direto também pode levar à compactação superficial de solos argilosos devido ao tráfego de máquinas em áreas com baixo teor de matéria orgânica (KOCHHANN, 1996).

A densidade do solo varia desde menos de $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ até valores maiores que $1,7 \text{ g cm}^{-3}$, com pequenas amplitudes de variação (CASSEL; BAYER, 1975).

De acordo com Beltrame *et al.* (1981), a macroporosidade abaixo de 10 % afeta a transferência de oxigênio para as raízes devido a limitações de troca de gases entre o solo e a atmosfera, acarretando mal suprimento de oxigênio que, associado à maior resistência a penetração, causa redução do sistema radicular, refletindo-se em maior sensibilidade das plantas às pequenas estiagens e ao mal aproveitamento dos fertilizantes.

Todas as ações adotadas visando incrementar a produtividade primária da pastagem representam benefícios ao solo (MORAES *et al.*, 2002).

Além da intensidade de pastejo, o tempo de uso da pastagem representa um fator importante na compactação do solo e redução na produção da pastagem. Em um latossolo amarelo da Amazônia, Correia e Reichardt (1995) avaliaram uma pastagem de *Brachiaria humidicula* em pastejo por 4, 6 e 10 anos e concluíram que houve tendência em aumentar a densidade total e a resistência a penetração com o passar dos anos de pastejo, na camada de 0-10 cm. Os resultados obtidos por Murphy *et al.* (1995) indicaram que mesmo num curto período de tempo (1 ano), estes efeitos podem ser medidos.

O efeito na compactação do solo é diferente segundo a espécie e categoria animal utilizadas em pastejo. De acordo com Murphy *et al.* (1995), este parâmetro é um dos mais importantes indicadores bióticos do solo, sendo uma forma bastante sensível de se avaliar a intensidade dos efeitos de manejo no microambiente do solo.

Blaser (1966) afirmou que a compactação do solo causada pelos animais em pastejo pode ser responsável pela queda da produtividade das pastagens. Em solos compactados ocorre redução da disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, devido a menor infiltração e perda de água por escoamento superficial. De forma adicional, a redução do espaço poroso do solo proporciona a diminuição da concentração de oxigênio disponível para as raízes, que se tornam superficiais, limitando assim o volume de solo explorado pelas plantas, com menor possibilidade de absorção de água e nutrientes.

A taxa de infiltração inicial, em áreas de pastagens cultivadas com elevada presença de leguminosas e bem manejadas, apresenta-se em igualdade de condições a áreas de pastagens nativas com ausência de animais, indicando que este tipo de pastagem, em zonas tropicais, pode ser utilizada para o restabelecimento de uma boa estrutura do solo. Por outro lado, a condutividade hidráulica é menor neste tipo de pastagem, possivelmente devido à compactação associada à alta lotação empregada durante a estação úmida, possibilitada pela elevada capacidade de suporte da pastagem nestas condições favoráveis de ambiente (HUMPHREYS, 1994).

O tipo de espécies presentes na pastagem pode ter influência no efeito do animal sobre a taxa de infiltração do solo. Alegre e Lara (1991) observaram uma menor taxa de infiltração nas misturas constituídas de espécies de hábito ereto, que não protegem o solo do efeito do pisoteio, favorecendo por isto a compactação do mesmo.

O nível de oferta de forragem tem influência sobre a taxa de infiltração, porosidade e densidade aparente do solo. Bertol *et al.* (1998) constataram que a densidade do solo aumentou em condições de menor oferta de forragem, equivalentes às maiores pressões de pastejo. O pastejo não interfere negativamente com as condições de solo a ponto de prejudicar a produtividade de grãos. Contudo, os benefícios que podem ser obtidos para a cultura sucessora dependem do adequado manejo empregado nas pastagens (BONA FILHO, 2002)

Em estudo sobre diferentes sistemas de produção mistos envolvendo pastagens anuais de inverno, Fontaneli *et al.* (2000) concluíram que a integração lavoura-pecuária não alterou diversas características químicas e físicas do solo quando pastagens foram adequadamente manejadas, em sistema de plantio direto.

2.2.3 Utilização de pastagens na integração lavoura-pecuária

A condição predominante nos pastos brasileiros é a presença de uma lotação fixa que determina o baixo desempenho animal devido a falta de alimentos no inverno e, a baixa qualidade do resíduo acumulado em função da ineficiente utilização da forragem produzida no verão (MORAES; PALHANO, 2002).

Se, por um lado, grande parte dos nutrientes utilizados pelas culturas agrícolas para produção de grãos retornam ao solo pela decomposição da palhada em sistema de plantio direto, por outro lado, este nutriente poderá ser utilizado para produção de forragem dentro de um sistema de integração lavoura-pecuária (ASSMANN *et al.*, 2002).

Vários trabalhos de pesquisa na área de integração lavoura-pecuária priorizaram a seleção de forrageiras de inverno de diferentes ciclos, que mantivessem o solo coberto e permitissem longos períodos de pastejo. O plantio simultâneo de aveia e azevém acompanhados ou não de leguminosas, a seleção de herbicidas e as estratégias de controle de plantas daninhas e das próprias forrageiras durante os cultivos agrícolas permitiram a expansão do pastejo de inverno, inclusive em áreas altamente infestadas por invasoras (ALVES; MORAES, 2002).

Alves e Moraes (2002) num resgate da trajetória das pesquisas com integração lavoura-pecuária relataram a realização de ensaios que visavam o ajuste da pressão de pastejo para atingir o bom desempenho animal e a manutenção de palhada para a continuidade do sistema de plantio direto.

Um período de descanso variando de 15 a 30 dias após o final do pastejo e antecedendo o cultivo agrícola subsequente possibilita, na maioria dos casos, uma recuperação das plantas forrageiras que favoreciam o "afrouxamento" da camada superficial do solo, devido ao crescimento radicular e a formação de palhada para a manutenção do sistema de plantio direto (ALVES; MORAES, 2002).

A frequência é um dos componentes do pastejo e representa o intervalo de tempo entre um pastejo e outro (NABINGER, 1996). O controle da frequência e intensidade de desfolha das plantas no tempo e no espaço determina a essência do manejo da pastagem, definindo seu sucesso ou fracasso ao longo do tempo (MORAES; PALHANO, 2002). Estratégias complementares de manejo, como a fertilização no período de inverno e a manutenção de índices remanescentes de área foliar, vêm sendo pesquisadas visando a rápida recuperação das plantas após o pastejo (ALVES; MORAES, 2002).

O azevém consagrou-se como grande opção pela sua facilidade de ressemeadura natural, resistência a doenças, bom potencial de produção de sementes e versatilidade de

uso em associações (NABINGER *et al.*, 1999). Embora sendo mais lento na sua formação, permite uma utilização mais prolongada em relação às aveias. Este conhecimento é importante para se adequar o ciclo da gramínea de inverno com o ciclo da cultura de verão. Por exemplo, antecedendo à lavoura de milho, que deve ser semeada mais cedo em relação à soja, a opção mais lógica seria de utilizar as aveias que apresentam um ciclo mais curto em relação ao azevém.

O contrário se passa com relação à soja, sendo muito mais vantajosa a opção pelo azevém, que permite pastejo até meados de outubro. Além do mais, após a saída dos animais, o azevém ainda pode garantir a formação de sementes antes de sua dessecação, estando, assim, assegurado seu retorno no ano seguinte, com redução de gastos na aquisição de sementes (MORAES *et al.*, 2000).

2.2.4 Produtividade das lavouras em áreas de integração lavoura-pecuária

A produção total de cereais, leguminosas e oleaginosas da safra 2002/2003 poderá alcançar 113 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 17 % com relação à produção de 97 milhões de toneladas produzidas na safra anterior. A região sul do Brasil produziu 47 % do total do país e apresentou um aumento em relação à safra anterior de 23 % (IBGE, 2003).

Albuquerque *et al.* (2001) estudando os efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e na produtividade da cultura do milho concluíram que a compactação imposta pela presença de animais e máquinas pesadas na área afetaram o crescimento e a produtividade da cultura do milho. Por se tratar de solo argiloso, os autores ressaltaram a importância de se evitar o uso de máquinas pesadas e o pisoteio animal quando o solo estiver com a umidade acima do ponto de friabilidade.

Fontaneli *et al.* (2000) estudaram sistemas de produção mistos envolvendo pastagens anuais de inverno durante seis anos. Como resultado deste estudo, a cultura do trigo apresentou os melhores rendimentos quando presente no sistema que antecedia o cultivo da soja, em rotação com pastagens de aveia preta. O rendimento de grãos de milho não foi alterado pelos diferentes sistemas de cultivo mas pela deficiência hídrica ocorrida durante dois meses do período estudado. O cultivo da soja foi fortemente influenciado pelas variações climáticas ocorridas entre os anos. A soja cultivada após pastagem de aveia preta e ervilhaca e após trigo mostrou rendimento de grãos mais elevado.

Em trabalho desenvolvido na região de Guarapuava/PR, Moraes *et al.* (2000)

encontraram produtividades de soja semelhantes para sistemas de cultivo tradicionais em comparação com integração lavoura-pecuária, sendo que no primeiro ano do experimento o sistema integrado demonstrou melhor resultado. A produtividade de milho no sistema integrado foi inferior ao tradicional devido à época tardia de plantio, o que pode ter afetado o potencial de produtividade da cultura.

Estudando a produtividade de milho no sistema de integração lavoura-pecuária, Assmann (2001) concluiu que áreas pastejadas e adubadas com nitrogênio durante o inverno apresentam maior produtividade de milho, do que aquelas áreas não pastejadas. E ao contrário, nas áreas que não receberam adubação nitrogenada durante o inverno, as maiores produtividades foram obtidas em áreas sem pastejo.

É necessário um acúmulo mínimo de aproximadamente 2000 kg ha⁻¹ de resíduo de massa seca da cultura de inverno para assegurar produtividades de milho superiores a 9000 kg ha⁻¹ quando o nitrogênio não é aplicado ou é aplicado somente no verão em pequenas quantidades (ASSMANN, 2001).

Bona Filho (2002) estudando a produtividade de feijoeiro concluiu que no sistema de integração lavoura-pecuária é viável a aplicação de altas doses de nitrogênio exclusivamente na pastagem sendo dispensável sua aplicação na cultura sucessora. Considerou ainda que a soja, por apresentar alta capacidade de fixação biológica não se beneficiaria da fertilização nitrogenada na pastagem, ao contrário, poderia deixar importante contribuição para a pastagem sucessora em nitrogênio fixado biologicamente e sugeriu a necessidade de aprofundamento do conhecimento da resposta da cultura da soja no sistema de integração lavoura-pecuária para adoção de procedimentos de manejo que evitem adubações desnecessárias.

Lustosa (1998) avaliou a resposta das lavouras de verão em sucessão à pastagem de inverno em condições de diferentes ofertas de forragem, não encontrando diferenças nas produções de soja e milho.

2.3 A CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é uma leguminosa cultivada pelos chineses há cerca de cinco mil anos. Sua espécie mais antiga, a soja selvagem, crescia principalmente nas terras baixas e úmidas, junto aos juncos nas proximidades dos lagos e rios da China Central. Há três mil anos a soja se espalhou pela Ásia, onde começou a ser utilizada como alimento. Foi no início do século XX que passou a ser cultivada comercialmente nos Estados

Unidos. Houve um rápido crescimento na produção, com desenvolvimento das primeiras variedades comerciais. No Brasil, o grão chegou em 1882. A partir de então, diversos estudos foram feitos em diferentes pontos do país (ROESSING; MENEGHELO, 2001).

Segundo os dados da FAO, na safra 2001/02, o Brasil se destacou como o segundo país em área cultivada (13,9 milhões de hectares; 18 % da área mundial cultivada com soja) e produção (37,7 milhões de toneladas; 21 % da produção mundial de soja). Os Estados Unidos, primeiro país em área cultivada (29,5 milhões de hectares; 39 % da área mundial) e produção total (78,7 milhões de toneladas; 44 % da produção mundial) obteve na última safra a média de 2660 kg ha⁻¹, equivalente à média brasileira de 2700 kg ha⁻¹ (FAO, 2002).

O volume de exportação de soja pelo Brasil, previsto para safra 2002/03, é de 21 milhões de toneladas bastante próximo do previsto para as exportações norte-americanas, de 23 milhões de toneladas, uma diferença apenas de 8 %, evidenciando a ampliação de mercado para a soja brasileira (BORGES, 2002b).

No Paraná, as exportações do complexo soja (grão, farelo e óleo) geraram uma receita de US\$ 731 milhões em 2002, que representaram 25 % da pauta exportações do Estado. Os embarques de soja em grãos totalizaram um volume de 3,9 milhões de toneladas no período compreendido entre os meses de janeiro a agosto de 2002, resultado do aumento da demanda mundial, dos preços internacionais e do câmbio favorável (BORGES, 2002a).

A região Sul do Paraná contribuiu com 19 % do total produzido no Estado na safra 2001/02 e representou a melhor média de produtividade por regiões (2800 kg ha⁻¹). A região dos Campos Gerais é responsável pela elevação das médias de produtividade de soja no Estado, sendo a média do município de Ponta Grossa de 3000 kg ha⁻¹ (SEAB/PR, 2002).

Uma das principais causas da variação da produtividade da soja no Brasil tem sido a ocorrência de déficit hídrico. A disponibilidade de água é importante, principalmente, em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. Para obtenção do rendimento máximo, a necessidade de água na cultura da soja, durante todo o seu ciclo, varia entre 450 a 800 mm, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do seu ciclo (EMBRAPA, 2001).

Fontana *et al.* (2001) modificaram e validaram um modelo para estimativa do rendimento da cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul e concluíram que a água é o fator isolado que exerce maior influência na definição do rendimento da soja.

As temperaturas em que a soja melhor se adapta estão entre 20 e 30 °C, sendo que a temperatura ideal para o seu desenvolvimento está em torno de 30 °C. Temperaturas abaixo de 10 °C e acima de 40 °C são inadequadas para o cultivo de soja, sendo que a

floração somente é induzida quando ocorrem temperaturas acima de 13 °C (EMBRAPA, 2001).

Os solos cultivados com soja necessitam de sistemas de rotação de culturas para manter o ambiente produtivo nos aspectos físicos, químicos e biológicos. A cultura da soja tende a ter a produtividade prejudicada quando a fertilidade do solo não é favorável. Entretanto, os fertilizantes devem ser utilizados de forma racional devido à crescente dificuldade econômica para sua aquisição. (EMBRAPA, 2001).

Kluthcouski *et al.* (2000) estudaram diferentes manejos de solo no cerrado brasileiro e concluíram que o rendimento de soja não foi alterado pelos diferentes tipos de manejo de solo e níveis de adubação com fósforo e potássio. Os autores obtiveram um rendimento médio de 3520 kg ha⁻¹ de soja da variedade FT Estrela cultivada em sistema de plantio direto.

O sistema de plantio direto pode proporcionar benefícios ao cultivo da soja. Theisen *et al.* (2000) afirmaram que níveis crescentes de resíduos vegetais sobre o solo controlaram a infestação de *Brachiaria plantaginea* e aumentaram linearmente o rendimento da cultura da soja.

Para que o cultivo da soja não tenha interferência de outras leguminosas presentes em consórcios na pastagem de inverno, em sistema de integração lavoura-pecuária, é necessário o controle químico dessas espécies durante o período crítico de competição. Nesse caso, a cobertura do solo é mantida e quando a soja estiver na fase de maturação a pastagem começa a se restabelecer (PELLISSARI *et al.*, 2002).

A soja obtém a maior parte do nitrogênio que necessita através da fixação simbiótica, que ocorre com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Por isso, deve-se evitar a adubação com nitrogênio mineral, pois além de causar inibição da nodulação, não aumenta a produtividade da soja (EMBRAPA, 2001). Entretanto, Novo *et al.* (2001) concluíram que a adubação nitrogenada promoveu decréscimo na nodulação de soja mas aumentou os teores de nitrogênio na planta e nos grãos, conferindo maiores produtividades.

Com relação à adubação com fósforo, deve-se levar em consideração o resultado da análise de solo com relação ao teor de fósforo e à textura do solo. Em solos com teor de argila menor que 20 %, quando o teor de fósforo for maior que 18 mg dm⁻³, deve-se usar somente adubação de manutenção, sendo 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para cada 1000 kg de grãos que se espera produzir (EMBRAPA, 2001).

Tanto o cálcio como o fósforo têm importante ação no crescimento de raízes. Rosolem e Marcello (1998) verificaram que a baixa disponibilidade de fósforo e saturação por bases abaixo de 46 % induziram ao crescimento de raízes em comprimento e superfície.

Teruel *et al.* (2001) também detectaram alterações estruturais nos sistemas radiciais de soja cultivada sob baixos teores de fósforo no solo. Embora as raízes finas e longas tenham geometria favorável à absorção de fósforo em parcelas com teores menores que 45 mg kg^{-1} este ajuste não é suficiente para manter a mesma absorção que é observada em parcelas com maior disponibilidade do nutriente (ROSOLEM; MARCELLO, 1998).

Existe variabilidade genética entre as variedades de soja que determinam a eficiência da planta na absorção e utilização de fósforo em situação de baixa disponibilidade. Essa característica pode aumentar o potencial produtivo da cultura (FURLANI *et al.*, 2002).

Bressan *et al.* (2001) avaliaram os efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento, produção de grãos e teores de nutrientes de soja. Esses autores concluíram que o peso da massa seca da parte aérea aumentou linearmente com as doses de fósforo independentemente da inoculação com o fungo micorrízico. Os efeitos da inoculação são dependentes das doses de fósforo no solo e da espécie de fungos micorrízicos inoculados.

Prochnow *et al.* (2001) avaliaram diferentes fertilizantes como fonte de fósforo para o cultivo de soja. O teor de P_2O_5 solúvel em água não influenciou seu comportamento.

A soja possui alto potencial de rendimento de grãos mas em virtude da interação genótipo e ambiente esse potencial não é verificado em sua totalidade. O alto potencial de rendimento não garante que a planta seja eficiente na retenção das estruturas reprodutivas (NAVARRO JUNIOR; COSTA, 2002b).

A variedade de soja BRS 134 é do grupo de maturação médio e deve ser semeada preferencialmente em novembro, em solos de alta fertilidade. É indicada para semeadura nos Estados do Paraná, São Paulo, Santa Catarina e sul do Mato Grosso do Sul. Foi obtida pelo cruzamento entre BR83-147 e BR84-8309 apresentado alto potencial de rendimento mesmo em ambiente de média tecnologia. Apresenta excelente qualidade de sementes mas é moderadamente susceptível ao acamamento. A planta apresenta cor da flor branca, cor do hilo e pubescência marrom. A estatura média de plantas da variedade BRS 134 é de 82 cm, o teor médio de proteína nos grãos é de 37,8 % e teor médio de óleo nos grãos é de 18,8 % (EMBRAPA, 2002).

A produtividade média da soja varia muito em função do ambiente. Na Tabela 1 são apresentados os rendimentos médios da variedade BRS 134 obtidos em dois anos agrícolas consecutivos em diferentes localidades no Paraná.

TABELA 1 - Produtividade de soja (kg ha⁻¹) variedade BRS 134 em 11 localidades do Estado do Paraná nos anos de 1995 e 1996.

Localidade	Produtividade (kg ha ⁻¹)	
	1995	1996
Congoinhas	3116	2973
Sertaneja	2933	4303
Londrina	4280	3690
Palotina	3986	3981
Campo Mourão	3177	4286
Cascavel	3328	4086
Mariópolis	3499	2464
Guarapuava	3124	2963
Ponta Grossa Local A	2920	3475
Ponta Grossa Local B	2839	2666
Castro	3391	2111
Média	3384	3323

FONTE: Dall' Agnol (2003).

Os componentes de rendimento da soja são: número de ramos por planta, número de nós férteis por ramo, número de legumes por nó, número de grãos por legume e peso de 100 grãos. Cada um desses componentes tem importância relativa sobre o rendimento da soja, variando conforme a variedade (NAVARRO JUNIOR; COSTA, 2002a).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

3.1.1 Localização geográfica

O trabalho foi realizado em um talhão da Fazenda Agripastos, município de Palmeira/PR, localizado nas imediações das coordenadas de 25°21' de latitude Sul e 49°56' de longitude Oeste e altitude de 820 m (IAPAR, 2003), km 175 da Rodovia BR 277.

3.1.2 Histórico da área

O talhão que abrigou o presente trabalho já vem sendo explorado em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto desde 1976. O procedimento adotado para o manejo desta área inicia com a ressemeadura natural do azevém (*Lolium multiflorum*) após a colheita da soja (*Glycine max*) no mês de abril. Após 60 dias do início do crescimento do azevém, no mês de julho, inicia o período de pastejo, quando os animais permanecem na área duas horas por dia sem precipitação pluvial durante 90 dias. Em setembro o pastejo é interrompido para que o azevém produza suficiente cobertura para a semeadura da soja que é realizada em novembro. O ciclo da soja encerra com a colheita em abril, quando inicia novamente a ressemeadura natural do azevém (Figura 1).

