UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CIÊNCIA DO SOLO

TESE

Monitoramento do Fluxo de Nitrogênio em Pastagens de *Brachiaria decumbens* em Monocultura e em Sistema Silvipastoril

Deise Ferreira Xavier

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

MONITORAMENTO DO FLUXO DE NITROGÊNIO EM PASTAGENS DE *Brachiaria decumbens* EM MONOCULTURA E EM SISTEMA SILVIPASTORIL

DEISE FERREIRA XAVIER

Sob a Orientação do Pesquisador

Robert Michael Boddey

e Co-orientação do Professor

Segundo Urquiaga Caballero

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências,** no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ.
Janeiro de 2009

581
X3m
T

Xavier, Deise Ferreira, 1957-
Monitoramento do fluxo de Nitrogênio em pastagens de Brachiaria decumbens em monocultura e em sistema silvipastoril / Deise Ferreira Xavier – 2009.
111 f. : il.

Orientador: Robert Michael Boddey.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia.
Bibliografia: f. 76-90

1. Brachiaria decumbens – Adubos e fertilizantes - Teses. 2. Sistemas silviculturais - Teses. 3. Leguminosa – Teses. 4. Nitrogênio na agricultura - Teses. 5. Nitrogênio - Fixação - Teses. I. Boddey, Robert Michael, 1948-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta tese, desde que seja citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - CIÊNCIA DO SOLO

DEISE FERREIRA XAVIER

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

TESE APROVADA EM 28/01/2009

Robert Michael Boddey. Ph.D. Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Adelson Paulo de Araújo. Dr. UFRRJ

Bruno José Rodrigues Alves. Dr. Embrapa Agrobiologia

Carlos Eugênio Martins. Dr. Embrapa Gado de Leite

João Paulo Guimarães Soares. Dr. Embrapa Agrobiologia

DEDICATÓRIA

Aos meus queridos Jorge, Gabriel e Clara

AGRADECIMENTOS

À Embrapa pelo apoio técnico-científico e financeiro.

Ao Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

À Embrapa Gado de Leite pelo apoio na condução do experimento, na análise de laboratório, e no fornecimento de toda infraestrutura necessária para a realização da Tese.

Aos pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, Robert Michael Boddey, Bruno José Rodrigues Alves e Segundo Urquiaga Caballero pelas valiosas sugestões e orientações durante o curso e o desenvolvimento da pesquisa.

Aos pesquisadores da Embrapa Gado de Leite, Francisco José da Silva Lédo, Fernando César Ferraz Lopes, Carlos Eugênio Martins pelas contribuições na geração e nas análises dos dados.

À pesquisadora aposentada da Embrapa Gado de Leite, Margarida Mesquita de Carvalho pela orientação e amizade durante minha vida profissional.

Aos professores, alunos e funcionários do Departamento de Solos da UFRRJ, pela carinhosa acolhida durante o curso.

Aos funcionários Vicente de Paula Freitas e Francisco José Costa pela ajuda no experimento de campo conduzido na Embrapa Gado de Leite.

Aos funcionários Cecília Nogueira e Nilva Martins Sanguedo, pela ajuda nas análises feitas no

Ao funcionário Roberto Gregio de Souza, pela ajuda nas análises feitas no laboratório da Embrapa Agrobiologia.

Aos demais colegas da Embrapa Agrobiologia e da Embrapa Gado de Leite que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

XAVIER, Deise Ferreira. **Monitoramento do fluxo de nitrogênio em pastagens de *Brachiaria decumbens* em monocultura e em sistema silvipastoril.** 2009. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia. Departamento de Solos. Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. 2009.

Uma grande proporção das áreas do domínio da Mata Atlântica na Região Sudeste encontra-se degradada, com pouca ou nenhuma utilização agrícola, pecuária ou florestal. A recuperação e desenvolvimento dessas áreas, usando sistemas tradicionais de produção, contam com dois entraves principais: a declividade acentuada, que dificulta a mecanização do solo e facilita a erosão, e a baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente de nitrogênio. A integração de pastagens com árvores tem sido considerada uma opção viável para promover a sustentabilidade dos sistemas de produção animal desta Região. Assim, o projeto de pesquisa visou estudar as principais vias de ingresso, perdas e transformações do nitrogênio em pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em associação com árvores (SSP) e em monocultura (BM). As espécies arbóreas utilizadas no SSP foram *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* e *Eucaliptus grandis*. O experimento, localizado no Campo Experimental da Embrapa Gado de Leite, no município de Coronel Pacheco, MG, foi desenvolvido em pastagens estabelecidas em uma área que apresentava grau elevado de degradação. Para os dois sistemas de pastejo, o delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis repetições (seis piquetes de 0,5 ha) e cinco animais por piquete em sistema de pastagem rotativa. Os dados foram coletados durante um ano, observando-se, principalmente: biomassa de forragem, ganho de peso animal, consumo animal, liteira existente e depositada durante 14 dias. Considerando o total da liteira depositada, o consumo animal e a mudança na biomassa de forragem ao longo de 12 meses, foi possível estimada produtividade primária aérea líquida (PPAL) e a ciclagem de N nos dois sistemas de pastejo. A biomassa da forragem foi de em média, 1.800 e 1.653 kg/ha nas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em SSP e em BM, respectivamente. Os ganhos de peso dos animais foram maiores no SSP com média de 0,51 kg/novilhas/dia. Na pastagem em BM o valor médio foi de 0,45 kg/novilha/dia. O SSP resultou em um acréscimo significativo na liteira depositada. Cálculos das quantidades da liteira depositada em 14 dias nas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em SSP e em BM, mostraram valores de 21.812 e 16.264 kg/ha/ano de matéria seca (MS), respectivamente. A PPAL da pastagem em SSP foi maior com valores de 26.202 e de 279 kg/ha/ano de MS e de N, respectivamente. Na pastagem em BM, a PPAL estimada foi de 20.133 e de 148 kg/ha/ano de MS e de N, respectivamente. A quantidade de N exportado da pastagem para o ganho de peso dos animais foi de 8 kg/ha/ano no SSP e 7 kg/ha/ano na BM. Os valores corresponderam a 16 e 18% de todo N consumido pelos animais nas pastagens em SSP e BM, respectivamente. As perdas de N via fezes e urina, também não diferiram nas duas pastagens. Na pastagem em sistema silvipastoril, devido à fixação biológica de N_2 das espécies de leguminosa e também devido ao efeito da sombra no bem estar dos animais, é de esperar que a produção animal seja mantida por mais tempo com bases sustentáveis, sendo, portanto, uma alternativa viável para recuperar áreas em processo de degradação.

Palavras-chave: Ciclagem de N. Dinâmica de liteira. Leguminosas arbóreas. Pastagens tropicais.

GENERAL ABSTRACT

XAVIER, Deise Ferreira. **Monitoring the flux of nitrogen in *Brachiaria decumbens* pastures in monoculture and in a silvopastoral system.** 2009. 98p. Thesis (Doctor Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia. Departamento de Solos. Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro. Seropédica, RJ. 2009.

A large proportion of the land in the Atlantic forest region in the south east of Brazil is today degraded with little utilisation for agriculture, grazing or forestry. The recuperation and development of these areas using traditional production systems suffers from two principal handicaps: much of the land is steep hillsides which hampers mechanised cultivation and facilitates soil erosion, and the low availability of plant nutrients, principally nitrogen. The integration of pastures with trees has become considered as a viable option to promote sustainable land use for animal production systems in this region. The objective of this project was to monitor the principal inputs, losses and transformations of N in a pasture of *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk in monoculture (BM) and in comparison with the same grass in association with trees (SSP). The experiment was localised at the Experimental Station of Coronel Pacheco (Minas Gerais), with five animals per paddock under rotational grazing (six paddocks of 0.5 ha). The following parameters were monitored over a period of 12 months: forage availability, live weight gain and forage consumption of the animals, existing litter and the litter deposited in periods of 14 days. Considering the total litter deposited the consumed forage and the change in standing biomass over the 12 month period it was possible to estimate the net aerial primary productivity (NAPP) of the pasture and the cycling of nitrogen in the two pasture systems. The standing biomass showed an annual mean of 1,800 and 1,653 kg/ha in the silvopastoral (SSP) and grass-alone (BM) systems respectively. The live weight gains of the animals in SSP were higher with a mean of 0.51 kg/heifer/day. In the BM pasture the weight gain was 0.45 kg/heifer/day. The SSP promoted a significant increase in the deposition of litter. Calculations of the quantity of litter deposited in 14-day periods in the SSP and BM showed values of 21,812 and 16,264 kg DM/ha/year, respectively. The NAPP of the SSP pasture was greater with values of 26,202 and 279 kg/ha/year for DM and N, respectively. In the BM pasture the estimates of NAPP were 20,133 and 148 kg/ha/year for DM and N, respectively. The quantity of N exported from the pasture in the live weight gain was 8 kg/ha for the SSP and 7 kg/ha for the BM, corresponding to 16 and 18% of total consumed N for the SSP and BM pastures, respectively. The losses of N from faeces and urine also did not differ between the pasture systems. Owing to the presence of N_2-fixing species of legume trees present in the SSP, and the beneficial effects of the presence of shade it is to be expected that animal production levels would be sustained for longer in this system than under braquiária in monoculture, hence constituting a viable alternative to recover areas suffering from the process of degradation.

Key words: Nitrogen cycling. Litter dynamics. Leguminous trees. Tropical pastures.

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Biomassa de forragem total (BT): biomassa de forragem (BF), matéria morta (MM) e proporção de BF em relação à BT de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).....33.

Tabela 2. Teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) na biomassa de forragem das médias dos sistemas de pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk (SSP e BM), em seis meses analisados.....37.

Tabela 3. Composição bromatológica média das extrusas das pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), durante dois períodos do ano.....39.

Tabela 4. Estimativas médias de produção de matéria seca (MS) fecal e de consumo voluntário de MS de novilhas, em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), obtidas em quatro meses no período experimental.....40.

CAPÍTULO II

Tabela 1. Médias anuais de liteira existente e depositada em 14 dias, do total de liteira depositada em 12 meses e dos parâmetros de decomposição da liteira: constante de decomposição (k) e meia-vida ($t^{1/2}$).....52.

Tabela 2. Teor (%) e quantidade de N (g/m^2) na liteira depositada em 14 dias em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).....53.

Tabela 3. Médias anuais da quantidade de N da liteira existente e depositada em 14 dias, do total de N da liteira depositada em 12 meses e dos parâmetros de decomposição do N da liteira: constante de decomposição (k) e meia-vida ($t^{1/2}$).....55.

Tabela 4. Valores de $d^{13}C$ na liteira depositada em 14 dias e na liteira existente de pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.....56.

Tabela 5. Porcentual de C proveniente de árvores (leguminosas + eucalipto) contida na liteira depositada em 14 dias e na liteira existente de pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.....56.

Tabela 6. Valores do pH em água e de teores de Ca^{++} + Mg^{++}, K^{+} e P no solo sob duas profundidades em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).....57.

CAPÍTULO III

Tabela 1. Produção de liteira depositada por mês em sistemas silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM) por mês durante o período experimental.....68.

Tabela 2. Biomassa de forragem (material verde +material morto) no começo do período experimental (julho/2005) e no final (junho/2006) de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistemas silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).....68.

Tabela 3. Estimativas anuais da produção primária aérea liquida, expressa em matéria seca (MS) de pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), pastejadas por novilhas.....69.

Tabela 4. Consumo animal, produção fecal e ganho de peso das novilhas, expressos em matéria seca e conteúdo de nitrogênio, sob duas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.....69.

Tabela 5. Consumo animal, produção fecal e ganho de peso das novilhas, expressos em matéria seca e conteúdo de nitrogênio, sob duas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura.....69.

Tabela 6. Médias anuais da quantidade de N da liteira existente e depositada em 14 dias e do total de N da liteira depositada em 12 meses.....71.

Tabela 7. Abundância Natural de ^{15}N de espécies arbóreas e de *B. decumbens* cv. Basilisk.....71.

Tabela 8. Fluxos de N em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.....74.

Tabela 9. Fluxos de N em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.....74.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Visão da área experimental.....28.
Figura 2. Visão das novilhas mestiças utilizadas no experimento.....29.
Figura 3. Médias mensais de precipitação (mm) e de temperatura (média da máxima e da mínima) em Coronel Pacheco (Embrapa Gado de Leite) no período de julho de 2005 a junho de 2006.....30.
Figura 4. Biomassa de forragem e a taxa de lotação (UA/ha) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura (BM) e em sistema silvipastoril (SSP) em função dos meses avaliados.....35.
Figura 5. Teor de N na biomassa de forragem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), durante o período experimental.....35.
Figura 6. Quantidade de N na biomassa de forragem, conforme o mês do ano (valores médios obtidos no SSP e na BM).....36.
Figura 7. Ganho de peso vivo de novilhas nas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM) durante 365 dias, expresso em kg/novilha/dia.....38.

CAPÍTULO II

Figura 1. Aspecto visual da liteira existente na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.....47.
Figura 2. Aspecto visual da liteira existente na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura.....48.
Figura 3. Deposição de liteira em 14 dias (g/m^2) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura.....50.
Figura 4. Liteira existente (g/m^2) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).....52.
Figura 5. Quantidade de nitrogênio (N) na liteira depositada em 14 dias (g/m^2) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).....54.
Figura 6. Quantidade de nitrogênio (N) na liteira existente (g/m^2) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk e sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).....54.

CAPÍTULO III

Figura 1. Visualização das caixas coletoras na área experimental.....65.
Figura 2. Deposição mensal de material formador de liteira de *Mimosa artemisiana* e *Acacia mangium*.....73.
Figura 3. Principais vias do N em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.....76.
Figura 4. Principais vias do N em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura.....77.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....3
2.1 Pastagens de Brachiaria da Região Sudeste 3
2.1.1 Degradação das pastagens cultivadas 4
2.1.2 Alternativas para a sustentabilidade das pastagens de braquiárias.....6
2.2 Sistemas Silvipastoris.....7
2.2.1 Vantagens de sistemas silvipastoris 8
2.2.2 Entraves na adoção de sistemas silvipastoris.....11
2.3 Produção Animal em Sistema Silvipastoril.....11
2.4 Modelo de Sistema Silvipastoril para Áreas Montanhosas 12
2.4.1 Características do sistema 13
2.5 Espécies Utilizadas no Sistema 13
2.6 Ciclagem de Nitrogênio em Pastagens.....15
2.7 Ciclagem de Nitrogênio em Sistemas Silvipastoris.....19

3. CAPÍTULO I EFEITO DA ARBORIZAÇÃO DE PASTAGEM DE *BRACHIARIA DECUMBENS* NO DESEMPENHO ANIMAL E NA BIOMASSA DE FORRAGEM 21
3.1 **RESUMO**.....22
3.2 **ABSTRACT** 23
3.3 **INTRODUÇÃO** 24
3.4 **MATERIAL E MÉTODOS** 26
3.4.1 Biomassa de Forragem das Pastagens 28
3.4.2 Ganho de Peso Animal.....29
3.4.3 Consumo Animal.....29
3.4.4 Abundância Natural de 13C.....30
3.4.5 Análise Estatística.....30
3.5 **RESULTADOS E DISCUSSÃO** 31
3.5.1 Biomassa de Forragem das Pastagens 31
3.5.2 Desempenho Animal 35
3.5.3 Consumo Animal.....36
3.6 **CONCLUSÕES**.....38

4. CAPÍTULO II DINÂMICA DE LITEIRA EM PASTAGENS DE BRACHIARIA DECUMBENS EM SISTEMAS SILVIPASTORIL E EM MONOCULTURA 39
4.1 RESUMO..... 40
4.2 **ABSTRACT** 41
4.3 **INTRODUÇÃO** 42
4.4 **MATERIAL E MÉTODOS** 43
4.4.1 Liteira Existente e Depositada 44
4.4.2 Abundância Natural do 13C 45
4.4.3 Características Edáficas 46
4.4.4 Análise Estatística.....46
4.5 **RESULTADOS E DISCUSSÃO** 47
4.5.1 Liteira Depositada e Existente 47