3.1.3 Clima

O clima do município de Palmeira, conforme classificação climática de Köepen, é do tipo Cfb - Clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18° C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22° C e sem estação seca definida (IAPAR, 2003).

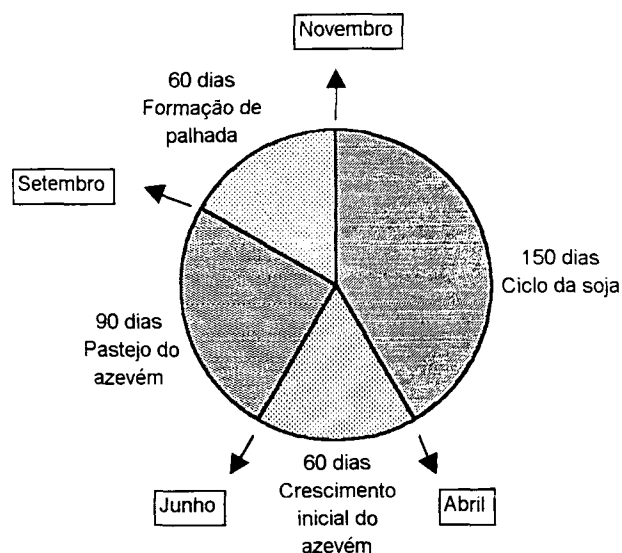


FIGURA 1 - Esquema representativo do procedimento de manejo adotado na área de integração lavoura-pecuária da Fazenda Agripastos em Palmeira/PR.

Foram realizados registros diários das temperaturas máxima e mínima do ar durante os meses de junho de 2001 a maio de 2002. A temperatura média do mês foi calculada pela média das médias simples entre a temperatura mínima e máxima diária. Na Figura 2 pode-se observar que a temperatura média nos meses de novembro a abril de 2001 foram superiores a 22°C , demonstrando diferença com relação à classificação de Köepen. As temperaturas médias obtidas nos meses de maio a setembro situaram-se abaixo dos 18°C , conforme a descrição do clima Cfb.

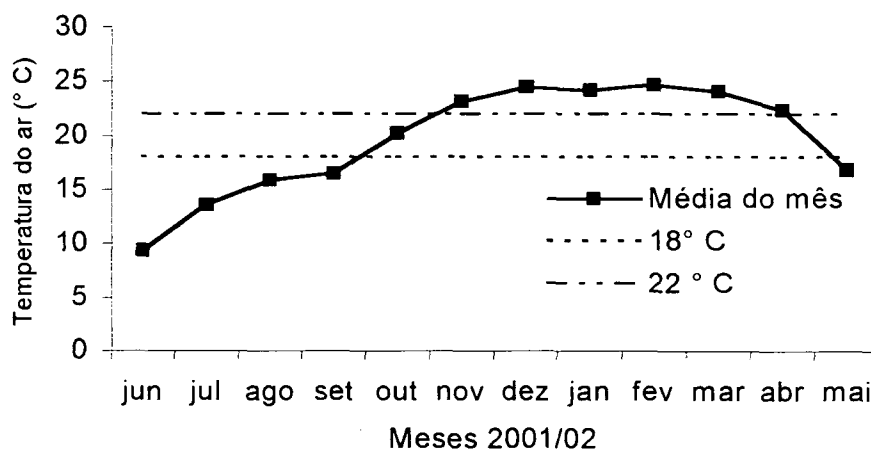


FIGURA 2 - Temperatura média mensal do ar registrada no período de junho de 2001 a maio de 2002 na Fazenda Agripastos em Palmeira/PR.

Na Figura 3 pode-se observar a temperatura mínima entre as mínimas e a temperatura máxima entre as máximas registradas durante o período de realização do experimento. O gráfico mostra a variação de temperatura registrada no local, com uma grande amplitude no mês de novembro, em que a mínima registrada foi de 10° C e a máxima de 38° C.

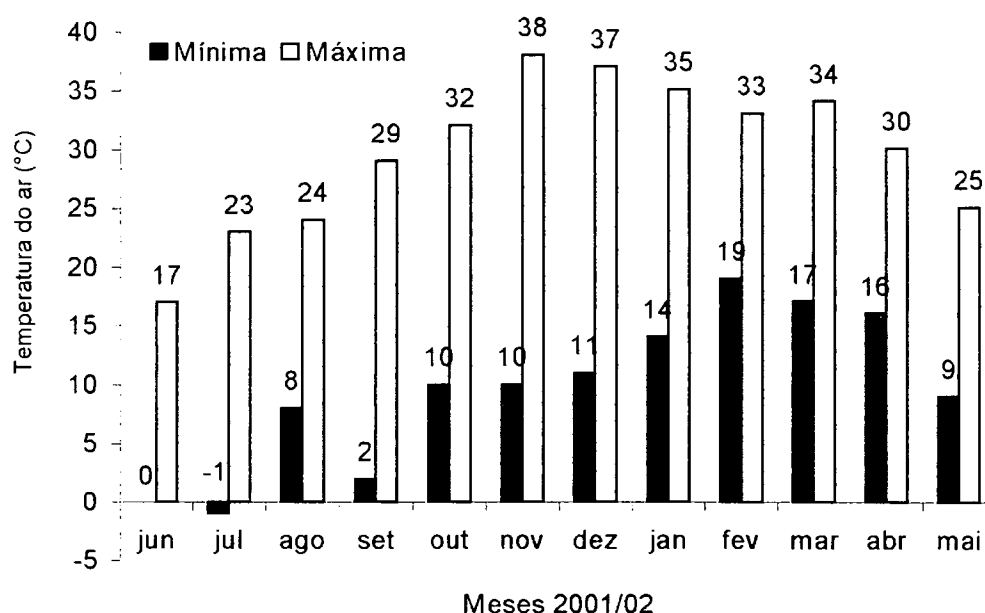


FIGURA 3 - Temperaturas mínima e máxima do ar registradas nos meses de junho de 2001 a maio de 2002 na Fazenda Agripastos em Palmeira/PR.

As temperaturas médias mensais durante o período compreendido entre novembro de 2001 e abril de 2002 foram superiores a 22 °C e inferiores a 25 °C (Figura 2), que favorecem o bom desenvolvimento da cultura (EMBRAPA, 2001). Não foram registradas temperaturas abaixo de 10 °C e acima de 40 °C durante o período mencionado acima (Figura 3), consideradas prejudiciais para a soja (EMBRAPA, 2001).

A água é o fator isolado que exerce maior influência na definição do rendimento da soja (FONTANA *et al.*, 2001). A precipitação diária também foi registrada, totalizando 1800 mm em 70 dias de chuvas. O balanço hídrico foi calculado pelo método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) adaptado por Rolim *et al.*, (1998). O extrato do balanço hídrico calculado para os meses de junho de 2001 a maio de 2002 na Fazenda Agripastos em Palmeira/PR pode ser observado na Figura 4.

Pode-se observar que houve um período de déficit hídrico durante o mês de março o que não coincide com o estágio fenológico mais sensível ao estresse hídrico na cultura da soja que é durante o florescimento e enchimento de grãos (EMBRAPA, 2001).

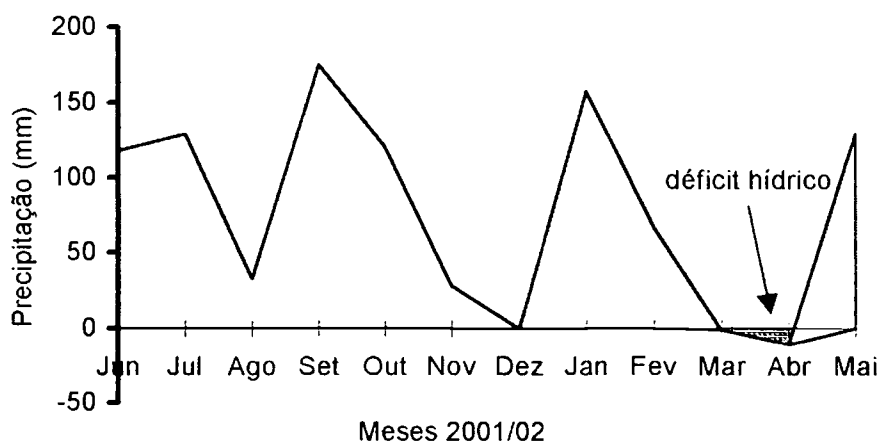


FIGURA 4 - Extrato do balanço hídrico nos meses de junho de 2001 a maio de 2002 na Fazenda Agripastos em Palmeira/PR.

3.1.4 Área experimental

A área experimental, isolada por uma cerca de arame farpado, foi de 2400 m² (120 x 20 m). Foi mantida uma área testemunha com 60 m² (6 X 10 m) onde não houve adubação nem pastejo, para o acompanhamento do crescimento do azevém. Ao redor da área total foi mantida uma faixa de bordadura de aproximadamente 5 m. A área experimental foi dividida em cinco glebas de 480 m² denominadas de 0 a 4 (Figura 5).

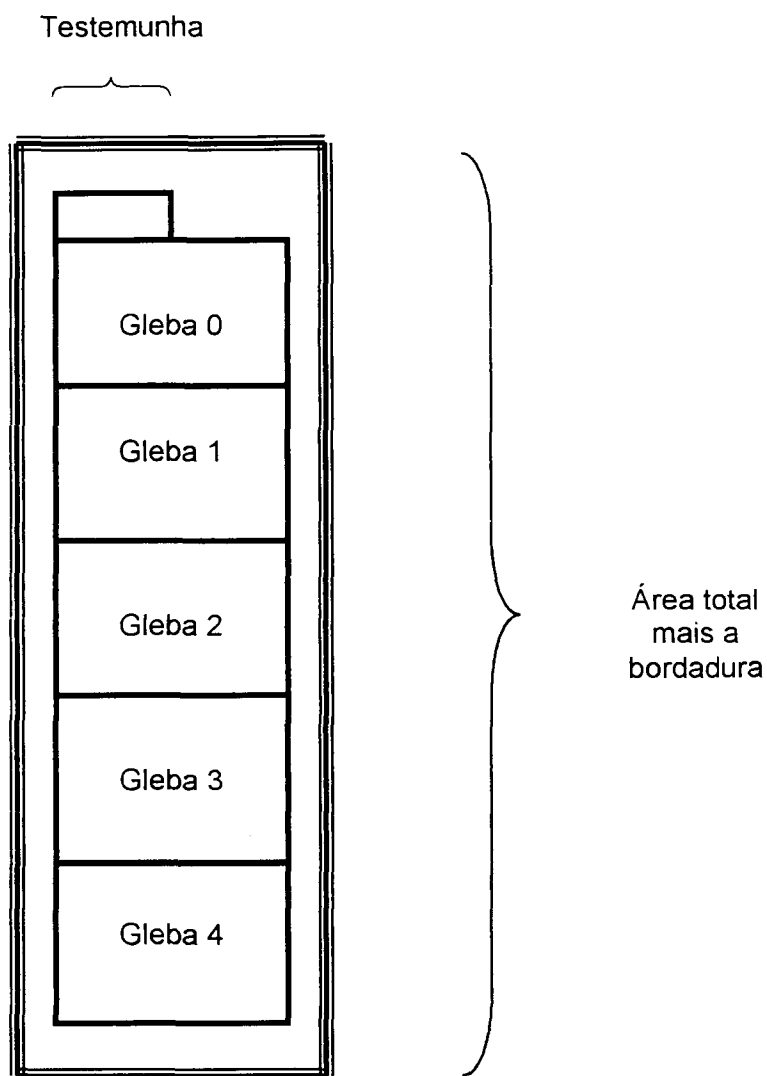


FIGURA 5 - Divisão de glebas na área experimental. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.

3.1.5 Solo

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, textura média. A caracterização granulométrica foi realizada por meio da coleta de quatro amostras simples nas profundidades de 0 a 3 e 5 a 8 cm em cada gleba da área experimental utilizando anel volumétrico (Tabela 2). As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR.

TABELA 2 - Granulometria e textura do solo da área experimental, em camadas de 0 a 3 e 5 a 8 cm, em 5 glebas, realizada antes da instalação do experimento em maio de 2001. Palmeira/PR.

Gleba	Profundidade (cm)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Textura do solo
0	0 a 3	46	19	35	Média
	5 a 8	43	21	36	Argilosa
1	0 a 3	51	20	29	Média
	5 a 8	48	21	31	Média
2	0 a 3	54	15	31	Média
	5 a 8	53	13	34	Média
3	0 a 3	62	10	28	Média
	5 a 8	59	12	29	Média
4	0 a 3	61	13	26	Média
	5 a 8	56	17	27	Média
Média	0 a 3	54	16	30	Média
	5 a 8	52	17	31	Média

Antes da instalação do experimento, o solo tinha acidez alta (pH 4,8 na profundidade de 0 a 10 cm e 4,6 na profundidade de 10 a 20 cm); teor de potássio médio na camada de 0 a 10 cm ($0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e baixo na camada de 10 a 20 cm ($0,07 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). O teor de fósforo era alto na camada de 0 a 10 cm ($21,4 \text{ mg dm}^{-3}$) e baixo na camada de 10 a 20 cm ($2,4 \text{ mg dm}^{-3}$) conforme classificação para cultura da soja no Estado do Paraná, sabendo-se que a calibração normalmente é feita considerando a camada de 0 a 20 cm (TOMÉ JUNIOR, 1997). O solo encontrava-se com alto teor de matéria orgânica (40 g dm^{-3} na camada de 0 a 10 cm e 28 g dm^{-3} na camada de 10 a 20 cm) e foi classificado como distrófico, considerando a percentagem de saturação por bases (47 % na profundidade de 0 a 10 cm e 35 % na profundidade de 10 a 20 cm) (TOMÉ JUNIOR, 1997).

3.2 ITINERÁRIO TÉCNICO

Foi adotado o termo itinerário técnico para o registro de todos os procedimentos de interferência técnica no desenvolvimento do azevém e da soja na área de estudo durante um ano agrícola considerado no período entre abril de 2001 e abril de 2002 (Tabela 3).

TABELA 3 - Itinerário técnico adotado na área de realização do experimento no período compreendido entre abril de 2001 e abril de 2002. Palmeira/PR.

DATA	PROCEDIMENTO
20/04/2001	Colheita da soja
Maio 2001	Germinação do azevém
16/06/2001	Adubação a lanço no azevém (90 kg ha ⁻¹ de N - uréia; 40 kg ha ⁻¹ de K ₂ O - KCl e; 0, 40, 80 ou 120 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ - superfosfato triplo).
10/07/2001	Condução de um lote de animais (5700 kg) para pastejo das 10 às 15 horas.
11/07/2001	Condução de um lote de animais (5700 kg) para pastejo das 8 às 15 horas.
12/07/2001	Adubação nitrogenada suplementar (45 kg ha ⁻¹ de N - uréia) nas glebas 0 e 1.
31/07/2001	Condução de um lote de animais (5350 kg) para pastejo das 8 às 15 horas.
01/08/2001	Condução de um lote de animais (5350 kg) para pastejo das 8 às 15 horas.
21/08/2001	Adubação nitrogenada suplementar (45 kg ha ⁻¹ de N - uréia) na gleba 2.
29/08/2001	Condução de um lote de animais (5600 kg) para pastejo das 8 às 12 horas.
30/08/2001	Condução de um lote de animais (5600 kg) para pastejo das 8 às 12 horas.
31/08/2001	Condução de um lote de animais (5600 kg) para pastejo das 8 às 12 horas.
06/09/2001	Adubação nitrogenada suplementar (45 kg ha ⁻¹ de N - uréia) na gleba 3.
15/09/2001	Aplicação de inseticida para controle da lagarta (<i>Pseudaletia adultera</i>) no azevém: 65 ml ha ⁻¹ de VALON® (Permethrin)
08/10/2001	Condução de um lote de animais (4900 kg) para pastejo das 8 às 12 horas.
09/10/2001	Condução de um lote de animais (4900 kg) para pastejo das 8 às 12 horas.
10/10/2001	Condução de um lote de animais (4900 kg) para pastejo das 8 às 12 horas.
19/10/2001	Adubação nitrogenada suplementar (45 kg ha ⁻¹ de N - uréia) na gleba 4.
25/11/2001	Semeadura de soja não inoculada, variedade BRS-134 com semeadora de 9 linhas distanciadas a 50 cm, regulada para 15 a 17 sementes por metro linear para população aproximada de 240.000 plantas ha ⁻¹ (25 % de perdas). Adubação com 160 kg ha ⁻¹ da formulação N-P-K 2-20-20.
17/12/2001	Aplicação de herbicida para controle de plantas daninhas de folha estreita na soja: 400 ml ha ⁻¹ ARAMO 200® (Tepaloxymidim) Aplicação de inseticida para controle de lagarta (<i>Anticarsia gemmatalis</i>) na soja: 100 ml ha ⁻¹ de VALON® (Permethrin) Adubação foliar na soja: 200 g ha ⁻¹ de BASFOLIAR® (Micronutrientes)
24/12/2001	Aplicação de herbicida para controle de plantas daninhas de folha larga na soja: 75 g ha ⁻¹ de CLASSIC® (Chlorimuron ethyl)
25/01/2002	Aplicação de inseticida para controle de lagarta (<i>Anticarsia gemmatalis</i>) na soja: 100 ml ha ⁻¹ de VALON® (Permethrin) Aplicação de herbicida para controle de plantas daninhas de folha larga na soja: 75 g ha ⁻¹ de CLASSIC® (Chlorimuron ethyl)
26/02/2002	Aplicação de fungicida para controle de oídio (<i>Microsphaera diffusa</i>) na soja: 500 ml ha ⁻¹ de DEROSAL® (Carbendazin) Aplicação de inseticida para controle de percevejo (<i>Nezara viridula</i>) na soja: 500 ml ha ⁻¹ de KARATE® (Lambdacyhalothrin) com 500 ml ha ⁻¹ de espalhante adesivo
24/04/2002	Colheita da soja

3.3 FASES DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em duas fases dentro de um ano agrícola, para melhor entendimento da metodologia utilizada, sendo: fase preliminar e fase experimental.

3.3.1 Fase preliminar

Foi chamada de fase preliminar o período compreendido entre o dia 16 de junho até o dia 24 de novembro de 2001 durante o qual houve o desenvolvimento da pastagem de inverno.

A germinação das sementes de azevém anual (*Lolium multiflorum*) aconteceu por ressemeadura natural em maio de 2001.

Durante esta fase foram aplicados os seguintes tratamentos: adubação fosfatada, frequência de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar, que serão descritos a seguir.

3.3.1.1 Adubação fosfatada

Diferentes doses de fósforo na forma de superfosfato triplo foram aplicadas em cobertura na cultura do azevém, após trinta dias da sua emergência. No mesmo dia foi realizada adubação com 90 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia e 40 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de KCl. Uma área de 60 m² foi mantida sem adubação com N, P e K. A distribuição do P foi realizada em faixas de 20 x 6 m no sentido da largura da área total do experimento. (Figura 6).

3.3.1.2 Frequência de uso da pastagem

Além da adubação fosfatada, outro tratamento aplicado foi: diferentes frequências de uso da pastagem definida como o número de vezes em que se permitiu o acesso do animal na pastagem (0, 1, 2, 3 e 4 entradas de animais na área), visando a simulação de diferentes frequências de uso da pastagem.