4.5.2 Teor e Quantidade de N na Liteira 48
4.5.3 Mudanças na Fertilidade do Solo 53
4.6 **CONCLUSÕES** 54

5. CAPÍTULO III CICLAGEM DE NITROGÊNIO EM PASTAGENS DE *BRACHIARIA DECUMBENS* EM SISTEMAS SILVIPASTORIL E EM MONOCULTURA 55
5.1 **RESUMO** 56
5.2 **ABSTRACT** 57
5.3 **INTRODUÇÃO** 58
5.4 **MATERIAL E MÉTODOS** 59
5.4.1 Produtividade Primária Aérea Líquida 60
5.4.2 Importação de N 60
5.4.3 Deposição do Material Formador de Liteira das Leguminosas 61
5.4.4 Exportação de N 61
5.4.5 Reciclagem Interna do N 62
5.4.6 Análise Estatística 62
5.5 **RESULTADOS E DISCUSSÃO** 63
5.5.1 Produtividade Primária Aérea de Pastagem de Brachiaria decumbens com e sem Árvores 63
5.5.2 Ciclagem de N via Animal 65
5.5.3 Ciclagem de N via Liteira 66
5.5.4 Fixação Biológica de N2 66
5.5.5 Deposição do Material Formador de Liteira 67
5.5.6 Fluxos de N na pastagem de B. decumbens em SSP e em BM 68
5.6 **CONCLUSÕES** 73

7. CONCLUSÕES GERAIS 74
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 75
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 75
9. ANEXOS 91

1. INTRODUÇÃO GERAL

Grande parte da produção de carne e de leite no país provém de sistemas que utilizam a pastagem como fonte principal de alimentos para o gado e por sua vez boa parte destas pastagens estão estabelecidas em áreas de solos ácidos e de baixa fertilidade. Na Zona da Mata de Minas Gerais, localizada no bioma Mata Atlântica, a produção animal se concentra nas áreas de topografia acidentada o que dificulta a sustentabilidade destas pastagens. Conseqüentemente, para melhorar a produtividade das pastagens, deve-se optar por espécies de forrageiras adaptadas a estes solos, ou investir em fertilizantes e corretivos. Práticas conservacionistas bem como manejo adequado também devem ser relevantes nestas condições.

A partir da última metade do século passado, as pastagens com forrageiras nativas e com as gramíneas africanas naturalizadas, capim-gordura (*Melinis minutiflora*), jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), pangola (*Digitaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*) começaram a ser substituídas por outras espécies africanas que apresentavam maior potencial produtivo e qualidade. Dentre essas espécies africanas introduzidas, as do gênero *Brachiaria* são adaptadas a solos ácidos e de baixa fertilidade e têm boa tolerância a altos teores de Al e de baixos teores de P e Ca no solo (Rao et al., 1993). Outra característica interessante desta gramínea é o seu alto vigor de rebrota, com boa persistência sob condições de intensa ou freqüente desfolhação (Fisher e Kerridge, 1996). Por causa do hábito de crescimento prostrado apresentam também excelente cobertura do solo (Botrel e Xavier, 2000).

No entanto, apesar das características citadas, tem-se observado aumento significativo das áreas de pastagens de braquiária em condição de degradação. Nos Cerrados, foi relatado que mais da metade destas pastagens estão em algum grau de degradação (Macedo, 1995). Esta proporção também foi estimada para as pastagens cultivadas situadas nas áreas de domínio da Mata Atlântica (Pereira et al., 1995). Medidas para evitar a degradação dessas pastagens incluem o manejo adequado e a reposição de nutrientes no solo.

A sustentabilidade das pastagens requer estratégias para manter ou até melhorar a fertilidade do solo. Em pastagens tropicais, é estimado que o déficit anual de N esteja em torno de 60 a 100 kg/ha (Myers e Robbins, 1991; Cadisch et al. 1994). O aumento na disponibilidade de nitrogênio deve ser feito, seja por meio da consorciação com leguminosas herbáceas ou da associação com árvores ou do uso adubação química. A adoção desta última fonte de N é limitada pelos aspectos econômicos, principalmente devido às grandes áreas envolvidas. Além disto, à aplicação de fertilizantes nitrogenados em pastagens é feita por cobertura, o que aumenta mais as perdas do N, principalmente em regiões tropicais (Urquiaga et al., 1990). Apesar de resultados positivos relados pela literatura (Cadisch et al., 1989; Thomas, 1992; Cantarutti e Boddey, 1997), a utilização de leguminosas herbáceas como fonte de N é pouco empregada pelo produtor. O insucesso de pastagens consorciadas tem sido comprometido por fatores relacionados com a persistência das leguminosas herbáceas (Souto, 1992; Barcellos e Villela, 1994).

Os sistemas silvipastoris são considerados como uma opção inovadora, capaz de aumentar de modo sustentável a biodiversidade animal e vegetal e os níveis de produção animal, com menos dependência de insumos externos (Sánchez, 1999) e vários países da America Latina têm divulgado experiências exitosas com estes sistemas (Hernández 1998; Murgueitio et al., 2007; Castrillo et al., 2008; Molina et al., 2008). No Brasil, as pesquisas são relativamente recentes, mas indicam o potencial destes sistemas para sustentabilidade da produção agropecuária (Daniel et al., 2001; Garcia e Andrade, 2001; Ribaski e Montoya, 2001; Veiga e Veiga, 2001; Carvalho et al., 2008).

Um importante benéfico esperado da associação de pastagens com árvores é o melhoramento da fertilidade do solo. O enriquecimento do solo nas áreas sob influência das árvores acontece principalmente pela incorporação gradativa de nutrientes ao sistema solo/pastagem, por meio da biomassa das árvores (Ovalle e Avendaño, 1984; Nair, 1999, Xavier et al., 2003). As análises químicas de amostras de solo coletadas sob a copa de *Acacia mangium* mostraram aumento significativo das quantidades de P, K, Ca, Mg e matéria orgânica quando comparadas com amostras de solo coletadas em áreas sem influência da árvore (Xavier et al., 2003). Além disso, as árvores podem aproveitar nutrientes de camadas mais profundas do solo e, através de um processo de ciclagem, tornam esses nutrientes disponíveis às forrageiras. Esses efeitos são mais pronunciados quando as árvores são leguminosas que possuem a capacidade de fixar N_2. De acordo com Franco et al. (1994), as leguminosas arbóreas podem contribuir em um período de um ano com cerca de 12 t/ha de matéria seca e 190 kg/ha de N, para recuperação de solos degradados.

É importante enfatizar que a sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuária depende de uma eficiente reciclagem de nutrientes no solo. Em sistemas silvipastoris, o efeito da sombra das árvores e a fixação biológica de N_2, pelas leguminosas arbóreas devem contribuir para incrementar a disponibilidade de N do solo para as plantas de modo mais duradouro.

O primeiro pré-requisito para um sistema agrícola ser sustentável é que o total de saída dos nutrientes minerais exportado em produtos de uso ou perdido para o meio ambiente ao redor, não exceda as entradas de nutrientes no sistema (Boddey et al., 2004). Em sistemas de produção animal a única exportação de nutrientes desejável, é por meio do ganho de peso ou através da produção de leite das vacas. No entanto, são pequenas as estimativas de retenção de N pelos animais, entre 5 a 30% do N consumido, com valores mais baixos no corpo do animal e valores maiores no leite (Russelle, 1997).

Outro importante componente na ciclagem de N em pastagem é a incorporação de resíduos vegetais (folhas, colmos, raízes). A decomposição de raízes e a deposição da liteira são as principais vias de ingresso de matéria orgânica ao solo (Boddey et al., 1993). A matéria orgânica do solo é considerada um grande reservatório de N, e também é nela que ocorrem as principais transformações de N, que são de suma importância para tornar este elemento disponível para as plantas (Siqueira e Franco, 1988). As áreas sob pastagens podem acumular quantidades de carbono bastante significativas (Tarré et al., 2001).

Para atingir o objetivo proposto, a tese está dividida em três capítulos. O capítulo I enfoca o desempenho animal e a produção de forragem das duas pastagens estudadas; o Capítulo II se concentra na dinâmica da liteira destas pastagens; e por último o Capítulo III é feito o balanço de N nas pastagens de *B. decumbens* em sistema silvipastoril e em monocultura.

O trabalho considerou a seguinte hipótese cientíca: se os principais entraves ao desenvolvimento sustentável de ares íngremes degradadas da Região Sudeste é a baixa disponibilidade de N nos solos, então o estabelecimento de sistemas silvipastoris com leguminosas arbóreas que contribuem para contenção do solo e incorporação de N poderá recuperar esses ambientes e integrá-los ao processo produtivo. Assim, o objetivo principal do estudo foi conhecer a contribuição das árvores no aumento do nitrogênio nas pastagens de *B. decumbens* e se os fluxos deste nutriente estão sendo adequados para a sustentabilidade destas pastagens.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pastagens de *Brachiaria* da Região Sudeste

Originalmente, a vegetação da Região Sudeste foi de floresta tropical. Nos primeiros séculos de ocupação Européia, após a descoberta do Brasil, a Mata Atlântica foi devastada e substituída por culturas de exportação não sustentáveis que em pouco tempo exauriram o solo (Dean, 1996; Boddey et al., 2003). A cultura cafeeira ocupou extensas áreas montanhosas de Minas Gerais e São Paulo, deixando marcas nos aspectos físicos da paisagem, observados até os dias de hoje (Dean, 1996). As áreas montanhosas da Região Sudeste correspondem ao domínio morfoclimático dos Mares dos Morros (Resende e Resende, 1996) onde suas elevações ocupam entre 80-90% da área total, assim bastante suscetíveis à erosão. Nestas áreas, a produtividade do café persistia por poucos anos de cultivo e quando abandonadas, sofriam processo severo de erosão (Dean, 1996; Boddey et al., 2003). Após este período, as áreas abandonadas foram ocupadas por pastagens com gramíneas de origem africana que foram introduzidas no Brasil durante o século 18, com os navios negreiros. Durante muitos anos, estas forrageiras, denominadas como naturalizadas, foram a base da produção pecuária da Região Sudeste, que era inexpressiva.

Na década de 70, a maioria destas pastagens formadas de forrageiras naturalizadas, principalmente, capim-gordura (*Melinis minutiflora*), capim-colonião (*Panicum maximum*) e capim-angola (*Brachiaria mutica*), eram consideradas de baixa produtividade. Estas forrageiras, caracterizadas por apresentar baixa capacidade de suporte, limitavam a melhoria do desempenho da pecuária, principalmente a leiteira. A capacidade de suporte do capim-gordura não ultrapassa 0,4 UA/ha/ano (Torres et al., 1982). Assim, Instituições de Pesquisa, como a Embrapa, juntamente com Universidades e Empresas Estaduais de Pesquisa, entre outros programas, iniciaram trabalhos de avaliação e seleção de forrageiras visando uma maior produtividade das pastagens na Região Sudeste. No caso específico dessa Região, a Embrapa Gado de Leite focou as pesquisas para áreas de morros (Botrel, 1997). Os solos predominantes nestas áreas são Latossolos e Argilossolos, que se caracterizam por elevada acidez e baixa fertilidade natural. Desta forma, nos programas de seleção de forrageiras foram considerados fatores como, rapidez no estabelecimento, boa cobertura vegetal e tolerância às condições de acidez e baixa fertilidade do solo. Outra questão considerada também foi a escassez de forragem na época seca do ano. Na Região Sudeste, a disponibilidade de forragem das pastagens é sazonal e requer quase sempre uma suplementação volumosa na época seca. Uma forrageira com boas produções de matéria seca distribuídas ao longo ano diminui a necessidade de suplementar os animais.

Entre todas as gramíneas avaliadas, as do gênero *Brachiaria* foram as que proporcionaram ao solo melhor cobertura vegetal nas áreas de morro. Considerando todas as espécies desse gênero, a porcentagem do solo coberto foi em média 90%, sendo, portanto, forrageiras indicadas para proteção do solo contra a erosão (Botrel, 1997). Quanto aos resultados de produção de forragem, a *B. brizantha* e a *B. decumbens* foram as que apresentaram maior potencial para produção de forragem na época da seca. Essas gramíneas foram entre todas as espécies do gênero, as que alcançaram, nessa época do ano, as maiores taxas de crescimento (Botrel, 1997). Em experimento com animal, a taxa de lotação nas pastagens de *B. decumbens* variou de 1,09 a 1,35 UA/ha no inverno, e de 1,22 a 1,60 UA/ha no verão, taxas essas bem mais altas do que aquelas observadas no capim-gordura (Carvalho, 1997). Assim, com base no desempenho em relação à produção de matéria seca, persistência, aceitabilidade, valor nutritivo e cobertura do solo, foram indicadas, para as áreas montanhosas

da Zona da Mata de Minas Gerais, as espécies *B. brizantha* e *B. decumbens* (Botrel e Xavier, 2000; Pereira e Botrel, 2001).

Apesar de estas duas espécies serem mais adequadas para as áreas de morro da Região em questão, o cenário continua o mesmo: elevados índices de degradação das pastagens. Práticas inadequadas de estabelecimento e de manejo, juntamente com a falta de reposição de nutrientes no solo, contribuíram para a persistência desta condição. A recuperação destas pastagens pode representar uma contribuição significativa para o seu desenvolvimento sócio-econômico, e ter reflexos positivos sobre a preservação do meio ambiente.

Segundo Boddey et al. (1996), pastagens degradadas têm impactos negativos no meio ambiente, tanto em escala local quanto regional. Estes autores destacam que em pastagens de braquiária a matéria orgânica (MO) do solo apresenta alta relação C:N; desta forma, a liberação de nitrogênio mineral pode atingir níveis muito baixos, limitando o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, diminuindo a cobertura vegetal do solo. Por outro lado, as pastagens, quando bem formadas e bem manejadas, são consideradas como uma das formas mais eficientes de controle de erosão (Lombardi Neto, 1993). As pastagens produtivas, com manejo adequado, podem ter impactos positivos no meio ambiente, como o seqüestro de carbono (C), que contribui significativamente para a redução de CO_2 da atmosfera, amenizando o efeito estufa. Em pastagens de gramíneas existem grande imobilização (seqüestro) e acúmulo de C no solo, devido à alta produção de biomassa das raízes e dos resíduos da parte aérea (Fisher et al, 1994; 1997). Na Colômbia, foi verificada que a produção de biomassa de raízes foi de 6,2, 3,9 e 1,8 t/ha em pastagem de *B. dictyoneura* em monocultura, em pastagem de *B. dictyoneura* em consorciação com *Centrosema acutifolium* e em savana nativa, respectivamente (Boddey et al., 1996). Em pastagens bem manejadas de *B. humidicola* no Sul da Bahia, sem adição de N, foi possível manter a produtividade em bases sustentáveis durante 8 anos de estudo, sem perdas significantes de N do solo (Boddey et al., 1995; Tarré et al., 2001). Neste caso, deve-se considerar a entrada de N no sistema, via fixação biológica de N_2 pelas gramíneas. Estudos com diluição isotópica de ^{15}N confirmaram que *B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. brizantha* e *Panicum maximum* podem obter até 40 kg/ha/ano de N através da fixação biológica de N_2 (Boddey e Victoria, 1986; Miranda e Boddey, 1987; Miranda et al., 1990).

2.1.1 Degradação das pastagens cultivadas

De acordo com Macedo e Zimmer (1993) a degradação de pastagens é o processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, assim como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais em razão de manejos inadequados. O processo de degradação da pastagem se dá com uma sucessão de procedimentos inadequados que podem ser praticados desde a formação da pastagem como também durante sua utilização. O solo, desprovido de cobertura vegetal e da ação fixadora das raízes, exposto ao impacto direto da chuva ou do vento, sofre desagregação e remoção de suas partículas. Tal efeito é complementado pelo escoamento superficial das águas ou pela abrasão das partículas transportadas pelo vento (Costa et al., 2000).

Macedo (1995) discutiu conceitos de degradação do solo citados pela FAO, que considera que a condição de degradação do solo é referida como a deterioração de suas propriedades, por perda de volume e estrutura por erosão e compactação, assim como a perda de fertilidade por erosão ou manejo inadequado. Assim, Macedo (1995), recomenda que nos trabalhos de pesquisas relacionadas à sustentabilidade das pastagens, sejam focadas ações que avaliem as alterações nas propriedades do solo sob condições de pastejo, com diferentes

práticas culturais, como adubação, consorciação e manejo animal, em especial, cargas-animal e pressão de pastejo.

Para descrever as etapas do processo de degradação do solo sob pastagens, Macedo (1995) propôs o seguinte esquema:

Implantação e estabelecimento da pastagem
?
Manejo e práticas culturais inadequadas
?
Queda na fertilidade do solo
?
Perda de vigor e produtividade das pastagens e exposição do solo
?
Compactação e alterações nas características físicas do solo
?
Queda da taxa de infiltração de água no solo
?
Erosão laminar
?
Erosão de sulcos
?
Voçorocas
?
Degradação do solo

Ao estabelecer uma pastagem deve-se ter cuidado desde a escolha da espécie a ser utilizada como a qualidade da semente, aplicação de calcário e de fertilizantes e o controle de invasoras, afim de que haja uma cobertura do solo mais rápida e homogênea. Em áreas montanhosas, na formação de uma pastagem, além das práticas agrícolas recomendadas, o emprego de técnicas de conservação do solo deve ser imprescindível (Carvalho, 1998). Um experimento foi realizado na Embrapa Gado de Leite para avaliar o efeito de diferentes intensidades de cultivo sobre as perdas de solo por erosão por ocasião do estabelecimento de forrageiras em área com 30% de declividade. Observou-se que o preparo integral do solo, seguido do plantio das forrageiras, resultou em perdas de solo cerca de seis vezes maiores do que quando o plantio foi feito em faixas cultivadas em nível, intercaladas por faixas de retenção, não cultivadas. Cruz Filho et al. (1986) compararam diferentes tipos de preparo do solo para o plantio de *B. decumbens* em áreas com topografia acidentada, o plantio em faixas preparadas em nível alternadas com faixas não preparadas foi o mais eficiente. Devido à topografia acidentada da região, recomenda-se que o preparo do solo, na maioria dos casos, seja feito por tração animal, o que de certa forma dificulta a sua adoção em larga escala. Contudo, é importante enfatizar a necessidade de evitar que a fertilidade dos solos, naturalmente baixa, seja ainda mais reduzida por efeito da erosão.

Em pastagens já estabelecidas, o manejo inadequado pode acarretar perda da produtividade em poucos anos e, conseqüentemente, acelerar o processo de degradação. O sub e o superpastejo, a má organização na estrutura das pastagens (divisão, localização inadequada de cercas, cochos e bebedouros), a falta de adubação, o tipo da forrageira (hábito de crescimento, exigência nutricional, entre outros), invasão de plantas indesejáveis (invasoras) e o uso indiscriminado da queima são fatores que podem contribuir para a degradação de pastagens (Nascimento Júnior. et al., 1994; Costa et al., 2000).

Para alcançar a estabilidade e persistência da pastagem, a carga animal variável é de fundamental importância, independentemente do sistema de pastejo adotado. Lascano e Euclides (1996) relataram que em pastagem de *B. decumbens*, depois de 16 anos de manejo adequado, o ganho de peso dos animais (aproximadamente 225 kg/ha/ano) se manteve praticamente igual ao do primeiro ano de estabelecimento. Esta pastagem, localizada em Carimágua na Colômbia, recebeu adubação de manutenção no intervalo de dois em dois anos nas quantidades de 10, 13, 10 e 16 kg/ha de P, K, Mg e S, respectivamente. Não houve aplicação de N. As taxas de lotação foram de uma UA/ha na época seca e duas UA/ha durante a estação chuvosa.

A compactação do solo provocada pelo pisoteio do animal resulta em alteração nas propriedades do solo, principalmente as físicas e as hidrológicas. Sánchez et al. (1989) avaliaram diferentes taxas de lotação (0; 3,3; 6,6 e 8,3 animais/ha/ano) sobre as características do solo. No experimento, foi utilizado sistema de pastejo rotativo com três piquetes, para um tempo total de 42 dias (14 dias/piquete), com animais de 180 kg de peso vivo. Os resultados mostraram que a densidade aparente do solo variou com a carga animal, com valores mais baixos à medida que se diminuía o número dos animais. O pisoteio reduziu a porosidade total, tendo maiores efeitos sobre a macroporosidade. Em comparação com solo sob florestas, o solo sob pastagens de *Panicum maximum* sofreu alterações físicas e químicas, tais como: diminuição nos valores de soma de bases, na capacidade de trocas de cátions e, conseqüentemente, no grau de saturação por bases, aumento na densidade do solo e, em conseqüência, redução na quantidade total de poros, principalmente nas primeiras camadas do horizonte A (Costa et al., 2000).

Além da excessiva taxa de lotação, a baixa disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente nitrogênio, é citada como uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas (Myers e Robbins, 1991; Carvalho, 1997; Oliveira et al., 2001; Boddey et al., 2004). No Bioma Cerrados, Oliveira et al. (2001) mostraram, que a adição de N e P podem recuperar pastagens de *Brachiaria* degradadas.

A quantidade de N reciclada nos tecidos senescentes das plantas (liteira) diminuiu com o aumento da taxa de lotação e do consumo animal (Rezende et al., 1999). Boddey et al. (2004) discutiram o efeito de três taxas de lotação (2, 3 e 4 animais/ha) sob os fluxos de N numa pastagem de *B. humidicola*, na Região da Mata Atlântica do Sul da Bahia durante nove anos. Durante este período não foi adicionado fertilizante nitrogenado. Com a taxa de lotação maior uma maior proporção de N da planta foi reciclada através do animal e assim as perdas anuais de N aumentaram, de 34 kg/ha de N para 57 kg/ha de N nos sistemas de pastejo com 2 para 4 animais/ha, respectivamente (Boddey et al., 2004). Os dados mostraram que a influência negativa do aumento na taxa de lotação, não é apenas devido ao aumento das perdas de N, mas também pelo fato de que os animais consomem nutrientes dentro da área dos piquetes e depositam em áreas de descanso, onde a gramínea é muito pisoteada (Boddey et al., 2004). Assim, grande parte da área de pastagem que o animal consome a forragem, há pouca reposição de nutrientes via animal, sendo muito pouco de N e de outros nutrientes são recuperados para produção de forragem, por esta via (Peterson e Gerrish, 1996; Jewell et al., 2007).

2.1.2 Alternativas para a sustentabilidade das pastagens de braquiárias

O manejo sustentável das pastagens implica em estratégias para manter ou até melhorar a disponibilidade de nitrogênio. A reposição de nitrogênio deve ser feita, seja por meio da introdução de leguminosas forrageiras ou de adubações químicas.

Em condições de Cerrado, Oliveira et al. (2001) estudaram o efeito da adubação química em cobertura, sem revolver o solo, como opção para recuperação de pastagens de *B. decumbens* e *B. ruziziensis*. O nitrogênio foi o elemento que mais limitou a produção de matéria seca das braquiárias, seguido do fósforo, embora a aplicação de NPK mais micronutrientes tenha proporcionado melhores resultados na recuperação dessas pastagens. Os autores sugerem que é possível recuperar pastagens degradadas de braquiária com adição de fertilizantes, sem revolver o solo e sem ressemeadura. A utilização de fertilizantes em pastagens de braquiárias promove aumento na quantidade e qualidade de forragem, afetando positivamente a produção animal. No entanto, deve-se sempre considerar os fatores econômicos que envolvem esta prática.

As leguminosas forrageiras, pela sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, desempenham papel importante na sustentabilidade de sistemas de produção e na recuperação de áreas degradadas (Thomas, 1992). Estas espécies são capazes de produzir forragens ricas em proteína, além de contribuírem com a melhoria das propriedades químicas e físicas do solo. Recentemente, nas regiões tropicais e subtropicais, a utilização de leguminosas forrageiras arbustivas e arbóreas tem recebido atenção especial, já que a utilização de pastagens de gramíneas consorciadas com leguminosas herbáceas, apesar de alguns êxitos, tem sido dificultada por problemas no estabelecimento e principalmente na persistência destas pastagens, tornando-as menos viáveis aos produtores.

Em pastagens arborizadas têm-se verificado aumento na qualidade da forragem sob influência de sombra (Samarakoon et al., 1990; Carvalho et al., 2001a). A associação das pastagens com árvores forrageiras pode também se constituir em alternativa para os problemas de alimentação animal, principalmente em anos de estação seca prolongada. As espécies *B. brizantha, B. decumbens* e *B. humidicola* foram relacionadas entre as gramíneas de média tolerância ao sombreamento (Carvalho, 2002). Desta forma, estas espécies podem ser utilizadas em sistemas silvipastoris com sucesso.

2.2 Sistemas Silvipastoris

Segundo Sanchez (1999), sistema silvipastoril (SSP) é um tipo de sistema agroflorestal que implica na presença de animais diretamente pastejando. As árvores podem ser de vegetações naturais ou plantadas. As espécies arbóreas empregadas podem ser para fins madeireiros, para produtos industriais, que incluem as frutíferas e ainda, a utilização de árvores de multipropósitos para apoio específico da produção animal. O autor cita várias vantagens dos SSP dirigidos especificamente para este último fim, como maior quantidade e variedade de alimentos com melhor qualidade para os animais. Assim, as leguminosas com potencial forrageiro são as mais indicadas.

Os sistemas silvipastoris também podem funcionar como corredores ecológicos, tão importantes no bioma Mata Atlântica. Atualmente, ainda é possível identificar pequenos fragmentos da mata nativa original entre as grandes áreas de pastagens. Estes fragmentos estão em processo acelerado de erosão genética. A integração da produção animal com a preservação e aumento destes fragmentos poderiam ser viáveis com a adoção de sistemas silvipastoris, em especial, aqueles que tenham espécies arbóreas nativas como componentes. Em um trabalho na Colômbia, Molina et al. (2001) descrevem maior riqueza e diversidade de aves em sistemas silvipastoris do que em pastagens de gramíneas exclusivas. Também na Colômbia, os sistemas silvipastoris são utilizados como corredores ecológicos de fragmentos florestais, com aumentos significativos na fauna e na flora (Múnera et al., 2008).

Estudos preliminares indicam que as áreas montanhosas da Região Sudeste reúnem algumas das condições necessárias para se obterem os benefícios da arborização: os solos predominantes são deficientes em nitrogênio, as gramíneas forrageiras mais adaptadas, como

a *B. decumbens* e a *B. brizantha*, apresentam tolerância ao sombreamento moderado, e existem leguminosas arbóreas de crescimento rápido adequadas para a integração com pastagens (Carvalho et al., 2008).

2.2.1 Vantagens de sistemas silvipastoris

a) Controle de erosão e melhoramento da fertilidade do solo

As gramíneas por si só, são consideradas extremamente eficientes no controle de erosão. Entretanto, este controle depende da manutenção adequada da cobertura vegetal. Em pastagens degradadas ou em processo de degradação, a introdução de árvores irá proporcionar um estrato adicional de vegetação, um sistema radicular das árvores que vai fornecer mais um meio de contenção de erosão e melhorar a infiltração de água. Há também um benefício muito importante, que é o de melhoramento da fertilidade do solo, o efeito da adição de biomassa, a ciclagem de nitrogênio e de outros elementos que vai gradativamente melhorando a fertilidade do solo nas áreas sobre a influência das árvores.

Informações da literatura indicam enriquecimento do solo de pastagens em áreas sob a influência das copas de árvores, com aumentos significativos nos teores de P, K e outros nutrientes (Joffre et al., 1988; Velasco et al., 1999; Xavier et al., 2002). A deposição contínua de biomassa no solo, em áreas sob a influência de árvores, aumenta a matéria orgânica do solo.

O efeito das árvores sobre a fertilidade do solo em pastagens é mais evidente em solos de baixa fertilidade do que em solos de fertilidade mediana a alta. Além disso, o efeito parece ser maior com espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico do que com não-leguminosas. No Cerrado brasileiro, Oliveira et al. (2000) examinaram o efeito de árvores isoladas de barú (*Dipterix alata*) e de pequi (*Caryocar brasiliense*) sobre as características do solo sob pastagem de *B. decumbens* e observaram que a concentração de C orgânico foi maior sob as duas espécies arbóreas do que em área sem árvores, porém Ca, Mg e K trocáveis foram mais altos apenas sob as árvores da leguminosa barú.

b) Melhor aproveitamento da água da chuva

A copa das árvores pode constitui-se em proteção física para a pastagem, reduzindo a velocidade dos ventos e o impacto da chuva sobre a superfície do solo. Com o controle da erosão hídrica há aumento na infiltração da água do solo, proporcionando melhor aproveitamento da água da chuva (Houghton, 1984). Em adição, o sistema radicular das árvores, favorece as condições físicas do solo, melhorando sua estrutura, aumentando a porosidade e a capacidade de retenção de água (Hernandéz, 1998).

A perda de água através de escoamento superficial é muito importante principalmente em áreas montanhosas. A presença de faixas de árvores pode aumentar a taxa de infiltração de água e desta forma reduzir tais perdas.

c) Conforto para o animal

De acordo com Pires et al. (2001), um grupo de atitudes tendo o mesmo propósito é chamado de sistemas de comportamento animal. Existem basicamente, sete sistemas de comportamento: ingestão, excreção, sexual, comportamentos relacionados com cuidados maternos e com procura, comportamento agonístico e comportamento de termorregulação. Os mesmos autores consideram ainda que toda modificação do processo biológico, para regular a troca de calor, pode ser classificada como modificação do comportamento. Assim, a alteração do comportamento refere-se à mudança do padrão usual de postura, movimentação e ingestão de alimentos. Estas alterações são realizadas pelo animal com a finalidade de reduzir a produção ou promover a perda de calor, evitando estoque adicional de calor corporal.

Em pastagens sem sombra, os animais apresentam sintomas de estresse calórico, que se manifestam por movimentações excessivas, agrupamento nos extremos dos piquetes, freqüentes ingestão de água e de descanso na posição deitada, quando o solo está mais frio que o seu corpo. O agrupamento com as companheiras do rebanho tem como finalidade tentar reduzir a área corporal exposta ao ambiente (Pires et al., 2001).

Em regiões quentes, a existência de sombra nas pastagens influencia positivamente, os hábitos de pastejo dos animais (Daly, 1984), permitindo uma distribuição mais apropriada da ruminação durante o dia e garantindo mais tempo de descanso. Em trabalho conduzido na Embrapa Gado de Leite, Leme (2002) observou o comportamento de vacas mestiças (Holandês x Zebu) secas, em sistema silvipastoril composto de *B. decumbens* com árvores plantadas em faixas. Considerando o local de permanência dos animais (sol ou sombra), durante o verão, foi nítida preferência dos animais pela sombra. Já durante o inverno, os animais ficaram mais tempo ao sol. Nesta época do ano foi registrada uma maior biomassa de forragem nas áreas sem influência da sombra. Quando não foi considerado o tempo em que os animais estavam pastejando, observou-se que nas duas épocas, a sombra é mais utilizada para descanso pelos animais.

d) Aumento na diversidade e biomassa de forragem

Sánchez (1999) ressalta que em sistemas que utilizam estratos múltiplos de plantas há uma maior quantidade e variedade de alimentos com melhor qualidade para os animais, contribuindo assim, para intensificação da produção pecuária de maneira sustentável, sem significativa dependência de recursos externos. A diversidade de espécies forrageiras concorre para um maior valor nutritivo da dieta dos animais, devido aos efeitos associativos de digestibilidade, do consumo voluntário e de fatores antinutricionais. Segundo Méndez (1999), leguminosas forrageiras com altos níveis de taninos condensados misturadas com espécies com altos teores de nitrogênio solúveis, melhora a absorção de nitrogênio pelos ruminantes, reduzindo a degradação de proteína solúvel no rúmen e diluindo o efeito dos compostos tóxicos.