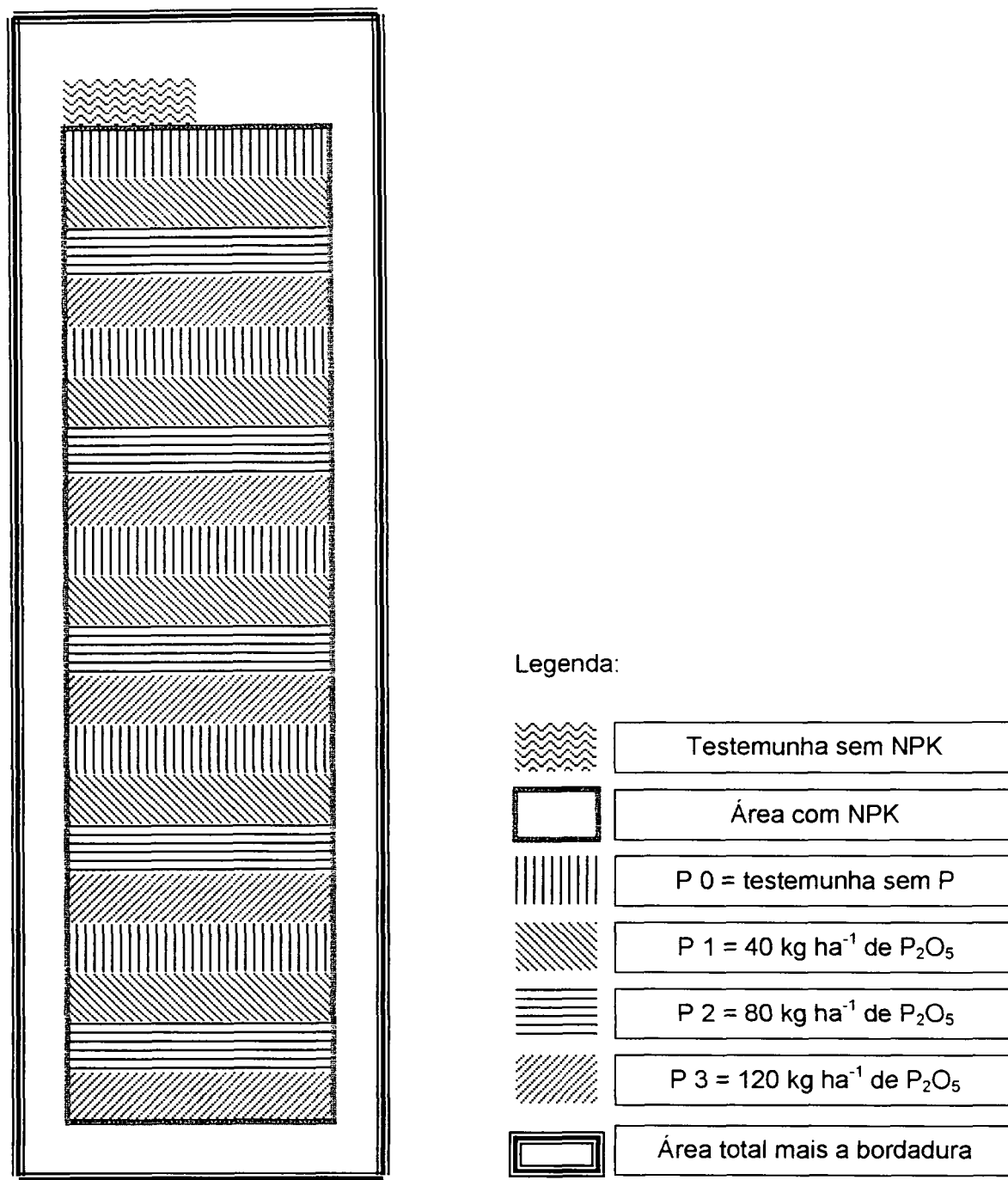


FIGURA 6 - Adubação fosfatada na área experimental. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.

O critério adotado para a determinação do momento da entrada dos animais foi a obtenção de uma massa de forragem entre 2000 e 2500 kg ha⁻¹ e, para a saída entre 1000 e 1500 kg ha⁻¹. A massa de forragem do azevém e o tempo necessário para a sua redução em cada período de pastejo estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 - Data, massa de forragem de azevém e tempo de acesso à pastagem nos 4 pastejos realizados como tratamentos dentro da área experimental. Palmeira/PR.

Pastejo	Data	Massa seca de forragem (kg ha ⁻¹)		Tempo total de acesso a pastagem (h)
		Antes do pastejo	Após o pastejo	
1º	10/07 e 11/07	2100	1174	12
2º	31/07 e 01/08	2161	1068	14
3º	29/08 a 31/08	2515	1200	12
4º	08/10 a 10/10	2500	1008	12

O lote de animais mestiços foi formado por 1 touro (700 kg), 9 vacas (400 kg) e 2 a 6 novilhos (200 kg), totalizando 5700, 5300, 5500 e 4900 kg de peso vivo (PV) no 1º, 2º, 3º e 4º pastejo, respectivamente. A densidade animal proporcionada pelas diferentes cargas foi de 3 kg de PV m⁻² (gleba 1), 3,4 kg de PV m⁻² (gleba 2), 4,2 kg de PV m⁻² (gleba 3) e, 5,7 kg de PV m⁻².

A estimativa da massa de forragem de azevém foi realizada por meio de avaliações semanais. Utilizou-se o método do disco (BRANSBY *et al*, 1977), com as calibrações feitas por meio do corte, secagem em estufa a 75° C até peso constante e determinação da massa seca de doze amostras utilizadas para construção de curvas de calibração, por meio de equações de regressão linear (Tabela 5). A média das leituras feitas em 20 pontos ao acaso dentro de cada nível de fósforo foi usada para o cálculo de massa seca de forragem.

TABELA 5 - Equações utilizadas para construção de curvas de calibração para estimativa de massa seca de forragem. Palmeira/PR.

Mês	Equação	R ²
Junho	Y = 0,67x + 3,16	0,87
Julho	Y = 0,81x + 2,14	0,91
Agosto	Y = 1,44x - 11,40	0,91
Setembro	Y = 0,59x + 12,06	0,89

A estimativa da massa seca de forragem a partir do mês de outubro foi realizada por meio do corte e secagem de quatro amostras de azevém, da mesma forma em que eram realizadas as calibrações do disco, usando um quadro de metal com área de 0,25 m², já que, devido a maior quantidade de massa seca de forragem nas áreas não pastejadas, o disco não comportava tais medidas.

A denominação dos tratamentos, a quantidade total de massa seca de forragem mais o mantilho, após as diferentes frequências de uso da pastagem na área com e sem adubação nitrogenada suplementar (outro tratamento aplicado, detalhado no item 3.3.1.3)

avaliado por ocasião da semeadura da soja em 24 de novembro de 2001, está apresentada na Tabela 6.

TABELA 6 - Denominação dos tratamentos referentes a frequência de uso da pastagem e massa de forragem produzida, consumida e final. Palmeira/PR.

Tratamento	Massa de forragem (kg ha ⁻¹)				
	Frequência de uso da pastagem	Total produzida	Consumida	Final = palhada	
				90 kg ha ⁻¹ de N	135 kg ha ⁻¹ de N
0	6204	0	6204	10380	
1	7020	926	6094	9158	
2	6551	2019	4532	8552	
3	7043	3334	3709	5904	
4	8368	4826	3542	5030	

Para viabilização da aplicação dos tratamentos foi construída uma cerca de arame farpado de 20 m de comprimento para isolamento da área não pastejada representada pela gleba 0 durante a primeira ação de pastejo, quando os animais pastejaram as glebas 1, 2, 3 e 4. Na segunda ação de pastejo foram isoladas as glebas 0 e 1 e, pastejadas as glebas 2, 3 e 4. Na terceira ação de pastejo a área isolada compreendeu as glebas 0, 1 e 2, sendo pastejadas as glebas 3 e 4. Na quarta e última ação de pastejo somente a gleba 4 foi pastejada, e as glebas 0, 1, 2 e 3 foram isoladas (Figura 7).

3.3.1.3 Adubação nitrogenada suplementar

Considerando a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura no azevém, 30 dias após sua emergência, a aplicação suplementar de mais 45 kg ha⁻¹ de N, totalizando 135 kg ha⁻¹ de N foi testada em comparação com a área testemunha. Para isso, foram aplicados 45 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia em cobertura suplementar depois do primeiro dia de precipitação pluvial, após o último pastejo de cada diferente frequência de uso da pastagem. Assim, na gleba 0 e na gleba 1 o nitrogênio foi aplicado no dia 12/07/2001, após precipitação de 20 mm. Na gleba 2 a aplicação ocorreu no dia 21/08/2001, após precipitação de 2,5 mm. A cobertura nitrogenada foi realizada na gleba 3 no dia 06/09/2001 após precipitação de 12,5 mm e na gleba 4 no dia 19/10/2001 após precipitação de 25 mm (Figura 8).

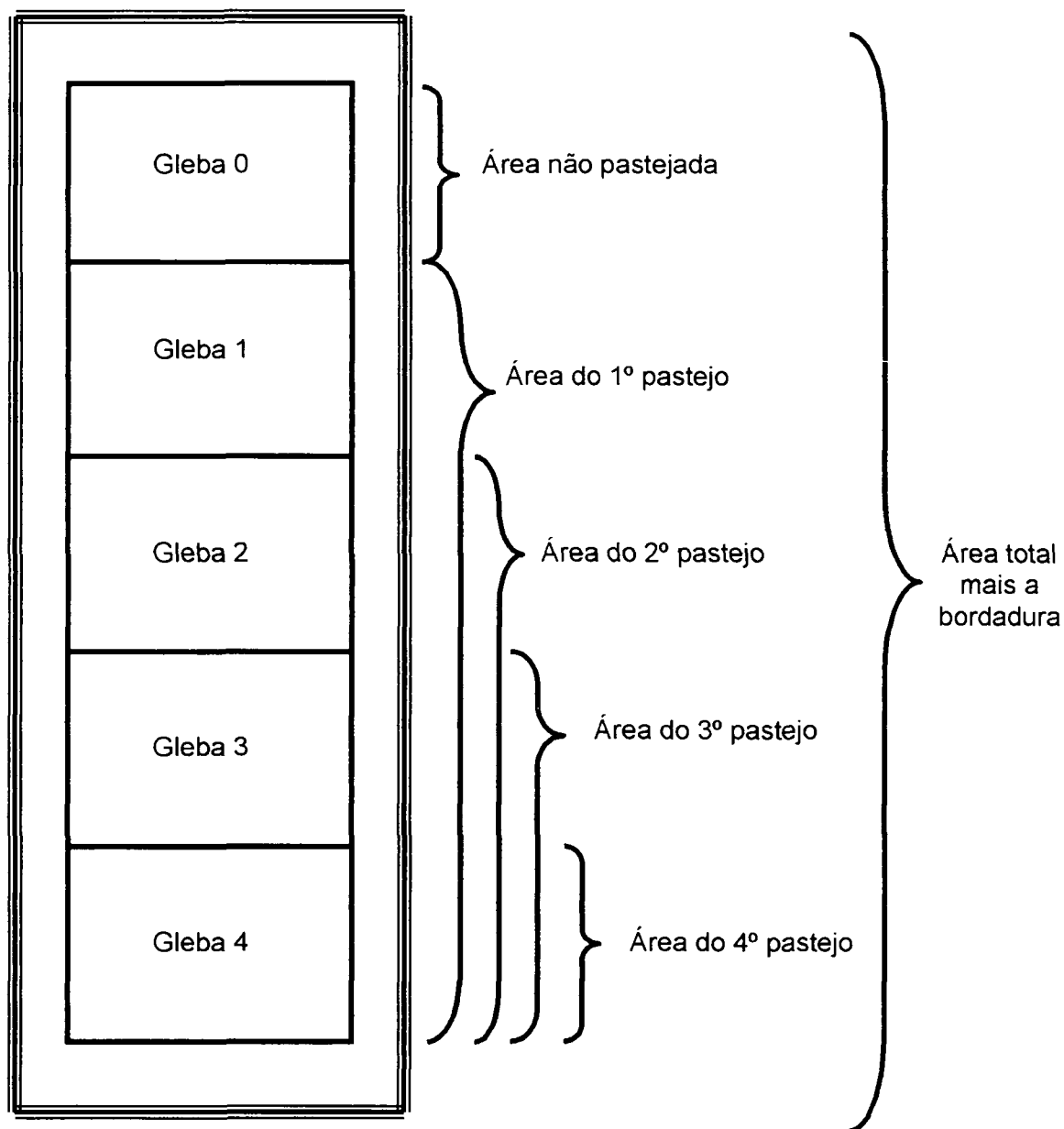


FIGURA 7 - Pastejo na área experimental. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.

3.3.1.4 Avaliações no azevém

As avaliações realizadas no azevém tiveram dois objetivos: determinar a disponibilidade de massa seca de forragem para a decisão do momento da entrada e saída dos animais em pastejo e; construir curvas de crescimento para diferentes situações proporcionadas pelas frequências de uso da pastagem na média das adubações fosfatadas

e nitrogenadas em comparação com a área testemunha que não recebeu adubação com N, P, e K durante o desenvolvimento da pastagem.

A estimativa de massa seca de forragem foi realizada por meio de medições semanais. Utilizou-se o método do disco (BRANSBY *et al*, 1977), com as calibrações feitas por meio do corte, secagem e pesagem de doze amostras utilizadas para construção de curvas de calibração, por meio de equações de regressão linear.

Foram consideradas as médias das medições feitas em 20 pontos ao acaso dentro de cada repetição dos níveis de fósforo para o cálculo da massa seca de forragem antes e depois do pastejo em kg ha^{-1} .

O critério adotado para construção das curvas foi a utilização da primeira medida realizada no mês somente nas áreas sem adubação nitrogenada suplementar.

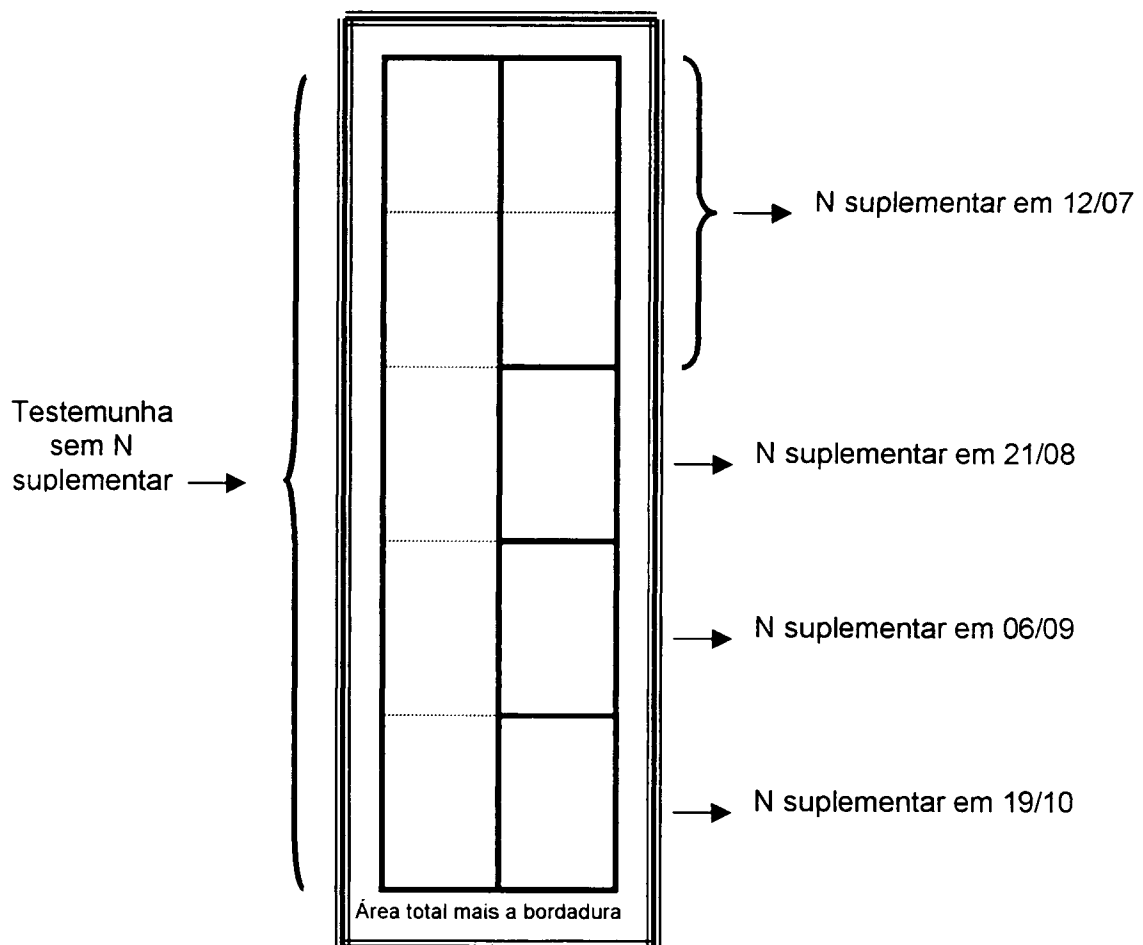


FIGURA 8 - Adubação nitrogenada suplementar na área experimental. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.

3.3.2 Fase experimental

O termo fase experimental foi adotado para designar o período compreendido entre 25 de novembro de 2001 a 24 de abril de 2002 equivalente ao ciclo da soja dentro do ano agrícola no sistema de integração lavoura-pecuária onde foram realizadas as avaliações.

Apesar de os tratamentos terem sido aplicados dentro de uma mesma área experimental, as avaliações na soja foram realizadas separadamente em dois experimentos distintos chamados de experimento 1 e 2.

3.3.2.1 Experimento 1

Foi realizado para verificação do efeito da adubação fosfatada em interação com as frequências de uso da pastagem, na área sem N suplementar, sobre o rendimento de soja. O delineamento experimental utilizado foi o de parcela subdividida com a frequência de uso da pastagem nas parcelas principais e as diferentes quantidades de adubação fosfatada nas subparcelas com 4 repetições. Houve sistematização dos tratamentos e blocos para viabilização operacional de sua aplicação.

Cada uma das cinco parcelas principais com 24 X 10 m (240 m²) recebeu tratamentos de frequência de uso da pastagem (testemunha, 1, 2, 3 e 4 entradas de animais na área para redução da massa seca de forragem). As parcelas principais foram divididas em quatro subparcelas com 10 X 6 m (60 m²) nas quais foi aplicado o tratamento adubação fosfatada (testemunha, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅). As quatro repetições foram realizadas nos blocos 1 a 4, totalizando 80 parcelas experimentais de 6 X 2,5 m (15 m²) com área útil para avaliações da soja de 8 m lineares, ou seja, 4 m lineares das duas linhas centrais da parcela, desprezando as bordaduras, numa área útil total de 4 X 1 m (4 m²). A representação esquemática do experimento 1 pode ser observada na Figura 9.

As avaliações foram realizadas por ocasião da colheita da soja, sendo amostradas manualmente 10 plantas por parcela para mensuração das seguintes variáveis:

- a) aspectos morfológicos da planta: estatura (cm); diâmetro de caule (mm), número de nós por planta; número de ramos por planta; altura de inserção do primeiro legume;
- b) partição de massa seca da planta: massa seca de grãos, caules e legumes, em gramas.
- c) Índice de colheita aparente (ICA) obtido pela divisão da massa seca de grãos (MSG) pelo somatório desta com o rendimento biológico (RB = massa seca de grãos, caules e legumes);

d) componentes de rendimento: número de legumes por planta; número de grãos por legume; número de grãos por planta e massa média de 100 grãos, em kg ha^{-1} .

Todas as plantas da área útil das parcelas foram colhidas para análise do rendimento de grãos (kg ha^{-1}) com correção da umidade para 13 % e considerando 10 % de perdas durante o processo de trilha mecanizada.

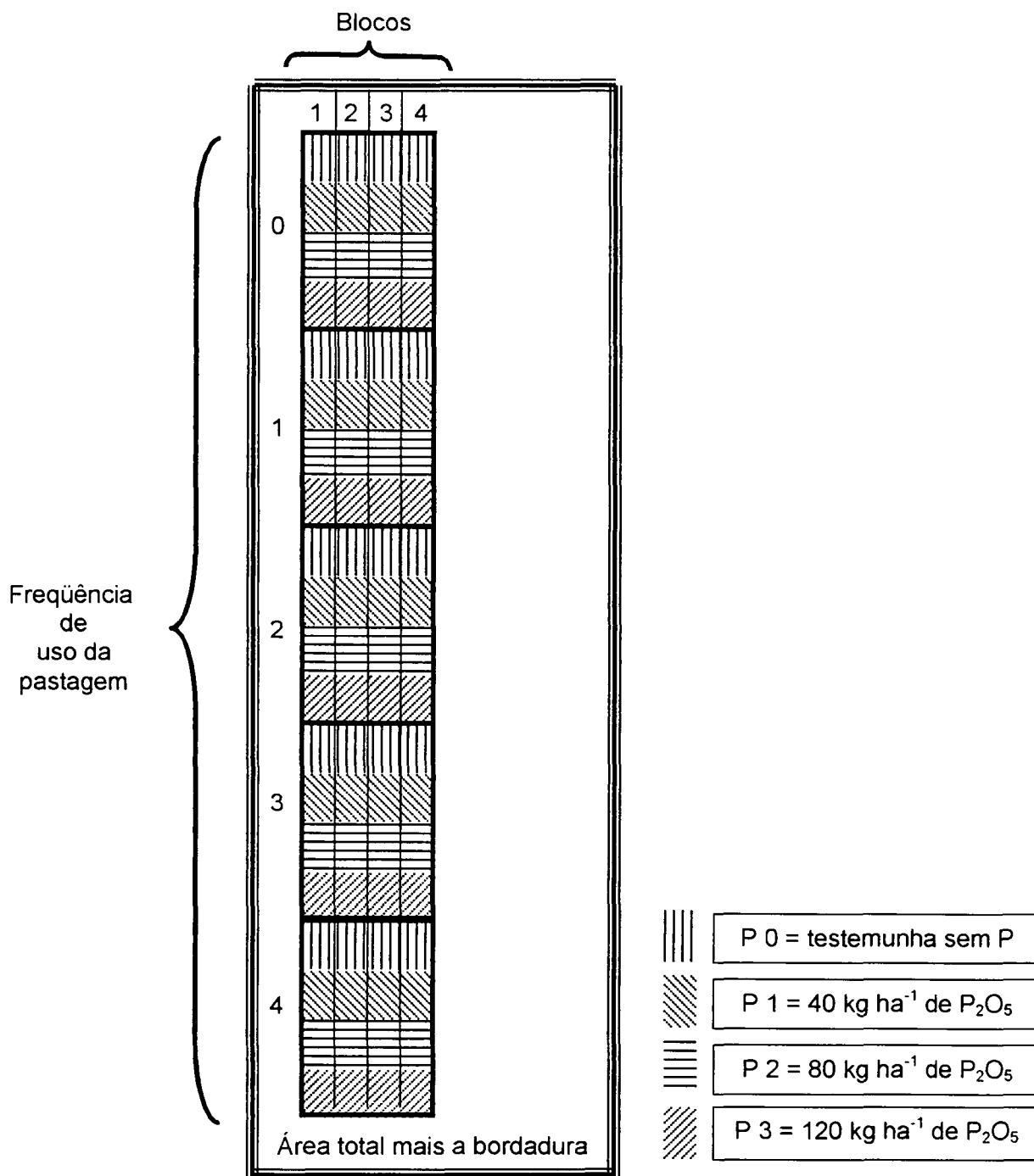


FIGURA 9 - Representação esquemática do experimento 1. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.