A redução na luminosidade contribui para a diminuição do crescimento das plantas, porém, no caso o efeito da sombra de árvores, pode acarretar nas áreas sob sua influência, alterações nas características químicas e físicas do solo e nas condições microclimáticas (redução na temperatura do solo e maior teor de umidade), que podem interferir no crescimento das forrageiras herbáceas.

As gramíneas quando se desenvolvem sob condições de redução da radiação solar incidente, apresentam variações na qualidade e quantidade de forragem e no desenvolvimento morfológico (Humphreys, 1981; Paciullo, 2007b). Assim, uma condição importante para o sucesso da integração de pastagens com árvores é a tolerância da forrageira utilizada e o nível de sombreamento imposto (Carvalho et al., 2002). Em algumas pesquisas, verifica-se benefício do sombreamento sobre o crescimento de forrageiras (Samarakoon et al. 1990; Castro et al. 1999). Este efeito ocorre em condições de sombreamento moderado, com níveis variando de 40 a 60% de transmissão de luz em relação às áreas sem sombra.

Em condições de sombreamento, foi observada maior biomassa de forragem e porcentagem de cobertura vegetal do solo em pastagens de *B. decumbens* (Alvim et al., 2004). Wong e Wilson (1980) verificaram que, em plantas de "green-panic" (*Panicum maximum*) colhidas após oito semanas de rebrotação, a redução na luminosidade de 100 para 60 e 40% de transmissão de luz (PTL), contribuiu para aumentar o crescimento da parte aérea da gramínea em 30 e 27%, respectivamente. Castro et al. (1999), trabalhando com uma outra cultivar de *P. maximum*, a Vencedor, obteve 20% de aumento na produção de matéria seca com a redução na PTL para 70%, porém, quando a PTL foi reduzida para 40% o crescimento

dessa cultivar diminuiu 24%. No mesmo estudo, a produção de matéria seca da *Setaria sphacelata* cv. Kazungula não foi afetada pelo sombreamento.

Em Coronel Pacheco (MG) foi conduzido um experimento para estudar gramíneas forrageiras quanto ao florescimento, produção e valor nutritivo da matéria seca quando sombreadas por sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*). As espécies avaliadas foram *B. brizantha*, cv. Marandú, *P. maximum* cvs. Aruana, Makueni, Mombança e Tanzânia e *Cynodon dactylon* cv. Tifton 68. Quanto à produção de matéria seca, as gramíneas apresentaram valores inferiores sob condições de sombreamento natural. Apesar de estas gramíneas apresentarem tolerância média a sombreamento, os valores observados foram bem abaixo dos citados em outros trabalhos em Coronel Pacheco (Carvalho et al., 1997, Castro et al., 1999). O desempenho fraco das gramíneas estudadas pode está relacionado com a alta densidade de árvores (no verão com 40% de transmissão) no sub-bosque. Em condições de sombreamento artificial moderado (30%), a espécie *B. decumbens*, produziu 70% de biomassa que o tratamento a pleno sol (Castro et al., 1999).

e) Seqüestro de carbono

O solo é um importante meio de armazenamento de carbono. As pastagens têm alto potencial de armazenamento de carbono orgânico no solo (Fisher et al., 1994; Jantalia et al., 2006; Tarré, et al., 2001). A eficiência do seqüestro de carbono nestes sistemas pode ser potencializada com a introdução de árvores nestas pastagens.

Trabalhos com sistemas silvipastoris indicam que as árvores em associação com pastagem podem contribuir para aumentar o estoque de carbono do solo (Kellman, 1979; Ovalle e Avendaño, 1984; Mahecha et al., 1999; Miranda et al., 2007). Kellman (1979) examinou o teor de carbono orgânico no solo a distâncias crescentes a partir de áreas de savana a sol aberto até o tronco de algumas espécies arbóreas e verificou que o C orgânico aumentou sob a copa das árvores e variou entre espécies, e em alguns casos foi maior do que no solo de áreas adjacentes de floresta tropical úmida. Lopez et al. (1999) quantificaram o C armazenado no solo de uma pastagem de *P. maximum* em comparação com sistemas silvipastoris constituídos dessa mesma gramínea e de *Cordia alliodora* em três diferentes idades das árvores (<3; 3-7 e >7 anos) ocasionadas por regeneração natural. Os autores observaram que nos 50 cm superiores do solo da pastagem de gramínea, foram armazenados 233 t/ha de C, e nos solos dos SSP 180-200 t/ha de C. A menor quantidade de C armazenada nos solos dos SSP foi associada ao menor número de touceiras da gramínea em comparação com a pastagem em monocultura. No entanto, por causa da pequena diferença, os autores concluíram que o SSP até os 7-10 anos tem potencial para acumular C na biomassa sem reduzir o carbono do solo.

Em outro estudo, Ávila et al. (2001) avaliaram o armazenamento e fixação de C em sistemas agroflorestais com café e SSP com *B. brizantha*, e em pastagens em monocultura. Em todos os casos, mais de 89% do C armazenado correspondeu ao C do solo. Nos sistemas a pasto, o C total armazenado foi maior nos SSP do que nas pastagens em monocultura.

Arias et al. (2008) estudando o conteúdo de carbono em várias pastagens arborizadas na Colômbia, obtiveram em média 140,26 t/ha de C nos primeiros 30 cm de profundidade e para uma densidade média de 83 árvores/ha, calculam que há um armazenamento de em média de 13,65 t/ha de C devido a biomassa das árvores.

f) Outros serviços ambientais e rentabilidade da propriedade rural

A Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento ("Organization for Economic Co-operation and Development", OECD), em 1997, reviu suas políticas agrícolas, integrando nelas a preocupação ambiental. Foram identificados 13 temas prioritários do ponto de vista agro-ambiental, para os quais indicadores devem ser desenvolvidos: uso de

nutrientes, uso de pesticidas, uso de água, uso e conservação da terra, qualidade do solo, qualidade da água, gases do efeito estufa, biodiversidade, habitats de vida selvagem, paisagem, gestão de propriedades rurais, recursos financeiros de propriedades rurais, além dos aspectos socioculturais.

Os sistemas silvipastoris apresentam potencial para fornecerem serviços ambientais, como o aumento e conservação da biodiversidade; proteção dos mananciais de água e diminuição do assoreamento de nascentes e rios; proteção e interligação de sistemas florestais; e melhoria da paisagem.

A rentabilidade do produtor é incrementada com a adoção de SSP. A economia deste sistema se baseia principalmente em:

- Inclusão de espécies arbóreas para produção de madeira, celulose, mourões em SSP, poderá incrementar a rentabilidade do produtor.
- Redução no uso de insumo, como fertilizantes e concentrados. Com a inclusão de leguminosas com capacidade de fixar N_2, não há necessidade de aplicações de fertilizantes nitrogenados. O aumento na oferta de forragem, inclusive de arbóreas, reduz o uso de concentrados para os animais.

2.2.2 Entraves na adoção de sistemas silvipastoris

Apesar dos muitos befícios atribuídos ao SSP, no Brasil, tem sido registrada pouca aceitação desta tecnologia. Para conseguir maior desenvolvimento desses sitemas é necessário aumentar o número de espécies arbóreas com características favoráveis, inclusive as que possam contribuir também como forragem. Deve haver também, disponibilidade de sementes ou mudas de espécies arbóreas recomentadas no mercado. Além disso, outro entrave para adoção de SSP é a dificuldade de se introduzir as mudas de árvores em pastagens formadas com a presença de animais.

Dias-Filho e Ferreira (2007) identificam barreiras econômicas, operacionais e culturais que implica na baixa adoção de SSP por parte dos produtores. Os investimentos (capital, tempo e mão de obra) relativamente altos para implantação e manutenção de SSP e o baixo retorno financeiro nos primeiros anos após o estabelecimento, são as principais desvantagens apontadas na adoção destes sistemas (Dias-Filho e Ferreira, 2007).

2.3 Produção Animal em Sistema Silvipastoril

As árvores atenuam as temperaturas extremas em pastagens e reduzem o impacto de chuvas e ventos, promovendo conforto e servindo de abrigo aos animais. E esses fatores de conforto se refletem no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (Pires e Carvalho, 2000). As taxas de concepção das vacas foram 75% maiores em sistema silvipastoril quando comparadas com outro grupo de vacas que pastejavam em pastagem de gramínea pura (Botero e Russo, 1999).

Na Nicarágua, foi realizado um estudo em fazendas particulares para avaliar o efeito de coberturas arbóreas altas (22-30%) e baixas (0-7%), das pastagens sobre o comportamento de vacas mestiças Brahman x Pardo Suíço (Betancourt et al., 2003). Nas pastagens com baixa cobertura arbórea, as vacas dedicaram mais tempo à ruminação e descanso e menos tempo ao pastejo, do que nas pastagens com alta cobertura arbórea. Nos piquetes com alta cobertura arbórea a temperatura retal das vacas diminui. Com resultado do maior consumo de forragem e menor estresse calórico nas pastagens com cobertura arbórea alta, a produção de leite aumentou em 29%.

Grande parte dos trabalhos encontrados na literatura relatando aumento na produção de leite em sistemas silvipastoris, é oriunda de outros países. No Brasil, as informações são

escassas, já que estes sistemas foram introduzidos recentemente. Na Malásia, Hassan et al. (1989) avaliaram durante quatro anos, sob condições de corte e de pastejo rotativo, o efeito da pastagem de *Setaria sphacelata* e da pastagem de *B. decumbens* consorciada com *L. leucocephala* e níveis de concentrado (0,4 e 6 kg/vaca/dia) sobre produção de leite em pequenas propriedades. Todas as unidades tinham um hectare e cinco vacas mestiças (Sahiwal x Friesian). O melhor sistema para a produção de leite foi com *B. decumbens/L. leucocephala* sob pastejo rotativo. A suplementação com 4 e 6 kg/vaca/dia de concentrado aumentou a produção de leite de 7.760 para 14.148 e 16.760 kg/ha/ano,respectivamente. Desta forma, estes autores concluem que a utilização de pastagens de *B. decumbens/L. leucocephala*, em sistema rotativo, tem tornado viável economicamente a produção de leite na Malásia.

Nos sistemas com árvores plantadas em faixas ou fileiras normalmente se utilizam forrageiras arbóreas, como a leucena (*L. leucocephala*) e a gliricídia (*G. sepium*). A associação de capim-estrela com leucena para sistemas de produção de leite foi bem sucedida em Cuba (Ruiz e Febles, 1999).

A leucena é semeada na pastagem, em fileiras duplas espaçadas de 3 m, com 0,75 m entre fileiras, com cultivos anuais para reduzir o custo do estabelecimento (Ruiz e Febles, 1999). Em experiência relatada por esses autores, a carga animal e a produção de leite por animal e por área, obtidos na ausência de fertilização química, aumentaram, e o custo da produção de leite diminuiu, à medida que a área ocupada com leucena aumentou até 45 %. Com essa área de leucena no sistema, a produção de leite obtida chegou a 5.406 kg/ha/ano.

Um sistema silvipastoril multiestrato, constituído por capim-estrela (*Cynodon nlemfuensis*) como estrato herbáceo, leucena como estrato arbóreo médio e algaroba (*Prosopis juliflora*) como estrato arbóreo alto foi estabelecido em uma propriedade particular no Vale do Cauca, Colômbia. A propriedade está localizada a 1.100 m de altitude, e a precipitação média anual é de 750 mm. As árvores de algaroba já existiam na propriedade há 15 anos. A leucena foi semeada em sulcos espaçados de 1 m, e a gramínea foi plantada um mês depois, por meio de mudas (Mahecha et al., 1999). Após o estabelecimento, as únicas práticas de manejo do sistema adotadas foram irrigações por gravidade na época seca e poda da leucena. O manejo de podas da leucena é essencial para manter as árvores ao alcance dos animais e para adicionar biomassa à pastagem beneficiando mais o crescimento das gramíneas. A produção media de leite, neste sistema, que teve também suplementação alimentar para as vacas em lactação, foi superior a 7.000 kg/ha/ano, e aumentou com o tempo, à medida que a área com leucena foi sendo incrementada até alcançar toda área do sistema. A partir de 1998, foram introduzidas duas cultivares de *P. maximum* Tanzânia e Mombaça, em associação com o capim-estrela, leucena e algabora (Molina et al., 2001). Em quatro anos, a produção de leite saltou de 7.436 para 17.026 kg/ha/ano.

A composição do leite também pode ser influenciada em sistemas silvipastoris. Em um estudo conduzido em cuba, Hernandéz e Ponce (2004) compararam a composição do leite em três rebanhos: Holandês, mestiço Holandês e Siboney de Cuba, em um sistema silvipastoril e em pastagem em monocultura de capim-estrela. O sistema silvipastoril era composto de leucena (*L. leucocephala*), em faixas formadas por fileiras duplas em espaçamento de 1 m entre plantas em 8 m entre faixas, associada com capim-estrela. Os parâmetros analisados, gorduras, proteína e sólidos não-gordurosos, exceto lactose, foram significativamente mais altos no sistema silvipastoril do que na pastagem de capim-estrela exclusiva.

2.4 Modelo de Sistema Silvipastoril para Áreas Montanhosas

Na Embrapa Gado de Leite foi desenvolvido um modelo de SSP para áreas montanhosas. O sistema deve controlar erosão, promover o melhoramento da fertilidade do

solo e oferecer vantagens econômicas que facilitem sua adoção pelos produtores. Consiste no plantio de árvores em faixas em nível, com largura aproximada de 10 m, intercaladas por faixas mais largas, com 25-30 m de largura, destinadas ao plantio das forrageiras herbáceas. Dentro das faixas, as mudas de árvores são dispostas em espaçamento regulares entre linhas e plantas.

2.4.1 Características do sistema

Baseando nos trabalhos desenvolvidos pela Embrapa Gado de Leite (Carvalho et al. 2008), o SSP inclui espécies arbóreas para atender três diferentes finalidades: a) produção de madeira, celulose, ou moirões para cerca, etc.; b) produção de forragem; e c) fornecimento de sombra e biomassa rica em N e outros nutrientes, para melhorar a fertilidade do solo.

As espécies arbóreas de crescimento rápido, além de fornecerem um produto comercializável, desempenham ainda o papel de promover sombra para as espécies arbóreas nativas que requererem essa condição durante os primeiros anos de vida.

Deverão ser também, utilizadas as espécies nativas, sendo na maioria dos casos leguminosas fixadoras de N_2 que apresentarem as características apropriadas para fornecer sombra e adicionar biomassa ao solo da pastagem. As pastagens cultivadas de braquiária que têm sido formadas nas áreas montanhosas da Região Sudeste e em áreas de cerrado, respondem positivamente à adição de nutrientes por espécies de leguminosas arbóreas. Carvalho et al. (1994) verificaram que a presença de diversas espécies arbóreas em pastagens de *B. decumbens* e *B. brizantha* contribuiu para aumentar significativamente as concentrações de N e de K nas folhas das gramíneas e na liteira sob suas copas.

2.5 Espécies Utilizadas no Sistema

a) *Brachiaria decumbens*

Entre as braquiárias, a espécie *Brachiaria decumbens* é a mais difundida e recomendada para topografias acidentadas, uma vez que possui capacidade de emitir grandes quantidades de estolões, de fácil enraizamento, proporcionando, conseqüentemente uma excelente cobertura do solo. Em um trabalho conduzido por Botrel et al. (1987), verificou-se que, de 25 espécies de gramíneas forrageiras estudadas, a *B. decumbens* foi a que apresentou melhor cobertura do solo.

Outras características agronômicas da espécie são: tolerância razoável à seca, baixa tolerância a geadas e a solos mal drenados, baixa exigência nutricional e boa tolerância a condições de acidez do solo. Apresenta massa de forragem satisfatória. Alvim et al. (1990) relatam valores de massa de foragem anuais de 13,9 t/ha de matéria seca, com a aplicação de nitrogênio. Nas Regiões da Zona da Mata, Campo das Vertentes e Sul do Estado de Minas Gerais a massa de forragem dessa espécie durante o período da seca correspondeu, em média, a 33% da produção anual (Botrel et al., 1999). A espécie apresenta também tolerância moderada ao sombreamento, prestando-se para associações com árvores em SSP (Carvalho et al., 2001b).

b) *Acacia mangium*

A *Acacia mangium* é nativa da Austrália e apresenta a característica de nodular e fixar nitrogênio, respondendo à inoculação das sementes (Galiana et al. 2002). De crescimento rápido, pode atingir até 30 m de altura em locais favoráveis. Adapta-se a solos ácidos de baixa fertilidade e clima tropical quente e úmido, com precipitações médias anuais variando de 1.500 a 3.000 mm (Wildin, 1990).

É espécie de usos múltiplos, prestando-se para lenha, madeira para construção civil e fabricação de móveis, fornecimento de polpa para papel, produção de carvão, controle de erosão, sombra e forragem. De acordo com revisão de literatura efetuada por Ryan (1998), o incremento médio anual de madeira dessa espécie varia de 30 a 50 m^3/ha/ano. Embora não seja incluída entre as forrageiras arbóreas de alto valor nutritivo, com 16,6 % de proteína bruta nas folhas (Carvalho et al., 2001b), a *A. mangium* pode suplementar a dieta dos animais, principalmente em períodos de escassez de forragem. Em Coronel Pacheco, MG, observou-se que os animais consumiram as folhas localizadas nas partes mais inferiores das árvores somente no final da segunda época seca após o plantio das mudas no campo. No entanto, a partir dessa ocasião, os animais passaram a consumir folhas de árvores novas, e de árvores maiores em outras épocas do ano, como, por exemplo, no final da época das chuvas (Carvalho et al., 2001b).

Tem sido observada em algumas regiões do Brasil e da América Central que a *A. mangium* não é espécie de longa duração, não persistindo por mais do que 15-20 anos. Essa desvantagem é compensada pelo fato de a espécie estar apta para o corte com produção de madeira já aos seis a sete anos, mesmo em solos de baixa fertilidade (Carvalho et al., 2001b). Além disso, por causa da capacidade de rebrotação pode produzir novas árvores para sombra, forragem ou para madeira.

c) *Mimosa artemisiana*

Segundo Lorenzi (1998), a *Mimosa artemisiana* ocorre nos Estados da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro, na mata pluvial Atlântica de tabuleiro, em altitudes variando de 50-800 m. A espécie ocorre também no sudeste de Minas Gerais, em áreas de várzea e de meia encosta. Floresce nos meses de abril a maio e os frutos amadurecem de agosto a setembro (Lorenzi, 1998).

Na Zona da Mata de Minas Gerais, a *M. artemisiana* é uma das leguminosas arbóreas nativas que, quando ocorre em áreas de pastagens cultivadas, beneficia a gramínea, aumentando a concentração de N e de outros nutrientes na parte aérea. Quando plantada em Latossolo Vermelho-Amarelo por meio de mudas em covas isoladas, a espécie apresentou crescimento inicial rápido, atingindo 4 m de altura média aos 36 meses após o plantio (Carvalho et al., 2001b). Além de apresentar crescimento rápido, a *M. artemisiana* revelou-se como forrageira, tendo as folhas e ramos mais finos consumidos pelos animais, apesar da presença de pequenos acúleos. A concentração média de PB nas folhas e ramos mais finos é de 20,6 %, considerada alta em comparação com as de outras espécies nativas, no entanto, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) é muito baixa, com valor de 14,6% (Carvalho et al., 2001b). A capacidade de rebrotação após corte ou quebra de galhos observada, sugere que essa espécie pode ser manejada sob podas em sistemas silvipastoris multiestrato.

d) *Eucalyptus grandis*

No Brasil *Eucalyptus grandis* é a espécie mais utilizada para reflorestamento e de acordo com pesquisas realizadas em povoamentos florestais das regiões do Vale do Rio Doce e Zona da Mata, MG, revelaram importantes vantagens da integração com pecuária para esses sistemas. Nessas regiões Almeida (1991) examinou o efeito de diferentes cargas de bovinos e

ovinos sobre o sistema, durante os dois primeiros anos após o plantio, e verificou que a introdução de animais: i) controlou a vegetação de sub-bosque reduzindo os custos de implantação e manutenção do povoamento de eucalipto em 52 a 93%, dependendo da carga animal; ii) não prejudicou a sobrevivência e desenvolvimento das árvores; iii) não causou compactação do solo que prejudicasse o crescimento do eucalipto. Uma importante conseqüência do controle da vegetação no sub-bosque dos povoamentos florestais é a redução nos riscos de incêndios.

Também na Zona da Mata de Minas Gerais, em experimento comparando diversos espaçamentos de *E. grandis* em associação com *B. decumbens* e capim-gordura, Garcia et al. (1994) observaram que o desenvolvimento do eucalipto foi beneficiado pela presença da *B. decumbens*, que formou uma barreira eficiente contra a erosão, facilitando a infiltração de água no solo e reduzindo perdas por evaporação. Em vista das características topográficas da Zona da Mata, os sistemas silvipastoris verdadeiros, como, por exemplo, o constituído por *E. grandis* e *B. decumbens*, foram considerados como excelente opção de uso da terra nessa região (Garcia e Andrade, 2001).

2.6 Ciclagem de Nitrogênio em Pastagens

O ciclo de N é controlado por transformações bioquímicas que ocorrem na sua grande maioria, no solo. Estas transformações são feitas principalmente por microrganismos que atuam sobre a matéria orgânica do solo. Só desta forma que o N orgânico contido no húmus e nos resíduos vegetais (liteira e raízes) incorporado ao solo, torna-se disponível para as plantas. Em sistemas produtivos onde não é praticada a fertilização nitrogenada, a mineralização da matéria orgânica do solo juntamente com a fixação biológica de nitrogênio atmosférico, são as principais fontes de N para as plantas. A redução das formas minerais de N na solução do solo ocorre também através de processos biológicos como a imobilização, nitrificação, desnitrificação, lixiviação e volatilização de amônia. Este último é bem intenso em pastagens tropicais devido a deposição de urina e fezes dos animais.

A intensidade da ciclagem de N é maior em pastagens do que sistemas de cultivos anuais, devido à presença do gado. Por sua vez, a dinâmica do ciclo de nitrogênio e a intensidade das perdas de N numa pastagem dependerão das características da forrageira e do animal, do solo, do clima, do manejo da pastagem e dos animais e das quantidades e tipos de ingressos deste nutriente ao sistema (Russelle, 1997). No estudo de ciclagem de N em pastagens de *B. decumbens* em monocultura e em sistema silvipastoril, é necessário considerar dois importantes caminhos do N, que incluem a via animal, por meio dos nutrientes por ele consumidos e a via vegetal, através dos resíduos das gramíneas e das espécies arbóreas.

Estratégias de manejo de nutrientes em pastagens necessitam ser desenvolvidas para usar eficientemente estes e evitar as possíveis perdas. Os balanços de nutrientes em sistemas de produção têm se tornado uma ferramenta importante na obtenção destas estratégias. Eles servem também como indicadores de manejo sustentável.

Parte da forrageira não consumida pelos animais é retornada ao solo, e estes resíduos vegetais e mais as raízes, são decompostos com ativa participação microbiana (Urquiaga et al., 1990). A decomposição tem duas grandes funções: a mineralização dos nutrientes e a transformação da matéria orgânica do solo, e é influenciada pelas condições climáticas do ambiente (Kalburtji et al., 1998). Boddey et al. (1993) relatam que quantidades significativas de N mineral (mineralização) são liberadas após mudanças de ambiente seco para o úmido e do frio para o quente, e mencionam também que em condições de umidade e temperatura altas há um maior crescimento das plantas e conseqüentemente maior absorção de N, diminuindo assim, as perdas de N desta fonte. Em pastagens da Colômbia, as taxas de decomposição da

liteira foram mais lentas na época seca do que nas chuvas (Thomas e Asakawa, 1993). As características de solo também afetam a decomposição da liteira. Kalburtji et al. (1998) relataram que em solo de pH 7,8 a decomposição da liteira foi maior do que em solo de pH 5,6. Altos níveis de acumulação de liteira indicam uso ineficiente da forragem produzida e por outro lado, a rápida decomposição da liteira permite um retorno mais rápido de nutriente para o solo e podendo influenciar na necessidade de fertilizantes na pastagem (Bruce e Ebersohn, 1982). O pisoteio do animal e a carga animal também influenciam a dinâmica da liteira nas pastagens. No Sul da Bahia, no bioma Mata Atlântica, em pastagens de *B. humidicola* em monocultura e consorciada com a leguminosa herbácea *Desmodium ovalifolium*, a quantidade de liteira foi regulada pela taxa de lotação. Dobrando-se a taxa de lotação de 2 para 4 animais/ha houve um decréscimo altamente significativo no depósito de liteira e a presença da leguminosa pouco refletiu pouco neste parâmetro (Rezende et al., 1999). Estes autores, utilizando cálculos diretos das quantidades da liteira depositada em período de 14 dias, indicaram que o total anual de liteira depositada foi de aproximadamente 13 a 15 t/ha de matéria seca para pastagem em monocultura e consorciada, respectivamente, sob taxa de lotação mais alta e 16 a 19 t/ha de matéria seca para pastagem em monocultura e consorciada, respectivamente, sob taxa de lotação mais baixa. No entanto, utilizando uma equação para corrigir as possíveis decomposições da liteira no período de 14 dias, novos valores foram estimados para a deposição da matéria seca anual via liteira, 20 a 21 t/ha para a taxa de lotação de 4 animais/ha e 21 a 30 t/ha para a taxa de lotação de 2 animais/ha (Rezende et al., 1999).

Em outros trabalhos pesquisa conduzidos nas mesmas pastagens no Sul da Bahia citadas por Rezende et al. (1999) , têm mostrado a importância da provisão e demanda de N e o efeito do aumento da taxa de lotação animal nos fluxos de N no sistema solo/planta/animal (Boddey et al., 2004; Cantarutti et al., 2002) A quantidade de N reciclada na liteira diminuiu com o aumento da taxa de lotação e do consumo animal (Boddey et al., 2004; Rezende et al., 1999). O aumento da carga animal de 2 para 4 animais/ha, elevou o consumo do N-total por animal de 94 para 158 kg/ha/ano e o N-total da liteira depositada diminuiu de 170 para 105 kg/ha/ano. Conseqüentemente, foi contabilizado um aumento do N depositado nos piquetes via excreção, com quantidades de aproximadamente, de 50 para 90 kg/ha e de 37 para 59 kg/ha, respectivamente na urina e nas fezes com as taxas de lotação de 2 e 4 animais/ha. Houve um aumento nas quantidades de N excretadas pelos animais, e conseqüentemente aumentaram as perdas de N através da volatilização e lixiviação nas pastagens com taxa de lotação maior (Boddey et al., 2004).

Os animais pastejam a gramínea em uma área extensa e ao digerirem estas, aproveitam apenas uma pequena proporção dos nutrientes e excretam grande parte dos nutrientes em pequenas áreas (bebedouros, área de descanso, curral, corredores). Nestes pequenos locais há maior concentração de fezes e de urina, causando mudanças nas comunidades da flora e fauna, e consequentemente, alterando as taxas de mineralização. Por outro lado, os processos de volatilização de amônia, e pela lixiviação/desnitrificação também são intensificados nestas áreas (Haynes e Williams, 1993).

Uma proporção significativa de fezes é excretada também, quando os animais estão fora das pastagens. Em fazendas de gado de leite que não são equipadas para a distribuição do efluente na pastagem, os nutrientes contidos nas fezes depositadas fora da pastagem, são perdidos. Quando as vacas são deslocadas duas vezes por dia para a ordenha, são estimadas perdas de nutrientes desde modo, por vaca por ano, na ordem de 2-11 kg de N, 4-14 kg de K, 0,5-3 kg de P e 1-2 kg de S (Haynes e Williams, 1993).

Estimativas feitas por Whitehead (1995) indicam que o bovino de leite, geralmente excreta 75 a 80% do N que é consumido. Parte do N é excretada na urina e parte nas fezes. A produção diária do N fecal é tipicamente entre 100 e 150 g para uma vaca leiteira de 500 kg

de peso vivo e a freqüência de defecação é geralmente 7 a 15 vezes por dia (Whitehead, 1995).

O conteúdo de nitrogênio nas fezes de bovinos varia entre 2,0 a 2,8% da matéria seca (MS) (Haynes e Williams, 1993). Em pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) Xavier et al. (2002) monitoraram a deposição de fezes de vacas mestiças Holandês x Zebu, em lactação, através de contagem e pesagem das placas de fezes depositadas na pastagem. A pastagem manejada em sistema rotativo, com 30 dias de descanso e três dias de ocupação/piquete, tinha uma taxa de lotação de cinco vacas/ha. A área do piquete era de 750 m^2. A produção de MS e da percentagem de N nas fezes das vacas por pastejo nos piquetes de capim-elefante foi em média 27,97 kg e 2%, respectivamente. Baseando-se nas quantidades calculadas de MS de aproximadamente 4,3 t/ha/ano de fezes depositadas pelos animais, potencialmente seriam adicionadas anualmente nesta pastagem 86 kg/ha de N por esta via (Xavier et al., 2002). É importante ressaltar, que não foi considerada pelos autores, as perdas de N que são bastante expressivas.

Em pastagens de *B. brizantha*, o destino do N nas fezes e na urina foi estudado por Ferreira et al. (1995ab). As perdas de nitrogênio das placas de fezes representaram aproximadamente 10% do N total e as da urina foram mais significativas. Na área coberta pela braquiária, 37% do nitrogênio da urina foram reabsorvidos pelas plantas, 29% deste ficou no solo e fração perdida foi de 34%. Nas áreas sem cobertura vegetal, essas perdas foram estimadas em 76%.

Braz et al. (2002a) trabalhando com novilhas em pastagens de *B. decumbens*, obtiveram a produção de 1,97 kg de MS de fezes por animal por dia. O retorno diário de nutrientes pelas fezes, por animal, foi estimado em 22,10 g de nitrogênio, 10,06 g de fósforo, 6,12 g de potássio, 21,70 g de cálcio e 9,47 g de magnésio.

A lenta degradação fecal aparentemente resulta da baixa taxa de liberação dos nutrientes presentes na formas orgânicas (Haynes e Williams, 1993). Estes autores citam dois processos que contribuem para a degradação das placas de fezes, e assim a liberação de nutrientes, quais sejam: a quebra física, causada principalmente pelo impacto da chuva e pelo pisoteio dos animais e a degradação biológica, produzida pelos organismos vivos (insetos, pássaros).

Os besouros coprófagos denominados aqui no Brasil de “rola bosta” são muito eficientes na aeração e distribuição das fezes. Em um estudo no Japão, a mineralização do N orgânico nas fezes do gado bovino foi descrita em duas etapas: o N orgânico que se decompõe mais facilmente foi mineralizado nos primeiros cinco dias sem a participação do besouro, mas na segunda etapa da mineralização, este inseto foi muito importante (Yakoyama et al., 1991). Nas condições da Zona da Mata de Minas Gerais, Braz et al. (2002b), não observaram atividade ou presença de insetos ou outros organismos que facilitassem a degradação das placas de fezes depositadas por bovinos em 112 dias. Assim, com baixa atividade biológica nas placas, somente o potássio é prontamente disponibilizado para as plantas. O nitrogênio e o fósforo são liberados em quantidades restritas, devido à estreita relação das quantidades dos nutrientes desaparecidos com a desintegração das placas (Braz et al., 2002b).