Os resultados obtidos no experimento 1 foram submetidos à análise de variância utilizando o programa SANEST. Os tratamentos tiveram suas médias testadas por meio do teste F. Quando os resultados revelaram existir diferença estatisticamente significativa entre as médias dos tratamentos, estas foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5 % de probabilidade.

3.3.2.2 Experimento 2

Foi realizado para verificação do efeito da adubação nitrogenada em interação com as freqüências de uso da pastagem sobre o rendimento de soja. O delineamento experimental utilizado foi o de parcela subdividida com a adubação nitrogenada nas parcelas principais e a freqüência de uso da pastagem nas subparcelas com 4 repetições. Houve sistematização dos tratamentos e blocos para viabilização operacional de sua aplicação.

A área total do experimento foi dividida em duas parcelas principais de 120 X 10 m (1200 m²) nas quais foram aplicados os tratamentos referentes à adubação nitrogenada suplementar (testemunha com 90 kg ha⁻¹ de N e 135 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia em cobertura após o último pastejo do azevém). As parcelas principais foram divididas em cinco subparcelas com 24 X 10 m (240 m²) onde foi aplicado o tratamento freqüência de uso da pastagem (testemunha, 1, 2, 3 e 4 entradas de animais na área para redução da massa seca de forragem). As quatro repetições foram realizadas nos blocos 1 a 4, totalizando 40 parcelas experimentais de 24 X 2,5 m (60 m²). A representação esquemática do experimento 2 pode ser observada na Figura 10.

As avaliações do experimento 2 foram as mesmas do experimento 1, descritas no item 3.3.2.1.

3.4 AVALIAÇÕES COMPLEMENTARES

3.4.1 Compactação do solo

Para verificação da possível existência de compactação do solo foram consideradas as variáveis densidade aparente e porosidade total.

As determinações de densidade aparente e porosidade total do solo foram realizadas por meio do método do anel volumétrico com altura de 300 mm, diâmetro interno de 565 mm e volume de aproximadamente 170 cm³.

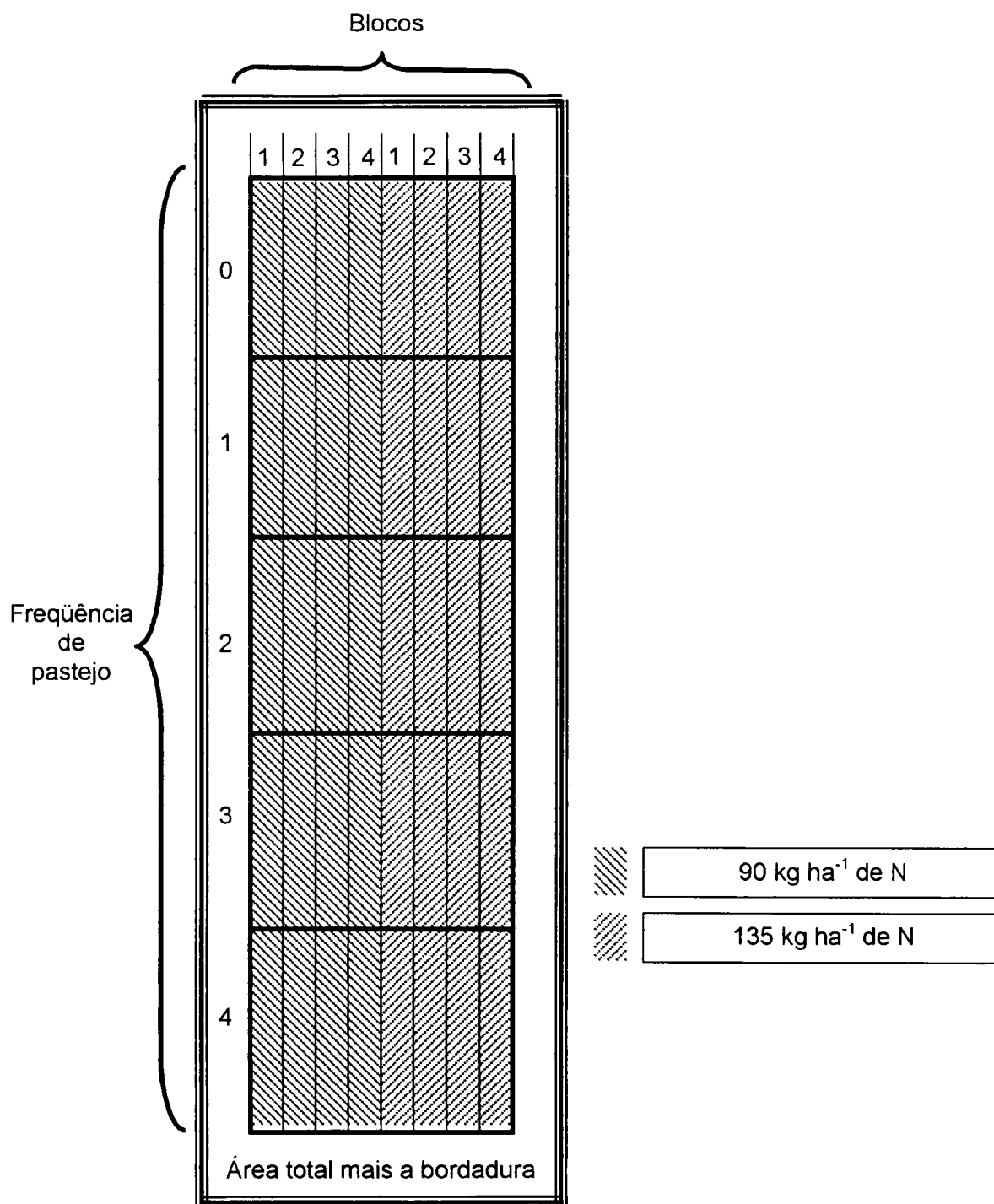


FIGURA 10 - Representação esquemática do experimento 2. Fazenda Agripastos, Palmeira/PR.

As amostras com estrutura inalterada foram coletadas em duas profundidades de solo (0 a 3 cm e 5 a 8 cm) com quatro repetições dentro de cada gleba em que foram aplicados os tratamentos de frequência de uso da pastagem.

As amostragens foram realizadas em três épocas, sendo a primeira antes da aplicação do tratamento frequência de uso da pastagem, a segunda logo após a aplicação do tratamento frequência de uso da pastagem e a terceira após a colheita da cultura da soja.

As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR seguindo-se a metodologia recomendada pela Embrapa (1997).

O delineamento experimental utilizado foi o de parcela sub-subdividida com a frequência de uso da pastagem nas parcelas principais, as diferentes profundidades de solo amostradas nas subparcelas e as épocas em que foram realizadas as amostragens nas sub-subparcelas com 4 repetições. Houve sistematização dos tratamentos e blocos para viabilização operacional de sua aplicação.

3.4.2 Fertilidade do solo

Para verificação de alterações na fertilidade de solo, foram consideradas como variáveis: pH (CaCl_2), K^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), P (mg dm^{-3}), matéria orgânica (g dm^{-3}) e saturação por bases (%).

A caracterização química foi realizada por meio da coleta de uma amostra composta por três amostras simples de cada uma das quatro áreas de 60 m² dentro das glebas 0 a 4 nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm utilizando um trado calador.

As amostragens foram realizadas em três épocas, sendo a primeira antes da aplicação do tratamento adubação fosfatada, a segunda antes da semeadura da soja e a terceira após a colheita da soja.

As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FASES DA PESQUISA

4.1.1 Fase preliminar

4.1.1.1 Avaliações no azevém

As avaliações para estimativa de massa de forragem do azevém, além de serem utilizadas como critério para determinação do momento de pastejo, originaram diferentes representações gráficas para a dinâmica de acúmulo de massa seca de forragem para as áreas com diferentes frequências de uso da pastagem.

Na Figura 11 são apresentadas as dinâmicas de crescimento de azevém não pastejado com e sem adubação com N, P e K.

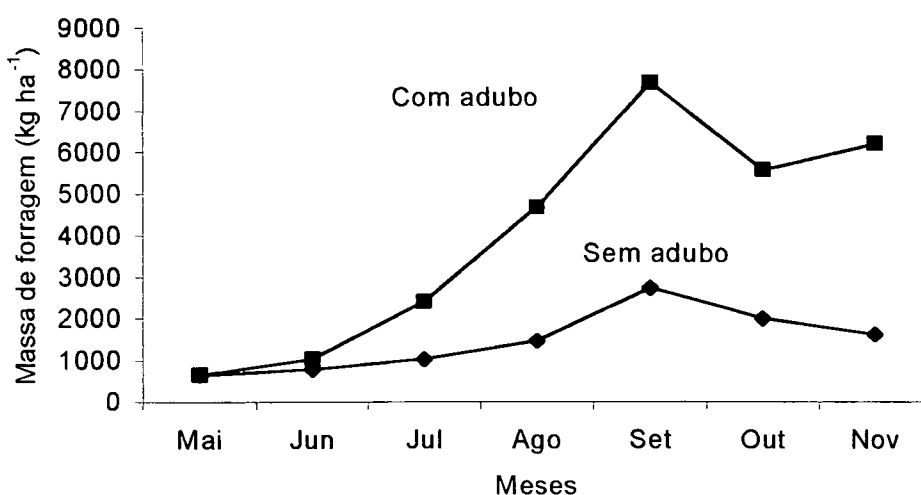


FIGURA 11 - Dinâmica de acúmulo de massa de azevém obtida pela estimativa de massa seca em área não pastejada com e sem adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.

Na área não pastejada e sem adubação N, P e K, o maior acúmulo de massa seca foi menor que 3000 kg ha⁻¹, registrado no mês de setembro.

Assim como qualquer organismo vivo, a planta forrageira apresenta desenvolvimento sigmóide em termos de crescimento (MORAES; PALHANO, 2002). A fase inicial foi caracterizada por um ritmo lento de crescimento nos meses de maio a julho. De agosto para setembro houve 85 % de aumento da massa seca, caracterizando a fase exponencial de crescimento. O rápido crescimento está diretamente relacionado com o índice de área foliar atingido nesta fase e melhor aproveitamento da luz (ALVES; MORAES, 2002).

A partir de setembro, o ritmo de crescimento foi reduzido, o que já foi relatado por Moraes e Palhano (2002) que atribuíram esta redução ao sombreamento sofrido pelas folhas mais velhas que apresentam senescência acelerada, contribuindo menos para a produção de massa seca.

O desenvolvimento foliar de azevém anual foi estudado por Viégas (1998) que determinou o intervalo de aparecimento de folhas (filocrono) e concluiu que a disponibilidade de nitrogênio é de grande importância para otimizar o uso da radiação solar e da temperatura visando o aumento de massa de forragem. Pode-se observar que a adubação com N, P e K proporcionou aumento da massa de forragem na área não pastejada, em comparação com a área não adubada (Figura 11).

A estimativa de massa de forragem realizada em setembro foi de 7681 kg ha⁻¹, quase três vezes superior a estimativa feita no mesmo mês na área não adubada. O azevém respondeu positivamente a adição de N, P e K, apesar de estar sendo cultivado em rotação com a soja adubada anualmente. Neste caso, além das quantidades de adubo adicionadas ao sistema, é de grande importância o equilíbrio adequado entre os nutrientes para que a forrageira expresse seu potencial (PEIXOTO *et al.*, 1994). Então, o alto teor de fósforo na camada de 0 a 10 cm e de matéria orgânica no solo, a adição de N, P e K resultou em aumento da produção de massa seca do azevém.

O nitrogênio é essencial para expansão foliar em pastagens por estarem submetidas ao desfolhamento constante (SCHNYDER *et al.*, 1999). A presença de altos teores de matéria orgânica pode disponibilizar nitrogênio ao longo do tempo, entretanto, segundo Nabinger (1996) para maximizar a densidade de perfilhos e atingir rapidamente o índice de área foliar ótimo, é necessário que haja disponibilidade imediata de nitrogênio, já no momento do corte. O estudo da aplicação de nitrogênio suplementar após o último pastejo foi realizado neste experimento considerando a disponibilidade imediata para o azevém.

Porém, ainda existe uma preocupação prioritária com a fertilização das culturas de grãos em comparação com as forrageiras. A recomendação atual é a utilização de fertilizantes na condução de lavouras anuais em sistema com pastagens para readequação química dos solos destinados às espécies forrageiras (EMBRAPA, 2001).

A representação da dinâmica de crescimento obtida para a gleba onde houve apenas uma entrada de animais para pastejo está representada na Figura 12. Observa-se que de meados de julho até outubro a estimativa de massa seca de forragem foi crescente e sempre superior a 2000 kg ha⁻¹. Mesmo com uma ação de pastejo nota-se que o acúmulo de massa apresenta alguma similaridade com a área onde a forragem não foi pastejada. Moraes e Palhano (2002) consideraram a existência de fotossíntese compensatória, em que as taxas fotossintéticas de plantas desfolhadas pelo pastejo são superiores às das plantas intactas. Esse fenômeno parece refletir em rejuvenescimento das folhas ou inibição da queda normal da capacidade fotossintética, devido ao avanço na maturidade, o que permite às plantas desfolhadas fixar mais carbono quando comparadas às plantas intactas (BRISKE; RICHARDS, 1995¹ citados por MORAES; PALHANO, 2002).

O azevém, apesar de ser lento na sua formação, permite utilização mais prolongada em relação às aveias por exemplo, podendo ser submetido ao pastejo até meados de outubro (MORAES *et al.*, 2000). Neste caso, pode-se associar a dinâmica de crescimento obtida com uma situação de sub-pastejo.

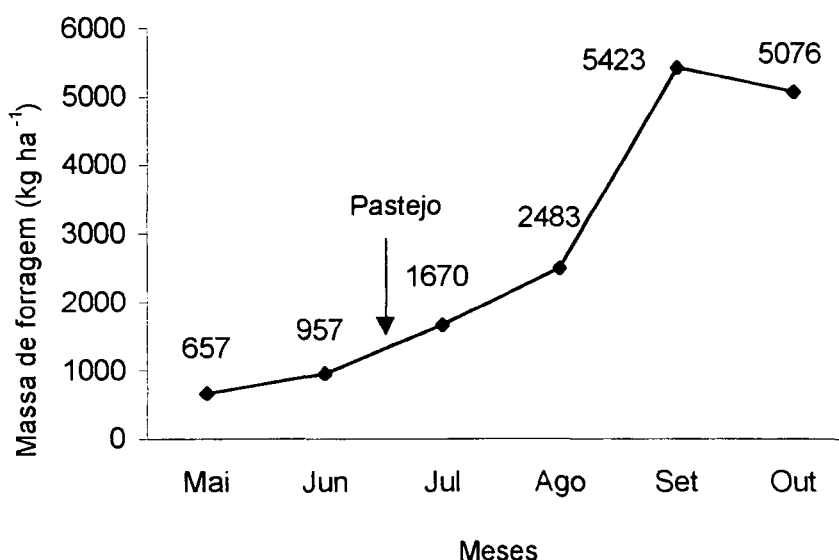


FIGURA 12 - Dinâmica de acúmulo de massa de azevém em área com freqüência de uso da pastagem 1 e com adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.

¹ BRISKE, D. D.; RICHARDS, J. H. Plant responses to defoliation: a physiological, morphological and demographic evaluation. In: BEDUNAH, D. J.; GOSEBEE, R. E. (Ed.). **Wildland and Plants: physiological ecology and developmental morphology**. Denver, Colorado: Society of Range Management, p. 635-710, 1995.

Com duas entradas de animais para pastejo, a dinâmica de crescimento encontrada está expressa na Figura 13. Este resultado reafirma que o azevém tem capacidade de produzir boa cobertura do solo no sistema de plantio direto e suportar a atividade pecuária durante o outono e inverno, como já foi mencionado por Moraes *et al.* (2002). Após duas ações de pastejo na área, houve a retomada de crescimento que atingiu maior acúmulo de massa seca em setembro, ultrapassando 3000 kg ha^{-1} , com uma taxa de acúmulo de agosto para setembro 97 % maior que a taxa de acúmulo do azevém que não foi pastejado neste mesmo período (Figura 11).

O conhecimento do hábito de crescimento das forrageiras permite melhor exploração do seu potencial, manejando o pastejo de forma a garantir o rebrote e a qualidade da pastagem, que no final de seu ciclo terá também que fornecer cobertura suficiente para permitir a semeadura direta de grãos na integração lavoura-pecuária.

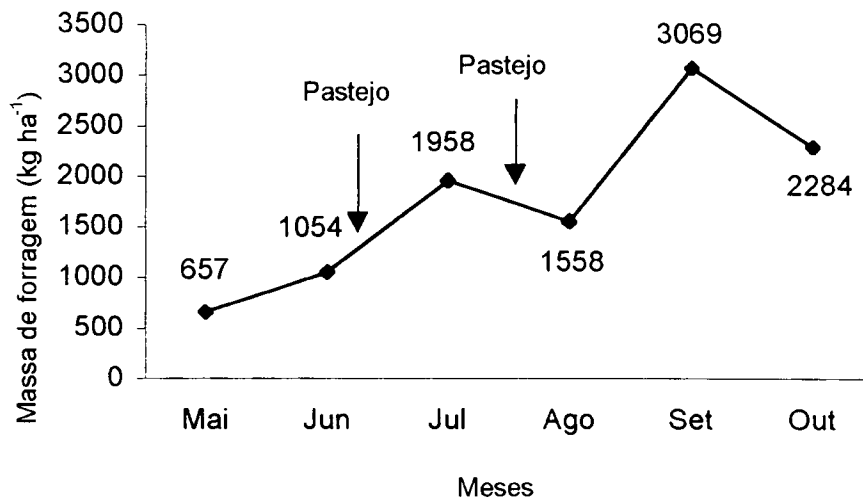


FIGURA 13 - Dinâmica de acúmulo de massa de azevém em área com frequência de uso da pastagem 2 e com adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.

Na Figura 14 está representada a dinâmica de crescimento do azevém da gleba que recebeu o tratamento de frequência de uso da pastagem 3. Mantendo o resíduo acima de 1000 kg ha^{-1} houve melhor aproveitamento da forragem em comparação com as menores frequências de uso da pastagem. O controle da frequência e intensidade de desfolha das plantas no tempo e no espaço determina a essência do manejo das pastagens (MORAES; PALHANO, 2002).

O melhor aproveitamento da pastagem pode maximizar o retorno econômico da propriedade avançando em direção da sustentabilidade, aspecto já discutido por diversos autores (BORMANN *et al.*, 1994; HEITSCHMIDT *et al.*, 1996; MORAES *et al.*, 2002). As

maiores freqüências de uso da pastagem (Figuras 14 e 15) podem representar uma exploração racional do recurso disponível. Mas, para isso, o conhecimento das interações que envolvem o desenvolvimento das forrageiras em sistema de integração lavoura-pecuária é essencial (VIGLIZZO, 1995).