Baseado nas estimativas do número de vezes e de áreas cobertas por cada excreção, Russelle (1997) calcula que, cada animal afeta diariamente de 2 a 3 m^2 da pastagem com urina e fezes. Esta área pode ser pelo menos dobrada se considerar os efeitos indiretos das excreções devido a fatores como a redistribuição das fezes pela fauna. Desta forma, para uma taxa de lotação de um animal/ha, somente de 14 a 22% da pastagem é afetada pelas excreções (Russelle, 1997).

As excreções são importantes meios de retorno de nutrientes para a pastagem. No entanto, a heterogeneidade na distribuição espacial das fezes do gado nas pastagens pode contribuir negativamente no processo de ciclagem de nutrientes.

Em pastagens com poucas árvores, principalmente em dias quentes, os animais tendem a se concentrarem na copa de uma determinada árvore, propiciando acúmulo de fezes. O mesmo não acontece em sistemas silvipastoris, onde há uma distribuição homogênea das árvores nas pastagens, especialmente quando são estabelecidas em faixas e é adotado o manejo de pastejo rotacionado. Este caso é de se esperar, uma maior distribuição das fezes, já que os animais não ficam em um número limitado de árvores e sim circulando em uma faixa maior de sombreamento. Em determinadas regiões, a época do ano pode influenciar este quadro. Estudos feitos pela Embrapa Gado de Leite em sistemas silvipastoris observaram que a percentagem total do tempo que os animais utilizaram sombra no verão foi de 69% e no inverno de 43% (Leme, 2002).

A heterogeneidade na distribuição espacial das excreções na pastagem está ligada com as atividades diárias dos animais e por ter hábitos gregários, há uma tendência de concentrar suas fezes em locais que eles se agrupam. Braz et al. (2003) estudaram a distribuição espacial das fezes depositadas por bovinos leiteiros em uma pastagem de *B. decumbens* e constataram duas regiões distintas quanto à densidade de deposição das defecações. A primeira está associada ao ato de pastejo quando parte das defecações foram distribuídas na maior parte da área da pastagem, porém com densidade de defecação inferior a outra região distinta que está associada aos atos de descanso e ruminação, a qual ocupa menor área da pastagem, porém apresenta maior densidade de defecação. Desta forma, os resultados confirmam a existência de dois tipos heterogeneidade na distribuição das excreções na pastagem. A partir de observações visuais, nestes locais, os animais exerciam atividades de descanso ou ruminação. Baseados nestes dados, os autores, indicam que a heterogeneidade na distribuição espacial das excreções na pastagem está relacionada com as atividades diárias dos animais. Braz et al. (2003) citam que existem dois tipos são: heterogeneidade local ou de pequena escala, que ocorre devido à deposição aleatória em determinada área e heterogeneidade de larga escala, que resulta da tendência do rebanho ser atraído para certa área da pastagem, resultando na concentração das excreções nesta área. Para descrever a distribuição das fezes na pastagem, os autores testaram alguns modelos matemáticos e o que mais se ajustou aos dados foi de distribuição Binomial Negativa. Modelos matemáticos têm sido testados para descrever a distribuição das fezes dos animais no campo. Entre os testados, a distribuição Binomial Negativa permite que uma área possa ser coberta mais de uma vez (superposição de placas) e considera aumentos na quantidade de fezes em áreas de concentração dos animais (Haynes e Williams, 1993).

Segundo Russelle (1997), com relação à distribuição das excreções, é possível alterar o comportamento do animal em sistemas de manejo intensivos, através da colocação de bebedouros em piquetes, no entanto é muito mais difícil em pastagens extensivas ou aquelas localizadas em paisagens irregulares.

Jewell, et al. (2007) verificam que os animais sob pastejo extensivo em áreas montanhosas localizadas nos Alpes, produzem forte heterogeneidade na distribuição espacial das placas de fezes. Foi observado que os animais se agrupam para descansar e ruminar nas partes mais baixas da pastagem, que também são as mais planas. E são nestas áreas que os animais concentram as excreções. Como resultado, os nutrientes se tornam mais uniformemente concentrados em locais restritos e conseqüentemente há maiores taxas de perdas de fósforo nestes locais (elemento estudado no respectivo trabalho). E ainda, grande parte da pastagem fica descoberta de fezes e sem o retorno dos nutrientes por esta via, causando um declínio gradual de produtividade. Fazendo o balanço de P nesta pastagem, verificou-se que aproximadamente a metade da área tinha um balanço de P próximo ao zero (-0,5 ±0,5 kg/ha/ano), enquanto um quarto da área ganhou > 0,5 kg/ha/ano e outra similar perdeu >0,5 kg/ha/ano. Porém, a distribuição espacial de perdas e ganhos não foi simétrica devido a locais restritos que o gado se agrupava, ganharam > 50 kg/ha/ano, mas registraram-

se também nestas poucas áreas, as maiores taxas de perdas de P. Os autores concluem ainda, que a adoção de práticas simples de manejo, tais como o uso de cercas para restringir a locomoção dos animais, poderia ajudar a reter e melhor distribuir os nutrientes deste sistema de pastagem.

As perdas de N pela urina são maiores do que pelas fezes, pois do N contido nas fezes, apenas 20-25% são solúveis em água e predominantemente na forma orgânica, enquanto que o N da urina é composto de uréia (50-80%), que é rapidamente hidrolizável pela urease (Haynes e Williams, 1993; Russelle, 1997). Por outro lado, o retorno de N ao sistema por esta via, também assume grande papel na ciclagem de nitrogênio nas pastagens (Wilkinson e Lowrey, 1973). Sob manejo intensivo, a recuperação de N da urina pode ficar entre 20 e 30% (Haynes e Williams, 1993).

2.7 Ciclagem de Nitrogênio em Sistemas Silvipastoris

Na literatura são escassos os trabalhos de ciclagem de N em sistemas silvipastoril. Nestes sistemas, além dos componentes animal e forragem, deve-se considerar o componente arbóreo na ciclagem de nitrogênio, e se a espécie for leguminosa, deve-se também observar a contribuição da fixação biológica de nitrogênio atmosférico.

Em alguns artigos são encontradas informações sobre a queda de partes das árvores, especialmente folhas, que irá formar a liteira e a importância desta para recuperar áreas degradadas (Dias et al., 1994; Costa et al., 1997; Franco e Faria, 1997). Após trinta meses de plantio de mudas de espécies de leguminosas arbóreas, observou-se completa cobertura vegetal de uma área degradada, proporcionando a entrada de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes via deposição de liteira e renovação de sistema radicular (Franco e Faria, 1997).

Espécies de leguminosas arbóreas que possuem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico apresentam geralmente maior potencial para adicionar nutrientes ao sistema da pastagem do que as não-leguminosas. Carvalho et al. (1994) verificaram que a ocorrência de diversas espécie arbóreas, a maioria das quais eram leguminosas, em pastagens de *B. decumbens* e *B. brizantha* formadas em solos de baixa fertilidade natural, resultou em aumentos na quantidade de N nas folhas verdes das gramíneas e na liteira, nas áreas sob a influência das árvores. Um estudo realizado na Costa Rica ilustra bem a importância da biomassa de leguminosas arbóreas na produção de matéria seca das gramíneas. Libreros et al. (1994) examinaram o efeito da associação de "King Grass" (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) com a leguminosa arbórea *Erythrina poeppigiana* sobre a produtividade e qualidade da gramínea. O "King Grass" foi cultivado em monocultura ou associado com a espécie arbórea, a qual era submetida a podas em 0, 33, 66 e 100% das árvores, sendo a folhagem depositada no solo. A biomassa de forragem da gramínea aumentou consideravelmente com a associação, mesmo no tratamento sem poda. Com aumento na quantidade de biomassa das árvores depositada no solo, observou-se uma maior produtividade da gramínea (Libreros et al., 1994). Em outro trabalho, desenvolvido em Cuba, a liteira de pastagem de *Panicum maximum* associada com leucena (*Leucaena leucocephala*) apresentou maior conteúdo de nitrogênio e cálcio. O resíduo vegetal da leguminosa correspondeu a 72,8% do total do peso da liteira (Sánchez et al., 2007).

Nas pastagens, há indicações que certa quantidade de N imobilizado está presente nos solos, o qual poderá se tornar disponível para as gramíneas, em respostas às condições ambientais favoráveis em áreas sombreadas. Myers e Robbins (1991) consideram que a sombra moderada é uma das opções de manejo que podem contribuir para aumentar a disponibilidade das reservas de N do solo em pastagens cultivadas.

Em regiões tropicais e subtropicais, o sombreamento além de contribuir para aumentar a produção de matéria seca das gramíneas, elevou a acumulação de N na biomassa da forragem (Wilson et al., 1986; 1990). Nos períodos de verão e primavera a acumulação de N

em *Paspalum notatum*, sob uma plantação de *Eucaliptus grandis* de cinco anos, foi 67% maior do que na biomassa de forragem coletada em área próxima, mas sem árvores (Wilson et al., 1990).

Com base nos resultados encontrados na literatura, Wild et al. (1993) argumentam que o efeito do sombreamento aumentando a disponibilidade de N para as forrageiras, somente se torna significativo em situações em que existe deficiência desse elemento no solo. Em solos sem deficiência de N ou na presença de doses elevadas de fertilizantes nitrogenados, o sombreamento não estimularia absorção de N, podendo até prejudicar a resposta das forrageiras ao fertilizante aplicado. Em pastagens sob solo de baixa fertilidade, a ocorrência de espécies de leguminosas arbóreas beneficiou o acumulo de nitrogênio através da fixação biológica de N_2 (Dias, et al.; 2006; 2007). Em sistemas silvipastoris que incluem leguminosas arbóreas fixadora de nitrogênio atmosférico há uma entrada de N importante por esta via. A espécie *Acacia mangium* é descrita na literatura como capaz de formar simbiose com rizóbio (Siqueira e Franco, 1988), desta forma nos estudos de ciclagem de N se faz necessário estimar a contribuição da fixação biológica de N_2 (FBN) desta espécie.

Também é necessário considerar que as árvores através do seu sistema radicular profundo permitem a ciclagem de nutrientes de camadas mais profundas para a superfície do solo (Campello, et al. 2007). Estes autores enfatizam outros benefícios da árvore em relação à proteção do solo e disponibilidade de nutrientes, já que as árvores promovem estabilização física da massa do solo seja pelo efeito direto de aproximação das partículas, seja por influência indireta da adição de matéria orgânica sobre as propriedades físicas do solo. As árvores promovem ainda reserva temporária de nutrientes, imobilizados nas raízes e parte aérea, evitando sua perda por erosão ou mesmo lixiviação. As árvores são capazes também de redistribuir o C e outros nutrientes em profundidade, favorecendo a atividade microbiana e da fauna do solo.

3. CAPÍTULO I

EFEITO DA ARBORIZAÇÃO DE PASTAGEM DE *Brachiaria decumbens* NO DESEMPENHO ANIMAL E NA BIOMASSA DE FORRAGEM

3.1 RESUMO

A degradação de pastagens cultivadas é uma realidade em todo Brasil e tem causado prejuízos substanciais tanto econômicos como ecológicos. Os sistemas silvipastoris, principalmente os que incluem leguminosas arbóreas, podem proporcionar a reintegração de pastagens degradadas ao processo produtivo de maneira sustentável, sem significativa dependência de insumos externos, principalmente, fertilizantes nitrogenados. Visando analisar a biomassa de forragem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e o desempenho animal sob sistema silvipastoril (SSP) e monocultura (BM), foi conduzido um experimento na Zona da Mata de Minas Gerais, área de influencia da Mata Atlântica. As espécies arbóreas usadas no SSP foram: *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. Os piquetes de 0,5 ha foram pastejados por cinco novilhas em sistema rotativo, com sete dias de ocupação e com intervalo de desfolha de 35 dias. Foram utilizadas novilhas mestiças Holandês x Zebu. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis repetições. Foram considerados dois tratamentos: SSP e BM. Durante o período de avaliação de 12 meses, foram monitoradas a produção e qualidade da biomassa de forragem da B. *decumbens* cv. Basilisk. O ganho de peso dos animais foi acompanhado mensalmente e o consumo animal, utilizando óxido crômico e animais fistulados, foi avaliado por dois meses por período do ano (águas e seca). A biomassa de forragem foi maior no BM com valor médio mensal de 1.800 kg/ha de matéria seca (MS). Na pastagem em SSP, a biomassa de forragem da *B. decumbens* cv. Basilisk foi em média 1.653 kg/ha de MS. Não houve diferença significativa na quantidade de N na biomassa de forragem das duas pastagens. Os teores de fibra detergente neutra (FDN), de fibra detergente ácida (FDA) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da biomassa de forragem não variaram com os tratamentos ($P>0,05$). Em média, apresentaram os seguintes valores: 69,4; 36,6 e 52,0% para FDN, FDA e DIVMS, respectivamente. As estimativas de produção de matéria seca (MS) fecal foram diferentes ($P<0,05$) nas pastagens SSP e BM nos meses examinados, com valores de 3,32 e de 2,75 kg/novilha/dia, respectivamente. Já o consumo de MS das novilhas não mostrou diferenças entre as pastagens estudadas ($P>0,05$), com médias de 6,52 kg/novilhas/dia para o SSP e de 5,60 kg/novilha/dia para a BM. No entanto, o efeito arborização promoveu maiores ganhos de peso animal. Os ganhos de peso dos animais foram maiores no SSP com média de 0,51 kg/novilhas/dia. Na pastagem em BM o valor médio foi de 0,45 kg/novilha/dia. Apesar de não ter sido detectado estatisticamente maior quantidade de N na biomassa de forragem em SSP e nos teores de FDN e DIVMS, provavelmente devido à amostragem feita, os maiores ganhos de peso dos animais no SSP, corresponde ao efeito benéfico da árvore sobre a qualidade da forragem. Pode-se considerar também, que a sombra promove bem estar animal, refletindo em uma maior produtividade do sistema silvipastoril.

Palavras-chave: Biomassa de forragem. Consumo animal. Pastagens tropicais. Valor nutritivo.

3.2 ABSTRACT

The degradation of planted pastures is a reality all over Brazil causing substantial damage both economic and ecological. Silvopastoral systems, principally those that include leguminous trees, can promote the reintegration of degraded pastures into the productive process in a sustainable manner without significant dependence on external inputs, principally nitrogenous fertilizers. With the aim of analyzing the biomass of the forage of *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk and the animal performance under a silvopastoral system (SSP) comparison with *B. decumbens* cv. Basilisk in monoculture (BM), an experiment was carried out in the "Zona da Mata" within the Atlantic forest region. The species of trees used in the SSP were *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* and *Eucalyptus grandis.* The paddocks were of 0.5 ha in area and were grazed by five heifers in a rotation system with 7 days grazing and 35 days rest. The animals used were Zebu x European heifers. The experimental design was randomized complete blocks with six replicates. During the 12 months of evaluation the production and quality of the forage biomass was monitored. The live weight gain of the animals was evaluated at two-monthly intervals utilizing chromic oxide and animals equipped with oesophageal fistulae. The forage biomass was higher in the BM with a mean of 1,800 kg/ha of dry matter (DM). In the SSP the mean biomass was 1,653 kg DM/ha. There was no significant difference in the quantity of forage biomass of the two pastures. The concentrations of neutral detergent fibre (NDF) or acid detergent fibre (ADF) and the *in vitro* digestibility (IVDDM) in the forage biomass were not different ($P<0.05$) between treatments. On average the means were 69.4, 36.6 and 52.0 % for NDF, ADF and IVDDM, respectively. The estimates of faecal production (dry matter) were significantly higher in the SSP (3.32 kg/heifer/day) than in the BM (2.75 kg/heifer/day). However, the animal intake was not significantly different ($P<0.05$) between pastures with means of 6.52 and 5.60 kg/heifer/day for the SSP and BM, respectively. On the other hand, the introduction of trees into the pastures increased animal live weight gains. The live weight gains of the animals in SSP were higher with a mean of 0.51 kg/heifer/day. In the BM pasture the weight gain was 0.45 kg/heifer/day. Although no significantly greater quantity of N, or higher levels of NDF or IVDDM were detected in the forage biomass in the SSP, probably owing to the problems with forage sampling, the greater weight gains of the animals in this system, corresponded to a beneficial effect of the trees on forage quality. It may also be considered that the shade provided by the trees was better for the welfare of the animals and this was reflected in the greater productivity in the silvopastoral system.