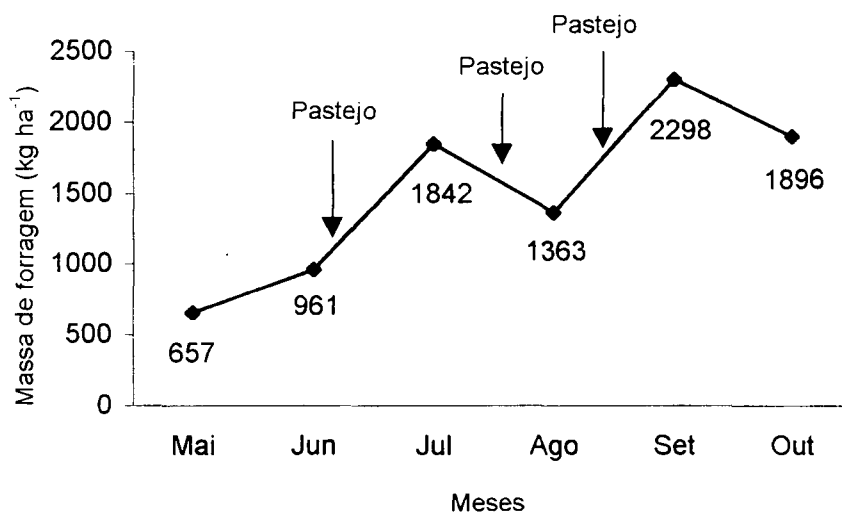


FIGURA 14 - Dinâmica de acúmulo de massa de azevém em área com freqüência de uso da pastagem 3 com adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.

Após 4 pastejos a dinâmica de crescimento de azevém apresentou redução do resíduo para formação de cobertura para a semeadura da soja (Figura 15). Alves e Moraes (2002) indicam que um período de descanso de 15 a 30 dias após o final do pastejo possibilita, na maioria dos casos, a recuperação das forrageiras.

Neste experimento, o último pastejo foi realizado no dia 10 de outubro (Tabela 4) e a soja foi semeada no dia 25 de novembro (Tabela 3) quando a disponibilidade de massa seca era de 3542 kg ha⁻¹ na área de pastejo 4 (Tabela 6). Esta estimativa mostra que, mesmo na área de freqüência de uso da pastagem 4, houve adequada produção de massa seca para cobertura do solo e semeadura direta da soja.

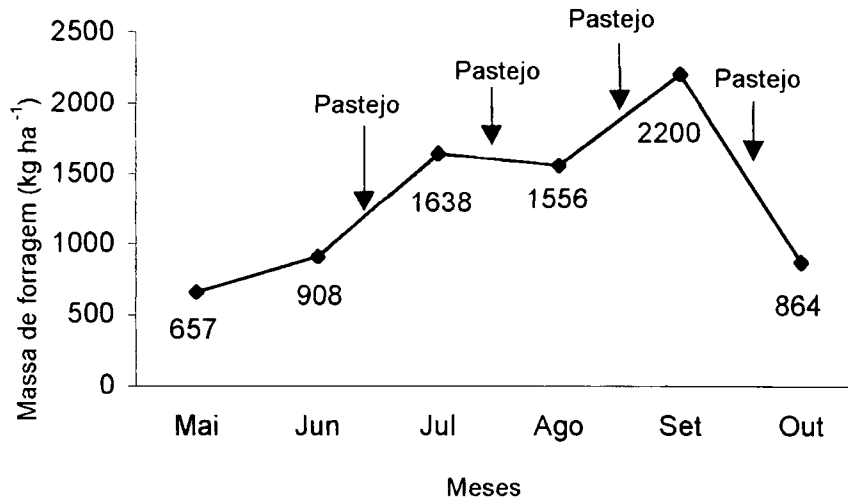


FIGURA 15 - Dinâmica de acúmulo de massa de azevém em área com freqüência de uso da pastagem 4 com adubação N, P e K. Palmeira/PR, 2001.

O início da fase reprodutiva do azevém, caracterizado pelo alongamento dos caules posiciona o meristema apical nos horizontes de pastejo, onde pode ser eliminado. Se o meristema apical é removido, a persistência da planta dependerá da rebrota de perfilhos preexistentes ou da formação de novos perfilhos a partir de gemas axilares e basais (MORAES; PALHANO, 2002). A retirada dos animais para a ressemeadura natural do azevém e formação de cobertura para a semeadura da soja é uma ação de manejo que deve considerar a fase fenológica da pastagem.

Moraes *et al.*, (2000) consideraram a escolha de combinações de culturas e pastagens ligadas aos interesses do sistema de produção em uso na propriedade como um fator relevante para o sucesso da integração lavoura-pecuária.

Na Fazenda Agripastos, o azevém ressemeia-se naturalmente todos os anos desde 1976. Não existe consórcio com outra forrageira e o cultivo de verão é sempre a cultura da soja. A dinâmica de crescimento apresentada na Figura 11 demonstra o aumento no acúmulo de massa seca de 2731 para 7681 kg ha⁻¹ no mês de setembro, evidenciando os benefícios da adubação da forrageira dentro do sistema adotado. Os nutrientes residuais do ciclo da soja intercalado ao ciclo do azevém não são suficientes para a exploração do potencial produtivo da pastagem. O azevém adubado e pastejado produziu mais palha por ocasião do plantio da soja do que o azevém não adubado e não pastejado (Tabela 6).

A utilização da pastagem em quatro oportunidades de pastejo não comprometeu a recuperação do azevém para formação de cobertura, sugerindo melhor aproveitamento da forrageira quando adubada.

4.1.2 Fase experimental

4.1.2.1 Experimento 1

Foi avaliado o efeito da adubação fosfatada e da frequência de uso da pastagem no azevém sobre o rendimento da soja.

O teor elevado de P (21 mg dm^{-3}) na camada de 0 a 10 cm do solo da área experimental é característico em áreas de plantio direto pela deposição superficial do adubo na semeadura (RHEINHEIMER; ANGHINONI, 2001; KOCHHANN, 1996; SILVEIRA; STONE, 2001). Nesta circunstância, a adubação com 160 kg ha^{-1} da formulação 2-20-20 (N-P-K), fornecendo 32 kg ha^{-1} de P_2O_5 por ocasião da semeadura da soja não se justifica. O solo da área experimental tinha mais de 20 % de argila e, neste caso, não se recomenda nem mesmo a adubação de manutenção para teores de P no solo maiores que 18 mg dm^{-3} (EMBRAPA, 2001).

Sabe-se que um dos maiores problemas de desenvolvimento das forrageiras é a falta de suprimento de P (SILVA *et al.*, 2001; SANTOS *et al.*, 2002; BERRETTA *et al.*, 1999; DEREGIBUS, 1999). Entretanto, a caracterização da área experimental e o estudo das ações de manejo de adubação em sistema de plantio direto sugerem uma situação inversa, em que se tem elevados teores de P e a contínua aplicação deste elemento na semeadura.

A adubação fosfatada no azevém foi muito além do necessário para o equilíbrio do sistema. Entretanto, a soja respondeu à aplicação de fósforo no azevém em interação com o tratamento frequência de uso da pastagem, o que resultou na alteração do número de ramos por planta de soja (Tabela 7).

TABELA 7 - Número de ramos por planta de soja cultivada após diferentes frequências de uso da pastagem e adubação fosfatada no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Frequência de uso da pastagem	Fósforo ($\text{kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) ^a			
	0	40	80	120
0	2,00 a A	3,00 a A	2,25 a b A	2,25 a b A
1	1,50 a B	2,75 a AB	3,25 a A	1,50 b B
2	2,25 a A	1,75 a A	1,75 b A	2,25 a b A
3	2,00 a A	2,50 a A	1,75 b A	2,75 a b A
4	2,25 a A	2,00 a A	3,25 a A	3,00 a A
CV ^{**} PASTEJO (%)	13,16			
CV FÓSFORO (%)	31,42			

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

^{**} Coeficiente de variação.

Considerando as doses 0 e 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para diferentes freqüências de uso da pastagem, não houve diferença significativa no número de ramos por planta de soja. Entretanto, foi encontrada redução da ramificação das plantas de soja cultivadas nas áreas em que o azevém foi pastejado duas e três vezes em interação com a dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em comparação com a freqüência de uso da pastagem 1 e 4. Quando o azevém foi pastejado uma vez em interação com a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ o número de ramos em plantas de soja foi menor do que nas áreas com freqüência de uso 4. Quanto às diferentes doses de P aplicadas, houve diminuição do número de ramos por planta de soja somente quando o azevém cultivado anteriormente foi submetido a uma ação de pastejo em interação com as doses de 0 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, quando comparadas com a dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A estatura das plantas não foi influenciada pela adição de P e nem pela interação da adubação com a freqüência de uso da pastagem. As plantas de soja cultivadas após azevém pastejado quatro vezes tiveram a estatura significativamente menor do que das plantas cultivadas após a freqüência de uso de pastagem 2 (Tabela 8). A estatura média de plantas de soja obtida neste experimento (78 cm) está abaixo da estatura média descrita para a variedade BRS 134 (82 cm), conforme descrição da Embrapa (2002), entretanto deve-se considerar que os fatores edafoclimáticos da área experimental podem influenciar nesta variável.

TABELA 8 - Estatura das plantas de soja cultivada após diferentes freqüências de uso da pastagem de azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Freqüência de uso da pastagem	Estatura (cm) ^a
0	77,79 a b
1	79,57 a b
2	81,94 a
3	78,28 a b
4	71,81 b
CV ^{ab} (%)	4,72

^a Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

^{ab} Coeficiente de variação.

A adubação fosfatada e a sua interação com a freqüência de uso da pastagem não tiveram influência significativa no número de nós por planta de soja. Considerando apenas a freqüência de uso da pastagem de azevém, aplicada como tratamento no azevém cultivado antes da soja, o número de nós por planta de soja na freqüência de uso da pastagem 2 foi maior do que na freqüência de uso 4, como mostra a Tabela 9.

TABELA 9 - Número de nós por planta de soja cultivada após diferentes frequências de uso da pastagem de azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Frequência de uso da pastagem	Número de nós por planta*
0	14,50 a b
1	14,44 a b
2	15,00 a
3	14,56 a b
4	13,81 b
CV** (%)	2,83

* Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

** Coeficiente de variação.

As características morfofisiológicas da soja, tais como número de ramos por planta, comprimento de ramos e número de nós, têm relação com o potencial produtivo da planta uma vez que representam maior superfície fotossintetizante e também potencialmente produtiva por meio do número de locais para surgimento de flores. Por outro lado, o número e o comprimento de ramos podem também representar demanda adicional que desvia os fotoassimilados (NAVARRO JUNIOR; COSTA, 2002a). O aumento do número de nós e ramos por planta, e o aumento da estatura das plantas não resultou em maiores rendimentos da soja.

Deve-se considerar a possibilidade da ocorrência de um confundimento nos resultados obtidos para diferentes níveis de P por ocasião do pastejo. A variação da altura das plantas em consequência de taxas de crescimento distintas pode ter confundido a interpretação dos resultados obtidos no cultivo da soja.

Não houve diferença significativa do rendimento de soja relacionado com as diferentes frequências de uso da pastagem no azevém e diferentes doses de P. As médias do rendimento de grãos de soja e seus componentes são apresentadas na Tabela 10.

TABELA 10 - Médias obtidas para rendimento de grãos de soja e seus componentes após diferentes frequências de uso da pastagem e adubação fosfatada no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Variável	Média	CV** PASTEJO (%)	CV _{FÓSFORO} (%)
Rendimento (kg ha ⁻¹)	3037 ^{ns}	9,38	15,54
Número de legumes por planta	48 ^{ns}	10,24	20,73
Número de grãos por planta	100 ^{ns}	9,84	22,13
Número de grãos por legume	2,1 ^{ns}	3,33	6,19
Massa média de 100 grãos (g)	14,2 ^{ns}	7,92	12,87

^{ns} Médias sem diferença significativa

** Coeficiente de variação.

O rendimento médio obtido está abaixo da média da variedade BRS 134 no Estado do Paraná de 3384 kg ha⁻¹ em 1995 e 3323 kg ha⁻¹ em 1996 (DALL' AGNOL, 2003). O componente de rendimento massa de 100 grãos também está abaixo de 16 g, considerado adequado para variedade BRS 134 (DALL' AGNOL, 2003), sendo que esta redução pode ter sido responsável pela queda do rendimento da soja.

As variáveis morfológicas diâmetro de caule e altura de inserção do primeiro legume em plantas de soja também não foram alteradas pela aplicação dos tratamentos adubação fosfatada e frequências de uso da pastagem (Tabela 11).

TABELA 11 - Médias obtidas para diâmetro de caule e altura de inserção do primeiro legume de soja após diferentes frequências de uso da pastagem e adubação fosfatada no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Variável	Média	CV ^{**} PASTEJO (%)	CV ^{**} FÓSFORO (%)
Diâmetro de caule (mm)	5,578 ^{ns}	5,67	9,13
Altura de inserção do 1º legume (cm)	20,7 ^{ns}	9,23	19,46

^{ns} Médias sem diferença significativa

^{**} Coeficiente de variação.

Na Tabela 12 são apresentadas as médias da massa seca de grãos, caules e legumes e do índice de colheita aparente de soja cultivada após azevém. Essas variáveis não foram influenciadas pela aplicação da adubação fosfatada e frequência de uso da pastagem no azevém.

TABELA 12 - Médias obtidas para partição de massa seca e índice de colheita aparente (ICA) de soja após diferentes frequências de uso da pastagem e adubação fosfatada no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Variável	Média	CV ^{**} PASTEJO (%)	CV ^{**} FÓSFORO (%)
Massa seca de grãos (g)	11,93 ^{ns}	12,04	22,00
Massa seca de caules (g)	7,15 ^{ns}	10,65	19,99
Massa seca de legumes (g)	4,44 ^{ns}	16,21	30,59
ICA	0,34 ^{ns}	11,62	21,21

^{ns} Médias sem diferença significativa

^{**} Coeficiente de variação.

4.1.2.2 Experimento 2

Foi analisado o efeito da adubação nitrogenada suplementar e frequência de uso da pastagem no azevém sobre o rendimento da soja.

Whitehead (1995) afirmou que os sistemas que envolvem pastagens caracterizam-se pela complexidade do ciclo do nitrogênio. O azevém cultivado antes da soja foi adubado com N, P, e K, 30 dias após sua germinação e no experimento 2 foi estudado a aplicação de adubação nitrogenada suplementar, totalizando 135 kg ha⁻¹ de N, próximo dos 150 kg ha⁻¹ considerados por Viégas e Nabinger (1999) como o nível ótimo de nitrogênio para o azevém.

O solo da área experimental possuía teor elevado de matéria orgânica que é considerada uma fonte de nitrogênio disponibilizado para as plantas por meio da mineralização (AMADO *et al.*, 1998).

A adição de nitrogênio em excesso nos sistemas de cultivo e as possibilidades de contaminações têm sido objeto de pesquisas em todo mundo (DELGADO, 1998; KUIPERS; MANDERSLOOT, 1999; MIGNOLET *et al.*, 1999; VIDAL *et al.*, 2000; KEEFER, 1995; SILVA; VALE, 2000; ASSMANN, 2001; RODRIGUES; KIEHL, 1992). Entretanto, neste experimento o nitrogênio aplicado no azevém teve efeito positivo sobre o rendimento da soja, o que pode sugerir o aproveitamento do elemento adicionado ao sistema na forma de aumento da produção de massa de forragem.

A interação existente entre a adubação nitrogenada suplementar em cobertura e as diferentes freqüências de uso da pastagem resultou em diferenças do rendimento de grãos de soja (Tabela 13).

TABELA 13 - Rendimento de grãos de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Freqüência de uso da pastagem	Rendimento da soja (kg ha ⁻¹)*	
	135 kg ha ⁻¹ de N	90 kg ha ⁻¹ de N
0	4414,8 ab A	3070,1 a B
1	4556,9 a A	3016,4 a B
2	3845,0 bc A	2655,7 a B
3	3919,3 abc A	3290,0 a B
4	3591,8 c A	3154,1 a A
Médias	4065,6	3037,3
CV** PASTEJO (%)	9,16	
CV NITROGÊNIO (%)	13,55	

* Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

** Coeficiente de variação.

A média do rendimento de grãos de soja obtida com a aplicação de nitrogênio (4066 kg ha⁻¹) ultrapassou a média da variedade BRS 134 para o Estado do Paraná que é de 3354 kg ha⁻¹ (DALL' AGNOL, 2003), e aumentou em comparação com a média obtida na

área sem adubação nitrogenada no azevém (3037 kg ha^{-1}). O rendimento médio da variedade BRS 134 para a localidade de Ponta Grossa (Tabela 1), com características de solo mais semelhantes à região da área experimental é de 2975 kg ha^{-1} (DALL' AGNOLL, 2003) demonstrando que o rendimento médio obtido neste experimento foi adequado às condições climáticas favoráveis ocorridas no período experimental, principalmente quando realizada adubação nitrogenada suplementar no azevém que antecedeu a soja no sistema de integração lavoura-pecuária.

Na área em que foi aplicado 135 kg ha^{-1} de N em cobertura no azevém, o rendimento foi superior na gleba de frequência de uso da pastagem 1 em relação às frequências 2 e 4. Na área com 90 kg ha^{-1} de N em cobertura no azevém não houve diferença entre as frequências de uso da pastagem. Na gleba de frequência de uso da pastagem 4 não houve diferença significativa no rendimento da soja quando comparadas as doses de 90 e 135 kg ha^{-1} de N em cobertura no azevém desenvolvido anteriormente.

Já foram relatados resultados positivos da adubação nitrogenada em soja aumentando o rendimento (NOVO *et al.*, 2001), entretanto ainda se recomenda evitar a adubação da soja com nitrogênio mineral por causar inibição da nodulação e não aumentar a produtividade (EMBRAPA, 2001). Na situação do presente experimento, o nitrogênio não foi aplicado diretamente na soja, mas aumentou seu rendimento quando aplicado na cultura antecessora, ressaltando a idéia de que o estudo da nutrição de plantas dentro de um sistema é mais adequado para adoção de ações de manejo, principalmente quando se busca a sustentabilidade em um agroecossistema.

A adubação nitrogenada em cobertura no cultivo de girassol foi estudada na Fazenda Agripastos, em solo sob sistema de plantio direto e rotação de culturas, com teor de matéria orgânica de 33 g dm^{-3} e o rendimento de girassol não foi alterado pela adubação em cobertura, possivelmente pela presença de nitrogênio disponível para as plantas pela mineralização da matéria orgânica (BRUGINSKI, 1999). Entretanto, na área de realização do presente experimento, dentro da mesma propriedade agrícola, o azevém antecede a soja todos os anos (não existe um plano de rotação de culturas) e o alto teor de matéria orgânica (47 mg dm^{-3}) na camada de 0 a 10 cm não significou indiferença com relação ao nitrogênio aplicado ao sistema, ao contrário, a adubação nitrogenada realizada no cultivo do azevém, foi positiva para o rendimento da soja mesmo sendo uma fabácea. Desta forma, a rotação de culturas dentro do sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto é de fundamental importância para ciclagem de nutrientes e a racionalização da adubação nitrogenada das plantas.

Deve-se considerar também que a presença dos animais em pastejo é um fator de aumento da complexidade do ciclo do nitrogênio. Quando os animais estão em pastejo, uma grande proporção dos nutrientes das plantas ingeridas retorna para a pastagem nos excrementos (BARROW, 1975), desta maneira uma quantidade substancial de nutrientes que está contida nos excrementos do gado pode ser potencialmente reciclado ao solo numa forma mais disponível (LOVELL; JARVIS, 1996). Entre 75 e 90% do N ingerido é excretado na urina, principalmente na forma de uréia. Cerca de 70 % do N da urina é uréia, sendo que o N das fezes está presente em formas orgânicas, principalmente de origem bacteriana, e são menos lábeis biologicamente que a uréia (BALL; RYDEN, 1984). O balanço entre o N excretado entre fezes e urina, varia de acordo com a quantidade ingerida no alimento (BARROW, 1975).

O tratamento aplicado no azevém apresentou efeito indireto no rendimento da soja, considerando que o aumento da produção de massa de forragem permitiu maior disponibilidade de cobertura para a semeadura da soja.

A quantidade de massa de forragem por ocasião da semeadura do cultivo de grãos ainda não foi bem definida pela pesquisa em integração lavoura-pecuária. O tratamento frequência de uso da pastagem neste experimento está diretamente relacionado com a massa de forragem de azevém por ocasião da semeadura da soja. Neste caso pode-se atribuir o maior rendimento da soja ao incremento de matéria orgânica no sistema e também aos benefícios originados pela maior quantidade de palhada na superfície do solo como por exemplo a diminuição do gradiente de temperatura e a manutenção da umidade.

Apesar de o rendimento da soja ter apresentado diferença entre os tratamentos, os componentes do rendimento foram estatisticamente semelhantes quando analisadas a adubação nitrogenada suplementar e a frequência de uso da pastagem no azevém. No entanto, pode-se observar um aumento de 12,5 % no número médio de legumes por planta de soja avaliada no experimento 2 com relação ao experimento 1, em que não foi considerada a adubação nitrogenada suplementar no azevém. Também o número de grãos por planta de soja que na média do experimento 1 foi de 100, no experimento 2 foi de 113. É possível que a associação destes dois componentes de rendimento seja responsável pelo aumento do rendimento da soja. As médias encontradas são apresentadas na Tabela 14.

A variedade BRS 134 apresenta massa média de 100 grãos de 16 g (DALL' AGNOL, 2003), mas neste experimento, a média encontrada foi de 14,5 g, sugerindo que o potencial genético da variedade não foi atingido neste experimento.

TABELA 14 - Médias obtidas para os componentes de rendimento da soja após diferentes frequências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Variável	Média	CV**	
		PASTEJO (%)	NITROGÊNIO (%)
Número de legumes por planta	54 ^{ns}	10,97	10,94
Número de grãos por planta	113 ^{ns}	10,21	11,86
Número de grãos por legume	2,1 ^{ns}	3,74	1,39
Massa média de 100 grãos (g)	14,5 ^{ns}	7,05	6,12

^{ns} Médias sem diferença significativa

** Coeficiente de variação.

Foi constatada a redução da estatura das plantas de soja cultivadas após azevém pastejado 4 vezes e que recebeu 135 kg ha⁻¹ de N em cobertura após o último pastejo em comparação com as plantas cultivadas após azevém adubado com 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura. As plantas de soja cultivadas após a frequência de uso da pastagem 2 apresentaram maior estatura que as cultivadas após frequência de uso da pastagem 4, na área adubada com 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura no azevém (Tabela 15).

A estatura média de plantas de soja verificada na área onde o azevém foi adubado com nitrogênio suplementar foi de 74 cm e na área sem nitrogênio suplementar foi de 78 cm. A estatura média da variedade BRS 134 é de 82 cm (EMBRAPA, 2002).

A variedade BRS 134 é moderadamente susceptível ao acamamento (EMBRAPA, 2002) mas, apesar desta característica, não foi verificado acamamento da cultura em nenhuma das glebas dentro da área experimental, mesmo quando o azevém foi adubado com dose suplementar de nitrogênio antes da soja.

TABELA 15 - Estatura de plantas de soja após diferentes frequências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Frequência de uso da pastagem	Estatura (cm) [*]	
	135 kg ha ⁻¹ de N	90 kg ha ⁻¹ de N
0	80,6 a A	77,8 ab A
1	80,6 a A	79,6 ab A
2	76,4 a A	81,9 a A
3	73,0 a A	78,3 ab A
4	61,4 b B	71,8 b A
CV** PASTEJO (%)	5,76	
CV NITROGÊNIO (%)	1,80	

^{*} Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

** Coeficiente de variação.

As plantas de soja apresentaram diminuição do diâmetro de caules quando foram cultivadas em área em que o azevém foi adubado com 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura após

freqüência de uso da pastagem 4 em comparação com as freqüências de uso da pastagem 0, 1 e 2. Na comparação entre as diferentes doses aplicadas, as plantas de soja cultivadas na área em que o azevém foi adubado com 135 kg ha⁻¹ de N em cobertura após freqüência de uso de pastagem 0 e 1 tiveram maior desenvolvimento em diâmetro de caule em comparação com a área sem adubação nitrogenada suplementar, ou seja, com 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura no azevém. (Tabela 16).

TABELA 16 - Diâmetro de caule de plantas de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Freqüência de uso da pastagem	Diâmetro de caule (mm) [*]			
	135 kg ha ⁻¹ de N		90 kg ha ⁻¹ de N	
0	6,38 a	A	5,43 a	B
1	6,50 a	A	5,63 a	B
2	6,10 a	A	5,75 a	A
3	5,80 ab	A	5,55 a	A
4	5,35 b	A	5,56 a	A
CV ^{**} PASTEJO (%)				5,91
CV NITROGÊNIO (%)				4,82

^{*} Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

^{**} Coeficiente de variação.

Os resultados obtidos para massa seca de caules de soja podem ser visualizados na Tabela 17.

TABELA 17 - Massa seca de caules de plantas de soja após diferentes freqüências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Freqüência de uso da pastagem	Massa seca de caules (g) [*]			
	135 kg ha ⁻¹ de N		90 kg ha ⁻¹ de N	
0	9,23 a	A	7,10 a	B
1	9,60 a	A	7,13 a	B
2	8,38 ab	A	7,50 a	A
3	7,45 bc	A	7,25 a	A
4	6,58 c	A	6,80 a	A
CV ^{**} PASTEJO (%)				10,73
CV NITROGÊNIO (%)				12,42

^{*} Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas ou por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

^{**} Coeficiente de variação.

Quando comparadas as diferentes doses de nitrogênio aplicadas no azevém, a análise estatística dos dados revelou que nas freqüências de uso da pastagem 0 e 1, em

área adubada com 135 kg ha^{-1} de N a massa seca de caules de plantas de soja foi significativamente maior em comparação com as plantas de soja cultivadas na com 90 kg ha^{-1} de N em cobertura cultivo anterior de azevém.

Não houve interação significativa entre os tratamentos adubação nitrogenada suplementar e frequência de uso da pastagem para variável altura de inserção do primeiro legume. Isoladamente, a adubação com 90 kg ha^{-1} de N em cobertura no azevém resultou em maior altura de inserção do primeiro legume de plantas de soja cultivadas na seqüência, ao contrário do que se esperava (Tabela 18).

TABELA 18 - Altura de inserção do primeiro legume em plantas de soja após diferentes frequências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Adubação nitrogenada	Altura de inserção do 1° legume (cm)
90 kg ha^{-1} de N	20,76 a
135 kg ha^{-1} de N	17,63 b
CV** NITROGÊNIO (%)	5,77

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

** Coeficiente de variação.

Outras variáveis não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 19). Observa-se que a massa seca de legumes e de grãos foi superior em comparação com o experimento 1 (Tabela 12), onde foi considerada a adubação fosfatada do azevém antes da soja. O índice de colheita aparente (ICA) foi similar nos dois experimentos (0,34).

TABELA 19 - Médias obtidas para número de nós e de ramos por planta, massa seca de grãos e legumes e índice de colheita aparente (ICA) de soja após diferentes frequências de uso da pastagem e adubação nitrogenada suplementar no azevém, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2002.

Variáveis	Média	CV** PASTEJO (%)	CV _{NITROGÊNIO} (%)
Número de nós por planta	14,3 ^{ns}	6,06	2,55
Número de ramos por planta	2,6 ^{ns}	16,25	12,98
Massa seca de grãos (g)	13,69 ^{ns}	11,41	15,22
Massa seca de legume (g)	4,92 ^{ns}	10,74	12,41
ICA	0,34 ^{ns}	11,06	14,84

^{ns} Médias sem diferença significativa

** Coeficiente de variação.

Assmann *et al.* (2002) afirmaram que uma das grandes vantagens do sistema de integração lavoura-pecuária é o aproveitamento de um mesmo nutriente para a produção

animal e vegetal reduzindo as perdas de nutrientes para o ambiente. Observa-se que houve neste experimento o efeito benéfico do sistema de integração lavoura-pecuária no rendimento de uma cultura, não por uma ação de adubação direta mas, pela adição de elementos minerais ao sistema.

4.2 AVALIAÇÕES COMPLEMENTARES

4.2.1 Compactação do solo

A análise estatística da variável densidade aparente do solo não demonstrou interação significativa entre os tratamentos frequência de uso da pastagem, profundidade e época de amostragem, porém, foi constatada diferença entre os tratamentos analisados separadamente.

Na Tabela 20 verifica-se influência da frequência de uso da pastagem sobre a densidade aparente do solo. A área sem pastejo apresentou densidade de $1,079 \text{ g dm}^{-3}$ enquanto a área de frequência de uso da pastagem 3 apresentou densidade de $1,299 \text{ g dm}^{-3}$.

TABELA 20 - Densidade aparente do solo sob diferentes frequências de uso da pastagem em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.

Frequência de uso da pastagem	Densidade aparente (g cm^{-3}) [*]
0	1,079 c
1	1,205 b
2	1,264 ab
3	1,299 a
4	1,254 ab
CV ^{**} (%)	3,9

^{*} Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

^{**} Coeficiente de variação.

Quando a densidade é utilizada como parâmetro para estabelecer o estado da compactação de um solo, deve estar sempre associada aos valores de umidade a que foram obtidas (ADUR, 1990). Neste sentido, Bowen e Kratky (1985) sugeriram valores críticos generalizados de densidade, considerando a capacidade de campo, que variam entre $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ para solo de textura argilosa e $1,85 \text{ g cm}^{-3}$ para solo de textura arenosa. Os dados obtidos na área deste experimento, onde a textura do solo foi classificada como média, estão abaixo de $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ que seria um valor crítico para solo de textura argilosa.

Considerando o desenho experimental em que este trabalho foi conduzido, deve-se salientar que a ordem de grandeza do efeito do pisoteio animal não é proporcional à do efeito do pastejo, provocando uma interação entre a frequência de uso da pastagem e a densidade animal. Como a área pastejada foi sendo reduzida e a carga animal mantida, a gleba de frequência de uso de pastagem 4 recebeu em média 5,7 kg de PV m⁻², superior aos 3 kg de PV m² da gleba 1. Outra consideração importante é a interação entre a densidade animal e a época do pastejo em relação à ontogenia da planta. A gleba 1 recebe o pastejo em uma condição de alocação de C, provavelmente, para formação de folhas e raízes, enquanto que, a gleba 4, além de receber um pastejo com elevada carga animal, já estava, provavelmente, acumulando C em colmos e estruturas de reprodução.

Conforme foi descrito na metodologia, para o tratamento com adubação nitrogenada suplementar no azevém estabeleceu-se que a distribuição do elemento seria feita após a precipitação pluvial ocorrida depois do último pastejo. Nas glebas 0 e 1 a adubação aconteceu no dia seguinte ao pastejo, enquanto que, nas glebas 2, 3 e 4 a adubação somente foi realizada após 20, 6 e 9 dias respectivamente. Então, a condição climática também pode ter ocasionado efeito de confundimento nos resultados obtidos.

Como o ganho de peso animal não foi considerado neste experimento, os animais entravam na área experimental após passarem pela ordenha, onde recebiam ração. É natural do comportamento animal selecionar o seu alimento, principalmente quando é ofertado em abundância. Esta reação comportamental do lote de animais que provocou a ação de pastejo na área experimental pode ter alguma relação com a maior densidade de solo presente na gleba de maior preferência de pastejo dos animais.

Com relação à profundidade de amostragem, foi constatada maior densidade aparente do solo na profundidade de 5 a 8 cm (Tabela 21).

TABELA 21 - Densidade aparente em diferentes profundidades de solo em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.

Profundidade (cm)	Densidade aparente (g cm ⁻³) [*]
5 a 8	1,337 a
0 a 3	1,104 b
CV ^{**} (%)	4,6

* Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

** Coeficiente de variação.

O adensamento e selamento superficial do solo, considerados por Mello (2002) como consequência do pisoteio animal sobre solo molhado em integração lavoura-pecuária não

aconteceu na área experimental. O manejo da palhada garantiu a cobertura do solo, impedindo a ação negativa do pisoteio animal na superfície do solo.

Associado ao manejo da palhada, o manejo da entrada animal somente em dias sem precipitação pluvial e o baixo teor de argila do solo da área experimental auxiliaram na manutenção da densidade aparente abaixo de $1,4 \text{ g dm}^{-3}$. O alto teor de umidade do solo e a quantidade de argila tendem a facilitar o processo de compactação do solo ocasionado pelo pisoteio animal (CORREIA; REICHARDT, 1995; PINZON; AMEZQUITA, 1991).

Não foi evidenciado aumento da densidade aparente do solo após o pastejo, ao contrário, a densidade do solo após o pastejo diminuiu em comparação à determinação feita antes da entrada do gado na área experimental. Entretanto, a densidade aumentou após a colheita da soja possivelmente devido ao tráfego de máquinas. A comparação entre a densidade aparente do solo nas três épocas de coleta são apresentadas na Tabela 22.

TABELA 22 - Densidade aparente do solo determinada em diferentes épocas em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.

Época	Densidade aparente (g cm^{-3}) ^a
Depois da colheita da soja	1,262 a
Antes do pastejo	1,224 b
Depois do pastejo	1,174 c
CV ^{**} (%)	8,3

^a Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

^{**} Coeficiente de variação.

Kochhann (1996) associou o tráfego de máquinas à compactação de solo com baixos teores de matéria orgânica e argilosos. O solo da área experimental, ao contrário, apresentava textura média e teores elevados de matéria orgânica. Neste caso, o que parece ter influenciado diretamente no aumento da densidade do solo após o cultivo da soja foi o número de passagens do maquinário na área durante o desenvolvimento da cultura para execução dos tratamentos culturais. Durante o desenvolvimento do azevém foi realizada apenas uma aplicação de agroquímico já, no cultivo da soja houve tráfego de maquinário agrícola em 6 oportunidades distintas (Tabela 3).

Entretanto, estas considerações não podem ser associadas ao rendimento da soja, confirmando o resultado encontrado por Consalter (1998) onde a produtividade da soja não foi afetada pelo pastejo animal e o solo não apresentou compactação devido ao pisoteio.

A análise da variável porosidade do solo resultou em interação significativa entre os tratamentos: frequência de uso da pastagem, profundidade e época de coleta de amostras.

Na Tabela 23 os dados são apresentados para visualização das diferenças apresentadas entre freqüências de uso da pastagem nas duas profundidades estudadas. Pode-se observar que não foram encontradas diferenças entre freqüências de uso da pastagem na profundidade de 5 a 8 cm. Na profundidade de 0 a 3 cm a porosidade variou entre as épocas de avaliação e as diferentes freqüências de uso da pastagem.

TABELA 23 - Porosidade do solo determinada em duas profundidades após diferentes freqüências de uso da pastagem para diferentes épocas em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.

Profundidade	Freqüência de uso da pastagem	Porosidade do solo (%) [*]		
		Antes do pastejo	Depois do pastejo	Depois da soja
0 a 3 cm	0	89,76 b	89,76 c	89,42 c
	1	90,24 a	90,24 a	89,54 bc
	2	89,79 b	89,79 b	89,80 ab
	3	90,00 ab	90,01 abc	90,04 a
	4	90,00 ab	90,07 ab	89,70 bc
5 a 8 cm	0	90,19 a	90,18 a	89,92 a
	1	90,07 a	90,07 a	90,10 a
	2	90,16 a	90,16 a	90,10 a
	3	90,31 a	90,24 a	90,07 a
	4	90,34 a	90,34 a	89,98 a
CV ^{**} PASTEJO (%)		0,213		
CV PROFUNDIDADE (%)		0,304		
CV ÉPOCA (%)		0,158		

^{*}Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

^{**}Coeficiente de variação.

O manejo da massa de forragem sobre o solo neste experimento pode ter favorecido a manutenção das características físicas do solo durante o pastejo. Bertol *et al.* (1998) consideraram que a massa de forragem tem influência sobre a porosidade do solo. Em situação de menor massa de forragem a porosidade do solo diminui, aumentando a sua compactação.

Outra consideração importante é que já havia diferença da porosidade entre as glebas de 480 m² utilizadas para testar as freqüências de uso da pastagem antes mesmo da entrada dos animais na área e, portanto, essa característica foi mantida proporcionalmente na camada de 0 a 3 cm de solo, enquanto que a porosidade do solo na profundidade de 5 a 8 cm permaneceu inalterada.

A Tabela 24 apresenta os mesmos dados da Tabela 23, mas arranjados de forma a facilitar a visualização da diferença de porosidade existente entre as duas profundidades de

solo amostradas nas áreas com diferentes freqüências de uso da pastagem. Pode-se verificar uma predominância de maior porosidade na profundidade de solo de 5 a 8 cm.

TABELA 24 - Porosidade do solo determinada após diferentes freqüências de uso da pastagem e em duas profundidades para diferentes épocas, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.

Freqüência de uso da pastagem	Profundidade (cm)	Porosidade do solo (%) ^a					
		Antes do pastejo		Depois do pastejo		Depois da soja	
0	0 a 3	89,76	b	89,76	b	89,42	b
	5 a 8	90,19	a	90,18	a	89,92	a
1	0 a 3	90,24	a	90,24	a	89,54	b
	5 a 8	90,07	a	90,07	a	90,10	a
2	0 a 3	89,79	b	89,79	b	89,79	b
	5 a 8	90,16	a	90,16	a	90,10	a
3	0 a 3	90,01	b	90,01	b	90,04	a
	5 a 8	90,31	a	90,24	a	90,07	a
4	0 a 3	90,01	b	90,07	b	89,70	b
	5 a 8	90,34	a	90,34	a	89,98	a
CV ^{**} PASTEJO (%)				0,213			
CV PROFUNDIDADE (%)				0,304			
CV ÉPOCA (%)				0,158			

Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

^{**} Coeficiente de variação.

O processo da compactação é caracterizado por redução severa da porosidade do solo (MELLO, 2002). No entanto, as plantas forrageiras favorecem o "afrouxamento" da camada superficial do solo devido ao crescimento radicial e a formação de palhada para a manutenção do sistema de plantio direto (ALVES; MORAES, 2002). A maior porosidade em profundidade de 5 a 8 cm pode estar relacionada com o grande número de galerias registrado nas amostras indeformadas de solo. O sistema de plantio direto e a integração lavoura-pecuária complementam-se para a manutenção da biologia do solo, favorecendo a manutenção da porosidade e aeração.

Os dados de porosidade do solo são apresentados na Tabela 25 de forma a permitir melhor visualização das diferenças encontradas entre as épocas de avaliação dentro de cada freqüência de uso da pastagem.

A última época de avaliação diferiu das demais, com diminuição da porosidade na profundidade de 5 a 8 cm na área não pastejada e na área com freqüência de uso da pastagem 4. Na profundidade de 0 a 3 cm a porosidade do solo foi significativamente menor nas áreas de freqüência de uso da pastagem 0, 1 e 4 após a colheita da soja em comparação com as épocas de coleta antes e depois do pastejo.

TABELA 25 - Porosidade do solo determinada após diferentes frequências de uso da pastagem, em diferentes épocas, para duas profundidades de solo, em área de integração lavoura-pecuária. Palmeira/PR, 2001/02.

Frequência de uso da pastagem	Época	Porosidade do solo (%) [*]	
		0 a 3 cm	5 a 8 cm
0	Antes do pastejo	89,76 a	90,19 a
	Depois do pastejo	89,76 a	90,18 a
	Depois da soja	89,42 b	89,92 b
1	Antes do pastejo	90,24 a	90,07 a
	Depois do pastejo	90,24 a	90,07 a
	Depois da soja	89,54 b	90,10 a
2	Antes do pastejo	89,80 a	90,16 a
	Depois do pastejo	89,80 a	90,16 a
	Depois da soja	89,80 a	90,10 a
3	Antes do pastejo	90,01 a	90,31 a
	Depois do pastejo	90,01 a	90,24 a
	Depois da soja	90,04 a	90,07 a
4	Antes do pastejo	90,01 a	90,34 a
	Depois do pastejo	90,07 a	90,34 a
	Depois da soja	89,70 b	89,98 b
CV ^{**} PASTEJO (%)		0,213	
CV PROFUNDIDADE (%)		0,304	
CV ÉPOCA (%)		0,158	

^{*} Médias seguidas por letras minúsculas distintas nas colunas diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %.

^{**} Coeficiente de variação.

O aumento da densidade aparente já apresentado na Tabela 22 e a diminuição da porosidade do solo podem ser atribuídos ao tráfego de máquinas durante o ciclo da soja. Então, os dados deste experimento revelaram que a ação do peso do maquinário exerce influência na compactação do solo. A preocupação com o efeito do pisoteio animal sobre as áreas de integração lavoura-pecuária não se justificam, pois, a ação do pastejo não aumentou a densidade aparente do solo e, portanto, não houve compactação.

Os resultados obtidos por Fontaneli *et al.* (2000) foram confirmados neste experimento. Os autores afirmaram que a integração lavoura-pecuária não aumentou a compactação do solo quando as pastagens foram manejadas adequadamente.

4.2.2 Fertilidade do solo

O resultado das análises de solo realizadas antes da adubação fosfatada e nitrogenada no azevém estão apresentados na Tabela 26.

TABELA 26 - Caracterização química do solo da área experimental, em camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm de 5 glebas, realizada antes da instalação do experimento em maio de 2001. Palmeira/PR.

Gleba	Profundidade (cm)	pH (CaCl ₂)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	Matéria orgânica (g dm ⁻³)	V (%)
0	00 a 10	4,6	0,12	19,4	46	39
	10 a 20	4,3	0,10	1,8	34	22
1	00 a 10	5,2	0,11	16,9	42	57
	10 a 20	5,0	0,08	1,5	28	48
2	00 a 10	4,6	0,10	21,3	43	37
	10 a 20	4,3	0,08	2,7	31	24
3	00 a 10	4,7	0,09	29,1	33	44
	10 a 20	4,5	0,07	2,7	23	32
4	00 a 10	5,1	0,08	20,2	34	58
	10 a 20	5,0	0,04	3,5	22	48
Média	00 a 10	4,8	0,10	21,4	40	47
	10 a 20	4,6	0,07	2,4	28	35

Após a aplicação dos tratamentos com adubações fosfatada e nitrogenada e frequência de uso da pastagem, o solo apresentou como resultado das análises químicas, acidez média na camada de 0 a 10 cm e acidez alta na camada de 10 a 20 cm (Tabela 27). O teor de K na camada de 0 a 10 cm permaneceu médio e baixo na camada de 10 a 20 cm. Com relação aos teores de P pode-se verificar que houve alteração na classificação do teor para a camada de 10 a 20 cm, estando alto também em profundidade. O teor de matéria orgânica manteve-se alto e a classificação do solo na camada de 0 a 10 cm passou de distrófico para eutrófico com saturação de bases de 60 % (TOMÉ JUNIOR, 1997).