Key words: Forage mass. Forage intake. Nutritive value. Tropical pasture.

3.3 INTRODUÇÃO

Na Região Sudeste, em áreas de influência da Mata Atlântica, a baixa capacidade de suporte das pastagens naturalizadas de capim-gordura (*Melinis minutiflora*, Beauv.) tem causado sua substituição por pastagens cultivadas, usando-se principalmente as espécies *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *B. brizantha* cv. Marandú. Porém, no decorrer dos anos, a maioria das áreas cultivadas com estas gramíneas, sem um manejo adequado, está em processo de degradação causando grandes impactos negativos tanto econômicos quanto ambientais.

Em sistemas silvipastoris, as mudanças que as árvores promovem nas áreas de pastagens sob sua influência, principalmente na fertilidade do solo e nas condições microclimáticas, podem influenciar o crescimento das forrageiras herbáceas.

Diversas informações da literatura indicam enriquecimento do solo de pastagens em áreas sob a influência das copas de árvores, com aumentos significativos nos teores de P, K e outros nutrientes (Velasco et al., 1999; Xavier et al., 2003). A deposição contínua de biomassa no solo, em áreas sob a influência de árvores, aumenta a matéria orgânica do solo. É de se esperar que condições de fertilidade do solo favoráveis contribuam para um maior desenvolvimento das forrageiras herbáceas.

No entanto, as gramíneas quando se desenvolvem sob condições de redução da radiação solar incidente, podem apresentar variações na qualidade e quantidade de forragem e no desenvolvimento morfológico. Assim, uma condição importante para o sucesso da integração de pastagens com árvores é a tolerância da forrageira utilizada e o nível de sombreamento imposto (Carvalho, 2002). A tolerância ao sombreamento varia entre diferentes espécies de gramíneas e de leguminosas. As espécies *B. brizantha*, *B. decumbens* e *B. humidicola* foram relacionadas entre as gramíneas de média tolerância ao sombreamento (Carvalho, 2002). Estas forrageiras apresentam tolerância às condições de redução de radiação solar incidente devido a mudanças morfológicas e da concentração total de clorofila (Boardman, 1977; Humphreys, 1981). Sob influência de árvores, a pastagem de *B. decumbens* apresentava-se mais verde durante a época da seca (Carvalho et al., 1999). Quando esta forragem foi analisada, revelou uma maior quantidade de proteína bruta que a forragem sem sombreamento (Carvalho et al., 1999).

Em sistemas silvipastoris um dos efeitos esperados é a amenização de extremos ambientais que podem refletir positivamente na produção animal (Pires et al., 2001). As árvores atenuam as temperaturas extremas em pastagens e reduzem o impacto de chuvas e ventos, promovendo conforto e servindo de abrigo aos animais. E esses fatores de conforto se refletem no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (Pires et al., 2001).

O estresse pelo calor afeta a fertilidade do rebanho, reduzindo a taxa de concepção e peso dos bezerros ao nascer (Daly, 1984). O sombreamento é também fator de grande importância para a produtividade bovina, principalmente na pecuária de leite. Segundo Baccara Júnior (1998), a melhor sombra é aquela fornecida pelas árvores. O autor recomenda que o sombreamento deva ser parte obrigatória em piquetes para vacas leiteiras, para que elas possam ser aliviadas das cargas térmicas radiantes provenientes da radiação solar direta. É esperado um incremento na produção de leite, em decorrência do maior conforto e do efeito conjunto da sombra e da maior reciclagem de nutrientes sobre a produção e qualidade da forragem. Na Colômbia, a produção de leite em sistema silvipastoril *Alnus acuminata* + *Pennisetum clandestinum* foi de 9,7 litros/vaca/dia, significativamente maior ($P<0,01$) que a produção de leite de vacas pastejando em uma pastagem pura de *P. clandestinum* (Chamorro e

Rey, 2008). Deve-se ressaltar que a espécie arbórea *A. acuminata* mantém simbiose com actinomiceto do gênero *Frankia*, que possui capacidade de fixar o N_2, aumentando assim, a disponibilidade do N no sistema.

Por outro lado, tanto as pastagens em monocultura como as consorciadas com árvores, são de fundamental importância a manutenção de um balanço eficiente entre o crescimento da planta, o seu consumo e a produção animal. Neste capítulo, o objetivo principal foi comparar as pastagens de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura quanto ao desempenho animal e as características da forragem em oferta.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental da Embrapa Gado de Leite, localizada no município de Coronel Pacheco, Zona da Mata de Minas Gerais, em pastagens de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em monocultura (BM) e em sistema silvipastoril (SSP), já formadas em solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de baixa fertilidade natural e com declividade variando de 30% a 40%. O estabelecimento destas pastagens ocorreu em dezembro de 2000. Antes do estabelecimento das pastagens, a área encontrava-se em processo de degradação. As características químicas médias do solo antes da implantação das pastagens revelaram os seguintes valores: pH em água, 4,34; H+Al, 6,44 $cmol_c/dm^3$; cátions trocáveis ($cmol_c/dm^3$): Al^{+3}, 0,33; Ca^{+2}, 0,19; Mg^{+2}, 0,06 e K^+, 0,08; P-disponível (Mehlich), 2,12 mg/kg. A análise do solo feita seguiu a metodologia adotada pela Embrapa (Embrapa, 1997).

O município de Coronel Pacheco, situado em área do Bioma Mata Atlântica, está localizado a 21° 33` 22``de latitude sul e 43° 06`15``de longitude oeste, com altitude de 426 metros. O clima da região é do tipo Cwa, clima tropical mesotérmico úmido, com verão quente e chuvoso (outubro a março) e inverno frio e seco (abril a setembro). A precipitação pluviométrica anual, média de 30 anos, é de 1.600 mm, com cerca de 90% desse total ocorrendo nos meses de outubro a abril. A temperatura média anual é de 21,1° C, e as médias dos períodos das chuvas e da seca, 23,7 e 18,5° C, respectivamente.

Por ocasião da implantação das pastagens (BM e SSP), foram feitas a calagem (1 t/ha de calcário dolomítico) e a adubação, 600 kg/ha de fosfato de Araxá, 250 kg/ha de superfosfato simples, 100 kg/ha de cloreto de potássio e 30 kg/ha de FTE BR-16. A adição do fosfato de Araxá foi feita em cobertura com incorporação por meio da gradagem um mês antes do plantio. O calcário foi também incorporado por meio da gradagem, 15 dias depois da aplicação do fosfato. O superfosfato simples e o cloreto de potássio foram aplicados em cobertura, por ocasião do plantio. A adubação para o plantio das mudas de árvores foi feita aplicando-se por cova e para as espécies de leguminosas, 50 g de calcário dolomítico, 80 g de fosfato de araxá, 100 g de superfosfato simples, 25 g de cloreto de potássio e 10 g de FTE BR-16, e para o eucalipto, 75 g de sulfato de amônio, 225 g de superfosfato simples e 15 g de cloreto de potássio.

O plantio da *B. decumbens* cv. Basilisk foi realizado a lanço em faixas preparadas em nível. Para cada hectare, no SSP, as espécies arbóreas foram plantadas em faixas de 10 m de largura, alternadas com faixas de pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk sem árvores, de 30 m de largura. Nas faixas de árvores, com quatro linhas, com espaçamento entrelinha foi de 3 m. Nas linhas os espaçamentos entre mudas foi de 3 m. As espécies arbóreas usadas foram: *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis.* As duas primeiras espécies são leguminosas para atender finalidades de fornecimento de sombra e biomassa rica em N e outros nutrientes, enquanto que a espécie *E. grandis* para produção de madeira. Inicialmente, o SSP contava com mais duas espécies de leguminosas: *Acacia auriculiformis* e *Leucaena leucocephala*. Estas leguminosas, apesar de serem descritas como adaptadas a solos ácidos e de baixa fertilidade não sobreviveram o primeiro ano do estabelecimento do SSP. Desta forma, o SSP, ficou com a densidade de 198 árvores por hectare (66 árvores de cada espécie).

O período experimental foi de doze meses, começando em julho de 2005 e foram comparados dois tratamentos: a) pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em monocultura (BM); e b) pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk, associada com árvores plantadas em faixas (Sistema silvipastoril – SSP). A área total foi de seis hectares, sendo três hectares em cada tratamento. Em cada tratamento, a área foi dividida em seis piquetes de 0,5 ha cada. No sistema silvipastoril (Figura 1), cada piquete (0,5 ha) permaneceu com uma faixa

de árvore e de cada lado desta faixa, a área de pastagem da *B. decumbens* cv. Basilisk correspondeu a 15 m (Anexo A - Figura 1).

Figura 1: Visão da área experimental. Foto: acervo pessoal da autora.

O pastejo foi manejado por meio de lotação rotacionada. Cada piquete de 0,5 ha com sete dias de ocupação e o com intervalo de desfolha de 35 dias, de forma que os animais permaneciam dentro do experimento o ano todo, sem suplementação. Em cada tratamento foram usadas cinco novilhas mestiças (Holandês x Zebu), com idades de 8 a 10 meses no início do experimento (Figura 2). Durante todo período de pastejo, os animais tinham acesso a sal mineral e água em cochos localizados nos piquetes. A quantidade de sal mineral oferecida foi em média, 57 g por animal por dia.

Figura 2: Visão das novilhas mestiças utilizadas no experimento. Foto: acervo pessoal da autora.

Anotações da precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram obtidas através do posto meteorológico, situado na área experimental de Coronel Pacheco (Figura 3).

3.4.1 Biomassa de Forragem das Pastagens

A biomassa de forragem foi estimada mensalmente. Os dados foram obtidos com auxílio de quadrantes de 0,25 m^2 que eram lançados 20 vezes, em cada piquete. Por mês foram avaliados quatro piquetes por tratamento. No SSP, os quadrantes não eram lançados dentro da faixa de árvores, mas ao longo da faixa de *B. decumbens* cv. Basilisk. A forragem contida em cada quadrante foi cortada à altura de 5 cm do solo e levada à sala de preparo de amostra da Embrapa Gado de Leite. Das 20 amostras, após pesagem foram feitas quatro amostras compostas para avaliar a porcentagem de matéria seca e calcular a biomassa de forragem. As amostras foram separadas manualmente em material verde e material morto (MM). O material verde foi considerado a biomassa de forragem (BF). Após secas (65 ºC) e pesadas, o material morto foi descartado e a biomassa de forragem foi moída para análises de N, adotando o método Kjeldahl (Bremner e Mulvaney, 1982).

Para determinar a qualidade da biomassa de forragem, nos meses de junho, julho e agosto (época da seca), outubro, novembro e dezembro (época das chuvas), foram realizadas análises de fibra detergente neutro (FDN), de fibra detergente ácido (FDA) de acordo com Van Soest e Wine (1967) e Van Soest e Robertson (1985) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) conforme técnica descrita por Silva e Queiroz (2006).

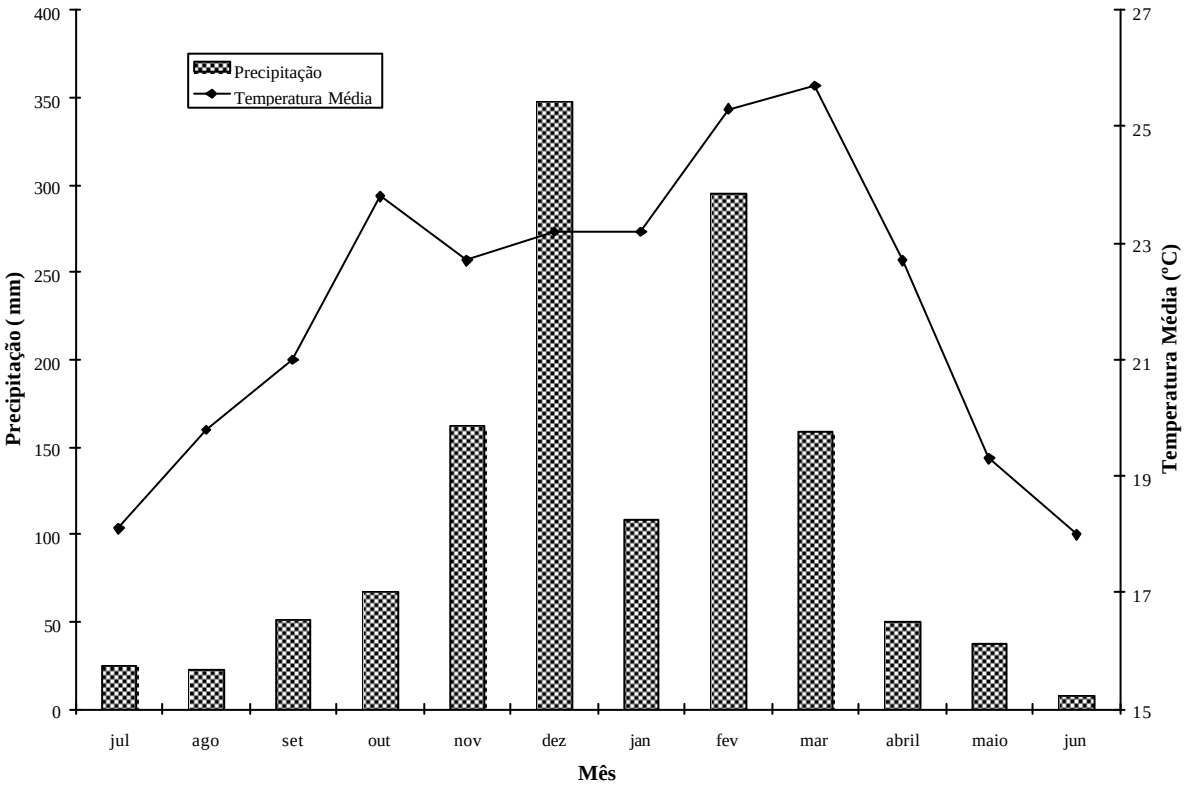

Figura 3: Médias mensais de precipitação (mm) e de temperatura (média da máxima e da mínima) em Coronel Pacheco (Embrapa Gado de Leite) no período de julho de 2005 a junho de 2006.

3.4.2 Ganho de Peso Animal

Os animais foram divididos ao acaso em dois lotes (cinco animais /lote) em junho de 2005, início do experimento. Cada lote manteve os mesmos animais em cada tratamento (SSP e BM) durante 12 meses. No início do período experimental, antes de entrar nos piquetes, os animais foram identificados e pesados com os seguintes números e pesos iniciais, respectivamente: lote do SSP - animal 4428 com 213 kg; animal 4439 com 215 kg; animal 4442 com 241 kg; animal 4457 com 169 kg; animal 4496 com 115 kg. O segundo lote de animais que pastejaram a BM, foram identificados com os seguintes números e pesos iniciais, respectivamente: animal 4417 com 245 kg; animal 4422 com 214 kg; animal 4431 com 211 kg; animal 4488 com 142 kg; animal 4495 com 125 kg.