TABELA 27 - Caracterização química do solo da área experimental, em camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm de 5 glebas, realizada depois da saída dos animais por ocasião do último pastejo em novembro de 2001. Palmeira/PR.

Gleba	Profundidade (cm)	pH (CaCl ₂)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	Matéria orgânica (g dm ⁻³)	V (%)
0	00 a 10	5,1	0,26	38,5	60	64
	10 a 20	4,9	0,10	2,9	39	51
1	00 a 10	5,2	0,19	24,4	41	66
	10 a 20	5,2	0,08	20,8	36	60
2	00 a 10	4,7	0,15	26,1	45	44
	10 a 20	4,5	0,08	19,3	33	31
3	00 a 10	5,2	0,13	23,4	40	57
	10 a 20	5,0	0,07	15,9	27	43
4	00 a 10	5,4	0,13	27,4	47	70
	10 a 20	5,4	0,09	17,7	30	61
Média	00 a 10	5,1	0,17	28,0	47	60
	10 a 20	5,0	0,08	17,7	33	49

Entretanto, deve-se considerar que esta mudança pode estar relacionada com erros analíticos ou de amostragem. A saturação por bases do solo é considerada por Tomé Junior (1997) como bom indicativo da fertilidade do solo. Sua elevação após a aplicação dos tratamentos, pode ser considerada positiva sob este aspecto, mas são necessários estudos complementares da viabilidade econômica do incremento energético representado pela adição de elementos minerais ao sistema. O sistema de plantio direto favorece o aumento da saturação por bases do solo (MUZILLI, 2002) o que pode ser uma ferramenta importante para a tomada de decisão em sistema de integração lavoura-pecuária, como foi comprovado no presente trabalho.

O teor de P na camada de 0 a 10 cm antes da instalação do experimento era de $21,4 \text{ mg dm}^{-3}$ e na camada de 10 a 20 cm era de $2,4 \text{ mg dm}^{-3}$. O sistema de plantio direto em comparação com o convencional favorece o acúmulo de P nas camadas superficiais, entretanto existe melhor aproveitamento do P pelas plantas devido a manutenção da umidade do solo por meio da sua cobertura permanente (RHEINHEIMER; ANGUINONI, 2001; KOCHHANN, 1996).

O teor de P na camada de 10 a 20 aumentou após os tratamentos e isto pode estar relacionado com a contaminação das amostras durante sua coleta com trado calador após a adubação realizada à lanço. Entretanto, este fato pode estar relacionado com a presença dos animais na área. O metabolismo animal excreta P quase exclusivamente pelas fezes, por este motivo, a presença dos animais em pastejo tem papel fundamental na ciclagem do P (ASSMANN *et al.*, 2002). A maior presença de matéria orgânica do solo pode melhorar a disponibilidade de fósforo como foi mencionado por Muzilli (2002).

Mengel e Kirkby (1987) relacionam a presença de nitratos com certa solubilização do P, que tem pouca mobilidade no solo (MARSCHNER, 1993). A aplicação de uréia eleva o nível de nitratos do solo (RODRIGUES; KIEHL, 1992) e tem influência sobre o pH do mesmo. A solubilização do P nos solos é dependente do pH (MENGEL; KIRKBY, 1987), que também apresentou alteração de 4,8 para 5,1 na camada de 0 a 10 cm e, de 4,6 para 5,0 na camada de 10 a 20 cm.

A última caracterização foi realizada após a colheita da soja (Tabela 28). A adubação feita na linha de semeadura da soja adicionou ao sistema $3,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, 32 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 32 kg ha^{-1} de K_2O . Considerando o nível elevado de P na camada de 0 a 10 cm do solo e a inexistência de resposta em aumento de produtividade da soja à adição de P em cobertura no azevém, pode-se considerar a adição deste elemento como desnecessária.

TABELA 28 - Caracterização química do solo da área experimental, em camadas de 0 a 10 e 10 a 20 cm de 5 glebas, realizada depois da colheita da soja em maio de 2002. Palmeira/PR

Gleba	Profundidade (cm)	pH (CaCl ₂)	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	Matéria orgânica (g dm ⁻³)	V (%)
0	00 a 10	5,1	0,19	25,7	60	59
	10 a 20	4,8	0,13	5,9	44	44
1	00 a 10	5,1	0,16	25,0	51	58
	10 a 20	4,8	0,11	3,5	38	41
2	00 a 10	4,9	0,18	26,2	51	51
	10 a 20	4,9	0,09	23,1	40	51
3	00 a 10	5,0	0,13	24,9	43	59
	10 a 20	5,0	0,09	18,4	32	53
4	00 a 10	4,3	0,16	28,8	50	66
	10 a 20	5,2	0,07	18,2	31	61
Média	00 a 10	5,1	0,16	26,1	51	58
	10 a 20	4,9	0,10	13,8	37	50

O nível de K poderia ser melhorado por meio da adubação, considerando que cada tonelada de grãos de soja produzida retira do solo 20 kg ha⁻¹ de K₂O, seriam necessários 40 kg ha⁻¹ de K₂O para uma produtividade média de 2000 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2001). A adição de 40 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura no azevém e 32 kg ha⁻¹ de K₂O na semeadura da soja parece ter sido suficiente para manutenção do nível médio.

Nas últimas safras houve aumento significativo do número de lavouras de soja, no Estado do Paraná, que apresentaram deficiência de K. O excesso de adubação fosfatada pode estar relacionado com este fato (EMBRAPA, 2001).

O cultivo da soja após adubação nitrogenada suplementar no azevém aumentou significativamente o seu rendimento, apesar de ser uma fabácea com bom potencial de fixação simbiótica de nitrogênio, como considerou Bona Filho (2002).

O manejo da matéria orgânica do solo em sistema de plantio direto e integração lavoura-pecuária deve ser melhor estudado, considerando as interações que em última instância podem proporcionar avanços significativos no sentido da sustentabilidade dos agroecossistemas.

5 CONCLUSÕES

- A adubação fosfatada e o pastejo no azevém não alteraram o rendimento da soja, para solo com nível alto do elemento no solo.
- A adubação em cobertura no azevém com 135 kg ha^{-1} de N aumentou o rendimento de soja nas áreas de frequência de uso da pastagem 0, 1, 2 e 3, em comparação com a dose de 90 kg ha^{-1} de N.
- O pisoteio dos animais em pastejo controlado não proporcionou compactação do solo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O enfoque sistêmico e interdisciplinar deve ser a base para o entendimento das relações existentes entre o solo, as plantas e os animais dentro do ciclo dos nutrientes num sistema de integração lavoura-pecuária.

Foi observado que a adubação com N, P e K no azevém resultou em aumento da massa seca de forragem e as diferentes freqüências de pastejo alteraram esse acúmulo. Também constatou-se que a utilização do azevém em quatro oportunidades de pastejo não comprometeu sua recuperação para formação de cobertura para o plantio direto.

Outra consideração interessante é o fato de o azevém adubado com N, P e K e submetido ao pastejo produzir mais massa de forragem do que o azevém não pastejado e sem adubação, salientando a existência de estímulo para o acúmulo de massa seca em locais pastejados e adubados convenientemente.

O aumento do rendimento da soja cultivada após azevém adubado com 135 kg ha^{-1} de N pode ser considerado como um efeito indireto dos benefícios proporcionados por uma maior quantidade de massa seca de forragem de azevém. A maior quantidade de palhada pode ter favorecido a manutenção da umidade e a diminuição do gradiente de temperatura do solo beneficiando o cultivo da soja. Entretanto, a aplicação de nitrogênio no azevém aumentou o rendimento da soja indiferentemente da quantidade de massa de forragem produzida.

As quantidades de massa seca de forragem obtidas pela aplicação do tratamento freqüência de uso da pastagem em interação com o tratamento adubação nitrogenada suplementar podem ser tomadas como referencial, já que a pesquisa em integração lavoura-pecuária ainda não supriu adequadamente a demanda por esta informação.

A integração lavoura-pecuária como sistema de cultivo permite o manejo de nutrientes no sistema como todo. A ciclagem de nutrientes num sistema que envolve as interações entre o solo, a planta e o animal é complexa e pode ser modificada pelas ações de manejo.

A diminuição da incidência de plantas daninhas no cultivo da soja foi observada. Nas áreas em que o azevém foi adubado, a presença de picão preto (*Bidens pilosa*) foi visualmente menor no cultivo da soja, em comparação com a área testemunha. As

interações existentes entre o estado nutricional das plantas e a ação de desfolha proporcionada pelo pastejo devem ser melhor estudadas.

A inclusão do milho na rotação de culturas da área experimental deve ser estudada, considerando que a maior quantidade de adubação nitrogenada nesta cultura poderia favorecer o sistema como um todo.

É de grande importância o estudo do fator econômico do sistema, já que a adubação fosfatada pode representar uma parcela significativa no custo de produção da soja.

O aspecto de ganho de peso animal e o manejo de pastagens dentro do sistema de integração lavoura-pecuária vêm merecendo atenção de muitos pesquisadores, no entanto, o estudo do componente agrícola do sistema é incipiente. Existem poucos trabalhos científicos com resultados relevantes. As informações transmitidas pela assistência técnica são subjetivas e sem caráter científico.

Os resultados obtidos neste trabalho inédito, podem ser um ponto de referência para novos estudos sobre o incremento do componente agrícola dentro de um sistema de integração lavoura-pecuária. Neste sentido, alguns aspectos considerados empiricamente como supostos problemas podem ser desmistificados como por exemplo os danos que o pisoteio animal poderia ocasionar no rendimento das culturas de verão já que as frequências de uso da pastagem estudadas neste trabalho não alteraram a densidade aparente e a porosidade total do solo, mas associando-se estas variáveis com a compactação do solo, pode-se dizer que houve maior compactação após o cultivo da soja. Entretanto, em todas as avaliações, a densidade aparente apresentou-se abaixo do nível crítico, reforçando a idéia de que o pastejo animal na forragem de inverno não exerce influência negativa no rendimento das culturas de verão em sistema de integração lavoura-pecuária.

O fato de não haver aumento da compactação do solo após o pastejo torna-se mais importante se for considerado o peso dos animais por unidade de área pastejada relacionado à ontogenia da planta.

A complexa interação existente entre solo, planta e animal em cada tratamento estudado resulta na impossibilidade de interpolação e extrapolação de dados obtidos como resultado de uma análise de regressão, que por este motivo não foi registrada neste trabalho.

A questão do acamamento da cultura da soja devido a adubação nitrogenada da pastagem no inverno também deve ser melhor esclarecida, já que neste trabalho, a adubação nitrogenada no azevém proporcionou melhores rendimentos na soja e não ocasionou o acamamento da cultura.

As alterações ocorridas na fertilidade do solo da área experimental evidenciam o papel fundamental da matéria orgânica no sistema e sugerem estudos específicos para melhor entendimento das complexas relações existentes.

Apesar do grande avanço no conhecimento proporcionado pelos dados obtidos neste experimento, é necessário um aprofundamento da pesquisa para melhor compreensão das relações existentes entre os organismos envolvidos no agroecossistema de integração lavoura-pecuária para aumentar os subsídios para tomada de decisão das ações de manejo, principalmente no que diz respeito à ciclagem de nutrientes no sistema.

REFERÊNCIAS

ADUR, A.F. **Comportamento de um latossolo vermelho escuro, textura argilosa, quando submetido a diferentes energias de compactação.** Curitiba, 1990. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 1999.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.717-723, 2001.

ALEGRE, J.C.; LARA, P.D. Efecto de los animales en pastoreo sobre las propiedades físicas de suelos de la region tropical humeda de Peru. **Pasturas Tropicales**, v.13, p.18-23. 1991.

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; MOSQUIN, P.R.; REGAZZI, J.; FONSECA, D.M.; ROCHA, F.C. Efeito da adubação nitrogenada e da frequência de corte na rebrotação da *Brachiaría brizantha* cv Marandú. I. Produção de matéria seca e vigor de rebrotação. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology", Curitiba, 1999. **Anais**. Curitiba: UFPR, 1999. p.283-287.

ALTIERI, M.A. **Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture.** London: United Kingdom, 1987. p.139-147.

ALVES, S.J.; MORAES, A. Manejo de pastagem em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: Encontro de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil, 1., 2002, Pato Branco. **Anais**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.103-108.

AMADO, T.J.C; FERNANDEZ, S.B.; MIELNICZUK, J. Nitrogen availability as affected by ten years of cover crop and tillage systems in southern Brazil. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.53, n.3, p.268-271, 1998.

ASSMANN, T.S. **Rendimento de milho em áreas de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio.** Curitiba, 2001. 80 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2001.

ASSMANN, T.S.; CASSOL, L.C.; ASSMANN, A.L. Manejo da fertilidade do solo (ciclagem de nutrientes) em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: Encontro de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil, 1., 2002, Pato Branco. **Anais**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p. 61-84.

BALL, P. R; RYDEN J. C. Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. **Plant and Soil**, v.76, p.23-33, 1984.

BARROW, N. J. Chemical form of inorganic phosphate in sheep faeces. **Aust. J. Agric. Res.** v.13, 63-67, 1975.

BAYER, C.; DICK, D. P.; RIBEIRO, G. M.; KONRAD, K. Estoques de carbono em frações da matéria orgânica afetados pelo uso e manejo do solo, com ênfase em plantio direto. *Ciência Rural*, v.32, n.3, p.401-406, 2002.

BELTRAME, L.F.S.; GONDIM, L.A.P.; TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.5, p.145-149, 1981.

BERRETTA, E.J.; RISSO, D.F.; MONTOSI, F.; FIGURINA, G. Problems of animal production related to pastures in South America: Uruguay. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology", Curitiba, 1999. *Anais*. Curitiba: UFPR, 1999. p.49-65.

BERTOL, I.; GOMES, K.E.; DENARDIN, R.B.N.; MACHADO, L.A.Z.; MARASCHIN, G.E. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.5, p. 555-560, 1998.

BLASER, R.E. Efecto del animal sobre la pastura. In: PALADINES, O.L. ed. **Empleo de animales en las investigaciones sobre pastures**. Montevideo, IICA. p. 1-29, 1966.

BONA FILHO, A. **Integração lavoura-pecuária com a cultura do feijoeiro e pastagem de inverno, em presença de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. Curitiba, 2002. 105p. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2002.

BORGES, G.B. Agronegócio responde por 59 % das exportações de janeiro/agosto de 2002. *FAEP/SENAR Boletim Informativo*, n.740, ano XVII, p.12-13, 2002a.

BORGES, G.B. Safra de soja dos EUA tem reajuste para 72,22 milhões de toneladas. *FAEP/SENAR Boletim Informativo*, n.743, ano XVII, p.11-12, 2002b.

BORMANN, B.T.; BROOKES, M.H.; FORD, E.D.; KIESTER, A.R.; OLIVER, C.D.; WEIGAND, J.F. A framework for sustainable-ecosystem management. *Gen. Tech. Rep.*, n.331, 1994.

BOWEN, J.E.; KRATKY, B. A. Compactacion del suelo. *Agricultura de Las Américas*. n.6, p.10-14, 1985.

BRANSBY, D.I.; MATCHES, A.G.; KRAUSE, G.G. Disk meter for rapid estimation of herbage yield in grazing trials. *Agronomy Journal*. v.69, p.393-396, 1977.

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J.O.; VASCONCELLOS, C.A. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.2, p.315-323, 2001.

BRISKE, D.D.; HEITSCHMIDT, R.K. **An ecological perspective**. In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Ed.) *Grazing management: an ecological perspective*. Portland: Timber Press, p.11-26, 1991

BRUGINSKI, D.H. **Nitrogênio em cobertura no cultivo de girassol em sistema de plantio direto na palha**. Curitiba, 1999. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 1999.

BRUGINSKI, D. H. No tillage: An agricultural system with lower environmental impact. **Ciência e cultura journal of the brazilian association for the advancement of science**. São Paulo: SBPC. v. 52, n.1, 2000.

CASSEL, D.K.; BAYER, A. Spatial variability in soils below depth of tillage bulk density and 15 atmosphere moisture percentage. **Soil Science Society of America. Journal**, v.39, p.247-250, 1975.

CONSALTER, M.A.S. **Sistema integrado lavoura-pecuária e compactação em latossolo bruno**. Curitiba, 1998. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 1998.

CORREIA, J.C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um latossolo amarelo da Amazônia central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.107-114, 1995.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. (Ed.) **Pastagens: Fundamentos da exploração racional**. 2 ed. Piracicaba: FEALQ. 1994. p.121-153. (FEALQ. Série atualizações em zootecnia,10).1994.

CRUZ, P.; BOVAL, M. Effect of nitrogen on some morphogenetical traits of temperate and tropical perennial forage grasses. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology", Curitiba, 1999. **Anais**. Curitiba: UFPR, 1999. p.134-150.

DALL' AGNOL, A. **Comunicação pessoal**. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, Gerente de Comunicação Empresarial. 2003.

DELGADO, J.A. Sequential NLEAP simulations to examine effect of early and late planted winter cover crops on nitrogen dynamics. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.53, n.3, p.241-244, 1998.

DEREGIBUS, V.A. Animal production on Argentina's humid grazinglands: problematics & possibilities. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology", Curitiba, 1999. **Anais**. Curitiba: UFPR, 1999. p.66-74.

EMBRAPA/CNPSo. **Tecnologia de produção de soja - Paraná - 2001/2002**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 281p. (Documentos/Embrapa Soja, n.166).

EMBRAPA/CNPSo. **Cultivares de soja 2001/2002**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 60p. (Documentos/Embrapa Soja, n. 175)

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos: 1).

FAO. **Agriculture production**. Disponível: [www.fao.org/ Statistical databases/ Agriculture/ Agriculture production](http://www.fao.org/Statistical_databases/Agriculture/Agriculture_production). Acessado em 02/11/2002.

FONTANA, D.C., BERLATO, M.A., LAUSCHNER, M.H. Modelo de estimativa de rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p.399-403, 2001.

FONTANELI, R.S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H.P.; AGNACZAK, J.C.; ZOLDAN, S.M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.11, p.2129-2137, 2000.

FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; TANAKA, R.T. Variabilidade em germoplasma de soja para eficiência na absorção e utilização de fósforo. **Scientia Agrícola**, v.59, n.3, p.529-536, 2002.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed., Universidade/UFRGS, 2001. 653p.

GREENWOOD, D. J.; GASTAL, F.; LEMAIRE, G. et al. Growth rate % N of field grown crops: theory and experiments. **Ann. Bot.**, v.67, p.181-190, 1991.

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

HEITSCHMIDT, R.K.; SHORT, R.E.; GRINGS, E.E. Ecosystems, Sustainability, and Animal Agriculture. Miles City. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 1395-1405, 1996.

HERINGER, I.; JACQUES, A.V.A. Nutrientes no mantilho em pastagem nativa sob distintos manejos. **Ciência Rural**, v.32, n.5, p.841-847, 2002.

HUMPHREYS, L. R. **Tropical forages: their role in sustainable agriculture**. London: Longman Scientific Technical.414p. 1994.

IBGE. **Comentários**. Disponível: www.ibge.gov.br. Acessado em 20/05/2003.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Disponível: www.pr.gov.br/iapar/sma/Cartas_Climaticas/Classificacao_Climatica.htm. Acessado em 20/05/2003.

JARVIS, S.C. Soil-plant-animal interactions and impact on nitrogen and phosphorus cycling and re-cycling in grazed pastures. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology", Curitiba, 1999. **Anais**. Curitiba: UFPR, 1999. p.215-234.

KEEFER, D.A. **Potential for Agricultural Chemical Contamination of Aquifers in Illinois: 1995 Revision**. Champaign: Natural Resources Building. 1995. 18 p.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. **Scientia Agrícola**, v.57, n.1, p.97-104, 2000.

KOCHHANN, R. A. Alterações das características físicas, químicas e biológicas do solo sob sistema de plantio direto. In: I CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO (Resumos). Passo Fundo, 4 a 7 de setembro de 1996, p. 17-25, 1996.

KUIPERS, A.; MANDERSLOOT, F. Reducing nutrient losses on dairy farms in the Netherlands. **Livestock Production Science**, v.61, p.139-144, 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; SALETTE, J. Analysis of the effect of nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content. In: International Grassland Congress, 16., 1989, Nice. **Proceedings**. Versailles: Association Française pour la Production Fourragère, 1989. p.179-180.1989.

LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. (Ed.) **Pastagens: Fundamentos da exploração racional**. 2 ed. Piracicaba: FEALQ. 1994. p.155-188. (FEALQ. Série atualizações em zootecnia,10).1994.

LOVELL, R. D.; JARVIS, S. C. Effect of cattle dung on soil microbial biomass C and N in permanent pasture soil. **Soil Biol. Biochem.** v.28, p.291-299. 1996.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: St Edmundsbuz Press. 1993. 674 p.

MELLO, N.A. Degradação física dos solos sob integração lavoura-pecuária. In: Encontro de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil, 1., 2002, Pato Branco. **Anais**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.43-60.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4 ed. Bern: International Potash Institute. 1987. 687 p.

MIGNOLET, C.; THÉNARD, V.; BENOIT, M.; ANFRIE, M. N.; FOISSY, D.; GROSSE, M. Livestock farming systems and sustainable drinking water production: proposition of risk indicators at different organisational levels. **Livestock Production Science**, v.61, p.307-313, 1999.

MORAES, A.; LUSTOSA, S.B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais, 2., 1997, Maringá. **Anais**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p. 129-149.

MORAES, A.; PALHANO, A.L. Fisiologia de produção de plantas forrageiras. In: WACHOWICZ, C.M.; CARVALHO, R.I.N. (Org.) **Fisiologia Vegetal: produção e pós-colheita**. Curitiba: Ed. Champagnat, 2002. p.249-271.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; CARVALHO, P.C.F.; CASSOL, L.C. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: Encontro de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil, 1., 2002, Pato Branco. **Anais**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.3-42.

MORAES, A.; SANDINI, I.; ALVES, S.J.; PELISSARI, A. Sistemas de produção: integração lavoura-pecuária no 3° planalto do Paraná. In: Reunião do Grupo Técnico de Forrageiras do Cone Sul - Zona Campos: Dinâmica da Vegetação em Ecossistemas Pastoris, 18., 2000, Guarapuava. **Anais**. Guarapuava: CPAF/FAPA, 2000. p.6-22.

MURPHY, W.M.; MENA BARRETO, A.D.; SILMAN, J.P.; DINDAL, D.L. Cattle and sheep effects on soil organisms, fertility and compactation in a smooth-stalked meadowgrass-dominant white clover sward. **Grass and Forage Science**, v.50, p.191-194. 1995.

MUZILLI, O. A fertilidade do solo no contexto da agricultura sustentável. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 12, 1996, Águas de Lindóia. **Anais**. Águas de Lindóia: Comissão de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas, 1996.

MUZILLI, O. **Manejo da matéria orgânica no sistema plantio direto: a experiência no Estado do Paraná**. Piracicaba: POTAFÓS, 2002. p.6-10. (Informações Agrônomicas, 100).

NABINGER, C. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidade de pesquisa. In: Reunião do Grupo Técnico Regional do Cone Sul (Zona Campos) em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical, 16., 1996, Porto Alegre. **Relatório**. Porto Alegre: J.C. SAIBRO, 1996. p.17-61.

NABINGER, C.; MARASCHIN, G.E.; MORAES, A. Pasture related problems in beef cattle production in Southern Brazil. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology", Curitiba, 1999. **Anais**. Curitiba: UFPR, 1999. p.23-48.

NAVARRO JUNIOR, H.M.; COSTA, J.A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.269-274, 2002a.

NAVARRO JUNIOR, H.M.; COSTA, J.A. Expressão do potencial de rendimento de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.3, p.275-279, 2002b.

NOVO, M.C.S.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; BORTOLETTO, N. Resposta de genótipos de soja, cultivados no outono-inverno, ao nitrogênio e potássio. **Revista de Agricultura**, v.76, n.3, p.339-366. 2001.

PAVAN, M.A. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de íons no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, 1997.

PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. (Ed.) **Pastagens: Fundamentos da exploração racional**. 2 ed. Piracicaba: FEALQ. 1994. 908 p. (FEALQ. Série atualizações em zootecnia, 10).

PELISSARI, A.; MORAES, A.; BONA FILHO, A.; CARVALHO, P.C.F. Manejo de plantas daninhas em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: Encontro de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil, 1., 2002, Pato Branco. **Anais**. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p.109-130.

PINZON, A.; AMEZQUITA, E. Compactacion de suelos por el pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazonico de Colômbia. **Pasturas Tropicales**, v.13, p.21-26, 1991.

PROCHNOW, L.I., CUNHA, J.F.; VENTIMIGLIA, A.F.C. Avaliação agrônômica do fósforo solúvel em água ou citrato de fosfatos de rocha acidulados para a soja. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.165-170, 2001.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.151-160, 2001.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.589-597, 2000.

RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J.C. Distribuição e nitrificação da amônia proveniente da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p. 403-408, 1992.

ROESSING, A.C.; MENEGHELO, D.G. Perspectiva de crescimento da produção de soja no Mato Grosso frente à política de subsídios dos Estados Unidos. In: EMBRAPA/CNPSo. **Tecnologia de produção de soja - Paraná - 2001/2002**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 13-63. (Documentos/Embrapa Soja, n.166).

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p.133-137, 1998.

ROSOLEM, C.A.; MARCELLO, C.S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, v.55, n.3, p.448-455, 1998.

SÁ, J. C. M. Fósforo: frações, formas de ocorrência e distribuição no perfil do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais**. Castro: Fundação ABC, 1995.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; DICK, W. A.; LAL, R.; VENSKI FILHO, S. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Society of America Journal**. n. 65, v.5, p.1486-1499, 2001.

SALISBURY, F. B.; ROSS C. W. **Plant physiology**. Califórnia: Wadsworth Publishing Company, 1992. 682 p.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; IGNACZAK, J.C. Conversão e balanço energético de sistemas de produção de grãos com pastagens sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.743-752, 2000.

SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; TOMM, G.O. Efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto sobre o nível de fertilidade do solo após cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.645-653, 2001.

SANTOS, I.P.A.; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Bracharia brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.605-616, 2002.

SCHNYDER, H.; SCHÄUFELE, R.; VISSER R.; NELSON, J. An integrated view of C and N uses in leaf growth zones of defoliated grasses. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology", Curitiba, 1999. **Anais**. Curitiba: UFPR, 1999. p.75-94.

SEAB/PR. Disponível: www.pr.gov.br/seab. Acessado em 02/11/2002.

SILVA, C.A.; VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2461-2471, 2000.

SILVA FILHO, G. N.; NARLOCH, C.; SCHARF, R. Solubilização de fosfatos naturais por microorganismos isolados de cultivos de *Pinus* e *Eucalyptus* de Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.6, p.847-854, 2002.

SILVA, N.C.; FRANKE, L.B.; NABINGER, C. Produção e partição da biomassa de *Desmodium incanum* em resposta à aplicação de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p.541-548, 2001.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, p.387-394, 2001.

SINCLAIR, T.R.; GARDNER, F.P. **Principles of ecology in plant production**. Wallingford: CAB International. 189p. 1998.

TERUEL, D.A.; DOURADO-NETO, D.; HOPMANS, J.W. Alterações estruturais do sistema radicular de soja em resposta à disponibilidade de fósforo no solo. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.55-60, 2001.

THEISEN, G., VIDAL, R.A.; FLECK, N.G. Redução da infestação de *Brachiaría plantaginea* em soja pela cobertura do solo com palha de aveia-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.753-756, 2000.

THORNTHWAITE, C.M.; MATHER, J.R. The water balance. **Technical Publications in Climatology**. Drexel Institute, Centertown N. J., v.8, n.1, 1955. 104p.

TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

VIDAL, M.; LÓPEZ, A.; SANTOALLA, M. C.; VALLES, V. Factor analysis for the study of water resources contamination due to the use of livestock slurries as fertilizer. **Agricultural Water Management**, v. 45, p.1-15, 2000.

VIÉGAS, J. **Análise do desenvolvimento foliar e ajuste de um modelo de previsão de rendimento potencial de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam)**. Porto Alegre, 1998. 166p. Tese de Doutorado (Pós-graduação em Zootecnia) Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, 1998.

VIÉGAS, J.; NABINGER, C. Determination of optimal N level fertilization for annual ryegrass pastures. In: Simpósio Internacional "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology", Curitiba, 1999. **Anais**. Curitiba: UFPR, 1999. p.383-386.

VIGLIZZO, E. El rol de la alfalfa en los sistemas de producción. In: La alfalfa en la Argentina. (Ed.) INTA C.R. Cuyo. p.260-272, 1995.

WHITEHEAD, D.C. **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. 397p.

ANEXOS

ANEXO 1 – Temperatura mínima (i) e máxima (a) diária (°C) registradas na Fazenda Agripastos, Palmeira/PR, 2001/2002.

Dia	jun/01		jul/01		ago/01		set/01		out/01		nov/01		dez/01		jan/02		fev/02		mar/02		abr/02		maio/02	
	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)	(i)	(a)
01	-	-	9	17	11	21	16	25	13	21	15	29	20	29	21	29	21	29	20	27	20	27	16	24
02	-	-	9	18	12	22	18	26	12	20	13	28	19	30	21	29	22	28	19	25	20	24	16	25
03	-	-	9	20	10	21	22	27	11	21	12	25	19	30	21	31	25	28	21	28	21	27	16	20
04	-	-	8	22	10	23	23	29	15	21	10	22	18	31	20	33	24	28	20	28	18	26	15	20
05	-	-	8	22	11	24	25	29	15	25	14	29	19	30	20	32	23	29	21	28	16	20	14	20
06	-	-	8	13	8	22	15	17	15	23	17	33	20	32	19	21	21	26	20	31	18	28	15	20
07	-	-	8	20	9	23	13	17	14	21	16	33	20	33	20	32	21	25	20	29	19	28	15	20
08	-	-	10	20	11	22	13	17	14	22	22	29	21	30	21	30	21	29	21	25	17	25	15	20
09	-	-	13	21	11	21	14	18	14	21	23	30	18	33	21	35	21	28	20	21	17	28	16	21
10	-	-	12	21	10	21	16	20	15	25	21	29	20	32	21	29	22	29	20	31	17	29	16	22
11	-	-	13	22	9	21	14	22	14	26	27	21	20	28	22	29	21	33	21	32	18	28	15	25
12	-	-	12	21	10	23	10	20	17	25	15	25	20	25	21	30	21	31	20	30	19	28	15	25
13	-	-	4	13	10	24	9	22	17	29	15	25	19	21	21	29	20	31	20	33	19	25	16	24
14	-	-	6	14	9	22	9	21	20	31	18	29	20	25	20	28	21	25	20	32	20	26	20	25
15	-	-	10	15	10	21	9	20	15	29	22	29	19	28	16	27	21	28	21	24	19	25	16	25
16	-	-	12	17	9	21	8	17	15	29	18	24	18	31	15	28	21	28	20	28	19	28	16	24
17	-	-	10	21	8	22	2	14	16	26	15	25	20	34	15	28	19	25	19	29	18	29	15	20
18	2	10	12	23	8	21	3	11	16	25	16	25	20	35	14	25	22	29	20	29	21	28	15	19
19	2	12	14	23	10	23	10	20	15	20	16	27	22	37	16	32	21	28	20	34	17	20	16	19
20	8	12	14	21	13	24	9	21	14	25	17	30	21	35	22	32	21	29	20	31	19	24	14	17
21	0	1	15	23	9	20	9	17	10	25	24	33	21	25	19	28	20	23	20	28	20	25	11	16
22	5	16	12	22	10	14	9	20	12	26	22	33	20	27	20	29	21	24	17	25	17	27	11	17
23	2	17	9	17	10	17	11	20	10	25	20	38	19	28	19	29	22	27	18	29	17	27	11	16
24	9	12	10	13	8	21	13	21	13	25	20	33	16	28	19	24	21	28	18	29	18	29	10	14
25	14	16	10	12	9	20	14	23	13	29	20	29	15	24	19	24	24	28	19	25	18	29	9	13
26	10	12	10	17	8	22	15	19	15	29	20	33	11	30	20	25	24	28	20	27	19	30	10	20
27	5	10	9	20	8	24	15	21	18	30	22	25	20	33	21	31	23	28	20	28	18	27	10	19
28	7	10	-1	7	14	24	14	19	19	30	22	30	20	33	18	32	20	25	20	29	17	28	10	20
29	11	13	0	9	14	21	14	15	22	32	22	25	18	32	19	29	-	-	21	29	16	28	10	20
30	12	16	5	13	14	20	15	17	15	25	12	22	19	30	21	29	-	-	20	29	16	25	11	20
31	-	-	9	17	14	21	-	-	20	29	-	-	19	30	-	-	-	-	19	28	-	-	10	20

- Dados não coletados

ANEXO 2 – Precipitação pluvial (mm) registrada na Fazenda Agripastos. Palmeira/PR, 2001/2002.

Dia	jun/01	jul/01	ago/01	set/01	out/01	nov/01	dez/01	jan/02	fev/02	mar/02	abr/02	maio/02
01	-	0	0	0	55	0	0	20	7,5	0	0	7,5
02	-	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
03	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30
04	-	0	0	0	0	0	5	0	0	12,5	0	0
05	-	0	0	0	0	0	20	40	0	0	0	0
06	-	0	0	12,5	0	0	0	0	15	36	0	55
07	-	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0
08	-	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0
09	-	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
10	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	-	0	0	2,5	0	75	0	0	0	0	0	0
12	-	20	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0
13	-	0	0	0	0	0	20	70	0	0	0	0
14	-	0	0	15	0	0	0	5	25	12,5	0	0
15	-	0	0	27,5	0	0	12,5	0	0	5	0	0
16	-	0	0	0	10	0	0	0	30	0	0	30
17	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
18	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	40
19	25	25	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0
20	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	25
21	0	5	2,5	0	0	0	12,5	0	42,5	0	0	0
22	0	7	0	10	0	0	0	28	22,5	0	0	0
23	0	0	0	5	0	0	10	2	12,5	0	0	0
24	0	0	0	25	0	0	0	35	0	32,5	0	0
25	0	16	5,0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
26	72	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	40	0	0	0	5	0	6	10	0	0	0
28	0	9	20	50	0	20	0	12	-	0	0	0
29	0	0	18,5	0	0	5	0	0	-	0	0	0
30	0	0	30	70	12,5	10	0	15	-	0	10	0
31	-	0	0	-	0	-	0	-	-	0	-	7,5
T	131,0	160,0	76,0	217,5	187,5	115,0	90,0	271,0	170,0	97,5	60	225,0

- Dados não coletados

ANEXO 3 - Resumo da análise de variância dos dados das variáveis ramos por planta (R/P), estatura de plantas (E), número de nós por planta (N/P), rendimento (R) e número de legumes por planta (L/P) do experimento 1.

Causas de Variação	GL	QM				
		R/P	E	N/P	R	L/P
Bloco	3	1,37	193,2	0,86	299849,78	319,39
Pastejo	4	0,83	225,4*	2,89*	230684,18	129,11
Resíduo (A)	12	0,37	54,1	0,67	167833,22	97,82
Parcelas	19					
Fósforo	3	0,83	41,7	0,58	11778,71	179,95
Pastejo X Fósforo	12	1,42	69,3	0,53	111247,63	92,87
Resíduo (B)	45	0,52*	52,3	1,01	115286,32	100,15
Total	79					
CV % (A)		13,16	4,72	2,83	9,38	10,24
CV % (B)		31,42	9,28	6,97	15,54	20,73

*Teste F significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

ANEXO 4 - Resumo da análise de variância dos dados das variáveis grãos por planta (G/P), número de grãos por legume (G/L), massa média de 100 grãos (M100), diâmetro do caule (DC) e altura de inserção do primeiro legume (PL) do experimento 1.

Causas de Variação	GL	QM				
		G/P	G/L	M100	DC	PL
Bloco	3	1587,18	0,01	27,66	0,11	28,17
Pastejo	4	642,12	0,02	6,37	0,24	14,27
Resíduo (A)	12	390,21	0,02	5,06	0,40	14,62
Parcelas	19					
Fósforo	3	766,36	0,01	3,47	0,41	10,90
Pastejo X Fósforo	12	519,53	0,02	3,02	0,25	17,31
Resíduo (B)	45	496,98	0,02	3,34	0,26	16,23
Total	79					
CV % (A)		9,83	3,33	7,92	5,67	9,23
CV % (B)		22,13	6,19	12,87	9,13	19,46

ANEXO 5 - Resumo da análise de variância dos dados das variáveis massa seca de grãos (MSG), massa seca de caule (MSC), massa seca de legumes (MSL) e índice de colheita aparente (ICA) do experimento 1.

Causas de Variação	GL	QM			
		MSG	MSC	MSL	ICA
Bloco	3	29,39	7,14	2,76	29,60
Pastejo	4	6,62	1,16	1,69	6,79
Resíduo (A)	12	8,26	2,32	2,08	8,36
Parcelas	19				
Fósforo	3	8,72	1,75	4,00	8,79
Pastejo X Fósforo	12	7,41	2,35	1,67	7,47
Resíduo (B)	45	6,89	2,04	1,85	6,96
Total	79				
CV % (A)		12,04	10,65	16,21	11,62
CV % (B)		22,00	19,99	30,59	21,21

ANEXO 6 - Resumo da análise de variância dos dados das variáveis rendimento (R), número de legumes por planta (L/P), número de grãos por planta (G/P), número de grãos por legume (G/L) e massa média de 100 grãos (M100) do experimento 2.

Causas de Variação	GL	QM				
		R	L/P	G/P	G/L	M100
Bloco	3	284670,67	120,01	590,13	0,002	3,47
Nitrogênio	1	5394755,8	1223,24	6292,57	0,002	3,49
Resíduo (A)	3	590677,81	173,27	898,20	0,004	3,94
Parcelas	7					
Pastejo	4	221578,99	18,25	163,86	0,011	1,88
Nitrogênio X Pastejo	4	228630,27*	45,81	203,97	0,004	1,81
Resíduo (B)	24	54000,40	34,87	132,96	0,006	1,05
Total	39					
CV % (A)		13,55	10,94	11,86	1,39	6,12
CV % (B)		9,16	10,97	10,21	3,74	7,05

*Teste F significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

ANEXO 7 - Resumo da análise de variância dos dados das variáveis estatura da planta (E), diâmetro do caule (DC), massa seca do caule (MSC), altura de inserção do primeiro legume (PL) e número de nós por planta (N/P) do experimento 2.

Causas de Variação	GL	QM				
		E	DC	MSC	PL	N/P
Bloco	3	63,83	0,21	1,30	2,42	1,33
Nitrogênio	1	121,45	1,94	11,88	97,65*	1,60
Resíduo (A)	3	9,41	0,39	4,57	6,12	0,67
Parcelas	7					
Pastejo	4	250,55	0,45	3,71	6,85	4,48
Nitrogênio X Pastejo	4	57,61*	0,47*	2,78*	1,18	0,73
Resíduo (B)	24	19,21	0,12	0,68	2,77	0,75
Total	39					
CV % (A)		1,80	4,82	12,42	5,77	2,55
CV % (B)		5,76	5,91	10,73	8,67	6,06

*Teste F significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

ANEXO 8 - Resumo da análise de variância dos dados das variáveis número de ramos por planta (R/P), massa seca de grãos (MSG), massa seca de legumes (MSL) e índice de colheita aparente (ICA) do experimento 2.

Causas de Variação	GL	QM			
		R/P	MSG	MSL	ICA
Bloco	3	0,63	5,05	0,51	5,07
Nitrogênio	1	4,23	120,41	13,69	121,84
Resíduo (A)	3	0,56	21,69	1,86	22,17
Parcelas	7				
Pastejo	4	0,60	0,13	0,18	0,14
Nitrogênio X Pastejo	4	0,35	4,12	0,31	4,07
Resíduo (B)	24	0,18	2,44	0,28	2,46
Total	39				
CV % (A)		12,98	15,22	12,41	14,84
CV % (B)		16,25	11,41	10,74	11,06

ANEXO 9 - Resumo da análise de variância dos dados das variáveis densidade aparente e porosidade total do solo.

Causas de Variação	GL	QM	
		Densidade	Porosidade
Bloco	3	0,015	0,026
Pastejo	4	0,176*	0,219
Resíduo (A)	12	0,014	0,220
Parcelas	19		
Profundidade	1	1,624*	2,225
Pastejo X Profundidade	4	0,004	0,125
Resíduo (B)	15	0,010	0,224
Subparcelas	39		
Época	2	0,079*	0,650
Pastejo X Época	8	0,013	0,062
Profundidade X Época	2	0,028	0,032
Pastejo X Profundidade X Época	8	0,004	0,093*
Resíduo (C)	60	0,010	0,020
Total	119		
CV % (A)		3,90	0,21
CV % (B)		4,66	0,30
CV % (C)		8,34	0,16

*Teste F significativo ao nível de 1 % de probabilidade.