Por meio de pesagem individual dos animais foi avaliado o ganho de peso dos animais nos dois sistemas (BM e SSP). A pesagem foi realizada mensalmente nos dois lotes de animais, durante os 12 meses.

3.4.3 Consumo Animal

O consumo de pasto pelos animais foi estimado com base na produção de fezes e na digestibilidade *in vitro* da matéria seca das extrusas coletadas dos animais fistulados.

Utilizando-se os mesmos dois grupos de novilhas, as estimativas de consumo de matéria seca (MS) das duas pastagens (SSP e BM) foram realizadas duas vezes durante a fase experimental, uma na época das águas (dezembro e janeiro) e outra na seca (junho e julho). Nos mesmos períodos, foram introduzidas nas pastagens duas vacas fistuladas no esofago (uma em cada pastagem) para avaliar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido e proteína bruta da dieta. Antes do período da coleta dos dados, as vacas tiveram dez dias de adaptação nas pastagens.

O consumo individual diário de MS da pastagem pelas novilhas foi estimado utilizando a fórmula:

Consumo de MS (kg/animal/dia) = [Produção de MS fecal/(100 - digestibilidade)] x 100.

Para estimar a produção de MS fecal (kg/animal/dia) foi utilizado o óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador externo, acondicionado em cápsulas de papel e fornecido, via oral durante 14 dias, em administração diária única realizada pela manhã, às 9:00 horas, na quantidade de 10 g/animal. Nos últimos sete dias de administração do Cr_2O_3, também pela manhã, no mesmo horário, foram coletadas as fezes. As amostras foram secas (55 ºC por 72 h) e moídas para serem analisadas quanto ao teor de cromo.

A técnica do óxido crômico é fundamentada na administração oral de Cr_2O_3 por no mínimo 14 dias, e como não é digestível, permanece em torno de 6 a 7 dias constante na excreção fecal. Desta forma é possível estimar a produção fecal pela concentração de cromo nas fezes dos animais. Nos cálculos, foram utilizadas as seguintes equações:

Quantidade MS fecal estimada = (peso de cromo ingerido / % cromo nas fezes) x 100

Recuperação MS fecal = (quantidade MS fecal estimada / quantidade MS fecal real) x 100

Onde, a recuperação do indicador é:

Recuperação do indicador = 1 / recuperação MS fecal

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada em amostras de extrusas coletadas no primeiro, quarto e sétimo dia de ocupação em cada pastagem (SSP e BM), utilizando uma vaca fistulada no esôfago. Também foram realizadas nas amostras de extrusas, análises de teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro

(FDN) e fibra detergente ácido (FDA). Os métodos utilizados foram baseados em Silva e Queiroz (2006).

3.4.4 Abundância Natural de ^{13}C

Nas amostras da extrusa foi feita análise de abundância natural de ^{13}C, para identificar possível presença de leguminosa na dieta das novilhas. Para análise de abundância natural de ^{13}C (Urquiaga et al., 2006) foi utilizado o espectrômetro de massa automatizado do laboratório da Embrapa Agrobiologia. No SSP, além da *B. decumbens* que é uma planta de ciclo C_4, os animais tiveram acesso às espécies arbóreas forrageiras *A. mangium* e *M. artemisiana* (plantas C_3).

A técnica que estima a composição isotópica de carbono na amostra é baseada na diferença da relação de $^{13}C/^{12}C$ da amostra. O padrão utilizado é uma rocha calcária dolomítica encontrada em uma formação geológica localizada na Carolina do Norte, nos Estados Unidos da America. Esta rocha, denominada Pee Dee Belemnite – PDB tem uma relação molar de $^{13}C/^{12}C$ de 0,01124. A diferença entre a relação de $^{13}C/^{12}C$ da amostra e do padrão é expressa em d (letra grega delta minúscula) e parte por mil (‰) e é obtida conforme a equação:

$$\mathbf{d^{13}C\ (‰)} = (^{13}C/^{12}C \text{ amostra} - {}^{13}C/^{12}C \text{ padrão}) / {}^{13}C/^{12}C \text{ padrão} \times 1000$$

Como a relação molar de $^{13}C/^{12}C$ do CO_2 atmosférico e das plantas é inferior a de PDB, o valor d $^{13}C_{PDB}$ é negativo (Urquiaga et al., 2006). Para as plantas, os valores são em média de -11 a -35 ‰, e diferem entre espécies de ciclos C_3 e C_4. Plantas de ciclo C_3 discriminam mais intensamente o ^{13}C, apresentando variações na abundância isotópica de ^{13}C de -20 a -34 deltas. As plantas de ciclo C_4 discriminam menos o ^{13}C, com valores variando de -9 a -17 deltas (Urquiaga et al., 2006).

3.4.5 Análise Estatística

A análise de variância considerou o modelo de parcela subdividida no tempo (Ramalho et al., 2000), em que os sistemas de pastagem (SSP e BM) eram as parcelas, e os dados obtidos nos meses as subparcelas. Para esse fim, foi utilizado o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2000). Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% (Tabelas no Anexo A).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Biomassa de Forragem das Pastagens

Houve significância para o efeito de sistema de pastagem (P<0,05) para a biomassa de forragem e biomassa de forragem total. A biomassa de forragem da *B. decumbens* cv. Basilisk foi maior em monocultura (BM) que no sistema silvipastoril (SSP). Os valores médios de biomassa de forragem registrados foram 1.800 e de 1.653 kg/ha para a pastagem de BM e para a pastagem em SSP, respectivamente (Tabela 1). A biomassa de forragem total (biomassa de forragem + matéria morta) também foi maior (P<0,05) na pastagem de BM, sendo que a parte da matéria morta (MM) e a relação biomassa de forragem/biomassa de forragem total (BF/BT), não apresentaram diferenças significativas entre as duas pastagens estudadas (Tabela 1). Assim, a sombra das árvores causou redução na biomassa de forragem, mas não alterou a porção da matéria morta da pastagem. Não foi constatado efeito significativo da interação sistema x mês nas características avaliadas (Anexo – Tabela 2), no entanto, observou-se efeito de mês no parâmetro biomassa de forragem. Nos dados médios das duas pastagens, verifica-se o maior valor de biomassa de forragem no mês de janeiro, 2.319 kg/ha e o menor valor no mês setembro, 976 kg/ha. Como é característico da região (Figura 3), no mês de janeiro, dentro da época das águas, é de esperar produções altas de biomassa de forragem, enquanto no mês de setembro, final da época seca, a pastagem apresenta menor crescimento.

Tabela 1: Biomassa de forragem total (BT), biomassa de forragem (BF), matéria morta (MM) e proporção de BF em relação à BT de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).

Pastagem	BT	BF	MM	BF/BT
	----------	g/m^2	----------	
SSP	244,40^{b}	165,30^{b}	79,00^{ns}	0,67^{ns}
BM	266,90^{a}	180,05^{a}	86,00^{ns}	0,67^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem pelo teste F (P<0,05).
^{ns} Não-significativo

Na literatura encontram-se respostas variáveis de forrageiras herbáceas ao sombreamento, tanto ao sombreamento natural, promovido por árvores, como artificial, obtido através de telas. Em experimentos que foram conduzidos com sombreamento artificial, observou-se um estímulo da sombra ao crescimento de algumas gramíneas ou até mesmo ausência de efeito negativo (Wong e Wilson, 1980; Samarakoon et al., 1990; Castro et al., 1999). Há também alguns autores mostrando redução no crescimento de forrageiras por efeito de sombreamento artificial (Schreiner, 1987; Castro et al., 1999).

Situações nas quais a biomassa de forragem foi reduzida por sombreamento artificial ou natural devem estar relacionadas com a presença de sombreamento excessivo ou de algum fator desfavorável, como o grau de tolerância da forrageira ao sombreamento, entre outros.

Em condições de sombreamento natural, Paciullo et al. (2007c) relatam que quando a percentagem de sombreamento era 65%, houve redução na biomassa de forragem e após um desbaste seletivo de algumas árvores de eucalipto, as pastagens não sombreadas e sombreadas, não apresentaram diferenças significativas na biomassa de forragem. O aumento na incidência de luz resultou maiores valores de biomassa de forragem em SSP. Nestas

condições, os valores de biomassa de forragem, durante o outono, foram 1.260 e 1.158 kg/ha para a pastagem em SSP e na BM, respectivamente (Paciullo et al., 2007c).

Apesar da biomassa da pastagem em SSP, ser menor que a pastagem na BM, não houve comprometimento no desempenho animal. Na Figura 4 é apresentada a distribuição da biomassa de forragem e a capacidade de suporte em função do mês do ano em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura e em sistema silvipastoril. Ao longo do período de avaliação, a taxa de lotação, baseada na UA/ha foi aumentando nos dois sistemas de pastagem, BM e SSP (Figura 4). Como o número de animais foi fixo (5 novilhas/tratamento), a pressão de pastejo cresceu durante o período pastejado quando os animais ganharam peso. Mesmo com aumento na pressão de pastejo a biomassa de forragem não diminuiu em ambas as pastagens (Figura 4).

O teor de N da biomassa das duas pastagens (SSP e BM) não diferiu estatisticamente. Foi observado apenas efeito da interação pastagens x mês. Nos meses de julho, agosto, setembro e março, o teor de N na biomassa de forragem do SSP foi maior que os valores encontrados na biomassa de forragem da BM (Figura 5). O aumento nos teores de N significa maiores teores de proteína bruta na forragem. Não houve efeito do sistema de pastagem e da interação sistema de pastagem x mês para a quantidade de N na biomassa de forragem ($P<0,05$). Registrou-se efeito do mês ($P<0,05$). Os meses março e abril apresentaram as maiores quantidades de N na biomassa de forragem, entretanto, os valores obtidos nestes dois meses não diferiram estatísticamente dos verificados nos meses novembro, dezembro, maio e junho (Figura 6). Os trabalhos conduzidos anteriormente na Zona da Mata de Minas Gerais indicam que o sombreamento de árvores aumentou a quantidade de N na biomassa de forragem. A quantidade de N nas forrageiras B. decumbens e B. brizantha quando sob a copa de árvores, foram maiores 42 e 49%, respectivamente, em relação à área de pastagem em pleno sol (Carvalho, et al., 1999).

No presente experimento, as amostras de biomassa de forragem no SSP, foram feitas de tal maneira a representar a área total do piquete. Apenas 30% das amostras foram coletadas sob as copas das árvores, e os outros 70% restantes foram realizadas espalhadas na faixa sem árvore. Assim, desta maneira, não foi possível detectar, possíveis valores maiores na quantidade de N na biomassa de forragem sob sombreamento.

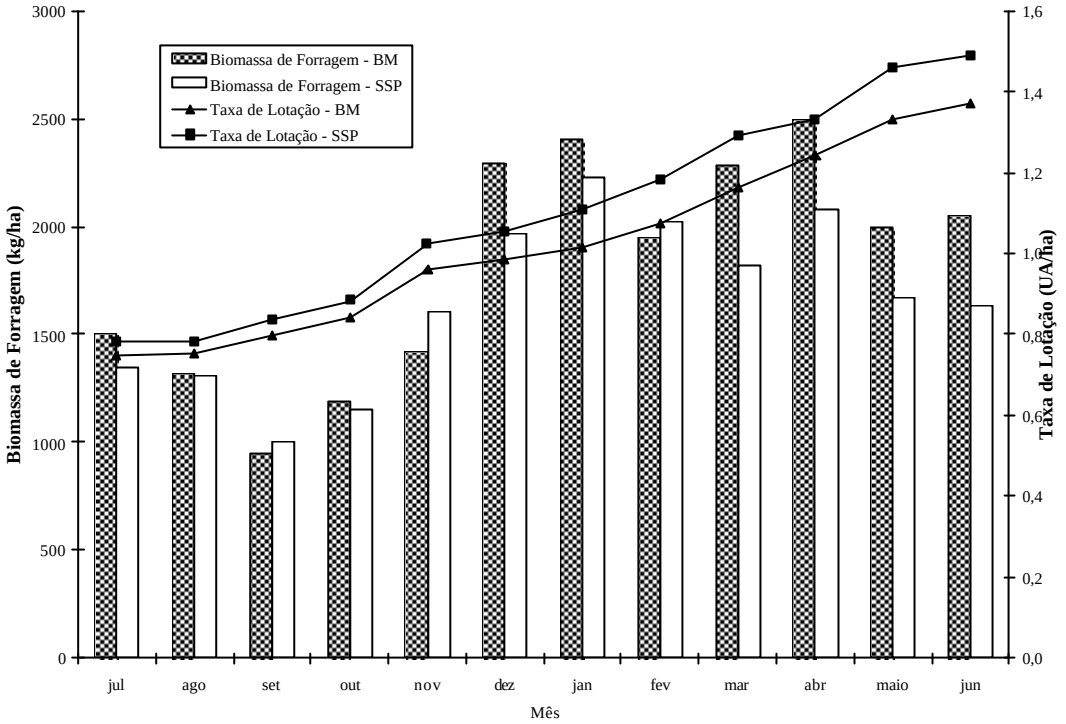

Figura 4: Biomassa de forragem e a taxa de lotação (UA/ha) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura (BM) e em sistema silvipastoril (SSP) em função dos meses avaliados.

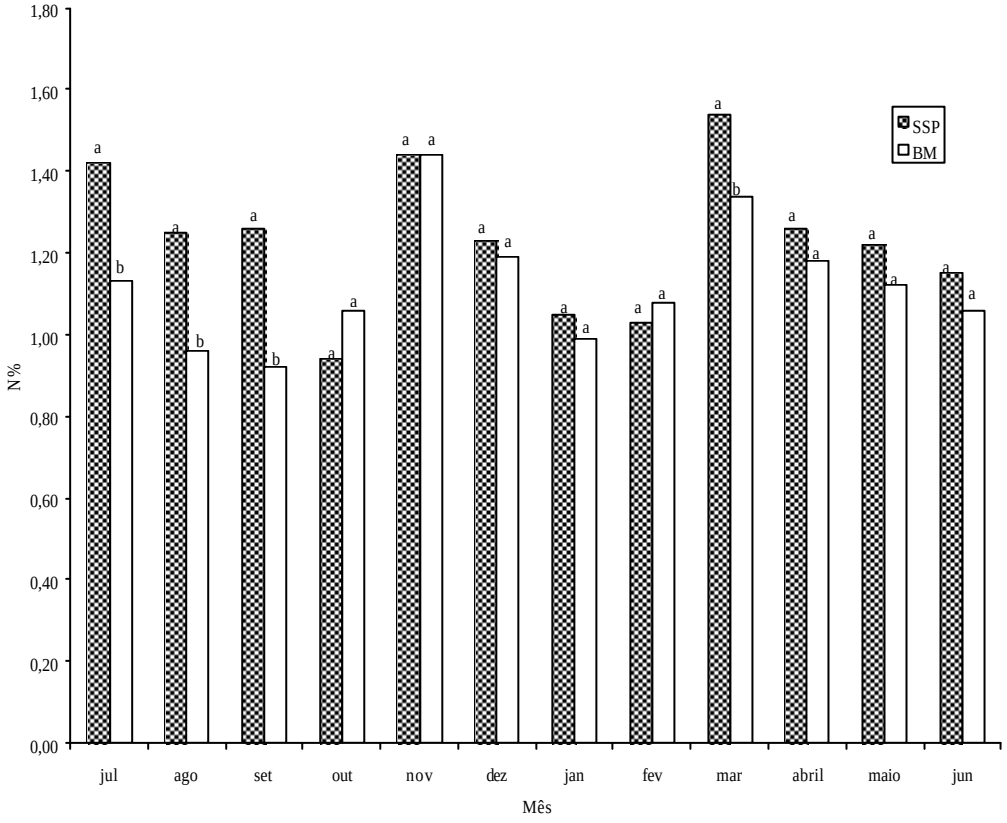

Figura 5: Teor de N na biomassa de forragem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), durante o período experimental. As médias com letras diferentes diferem dentro de cada mês pelo teste F.

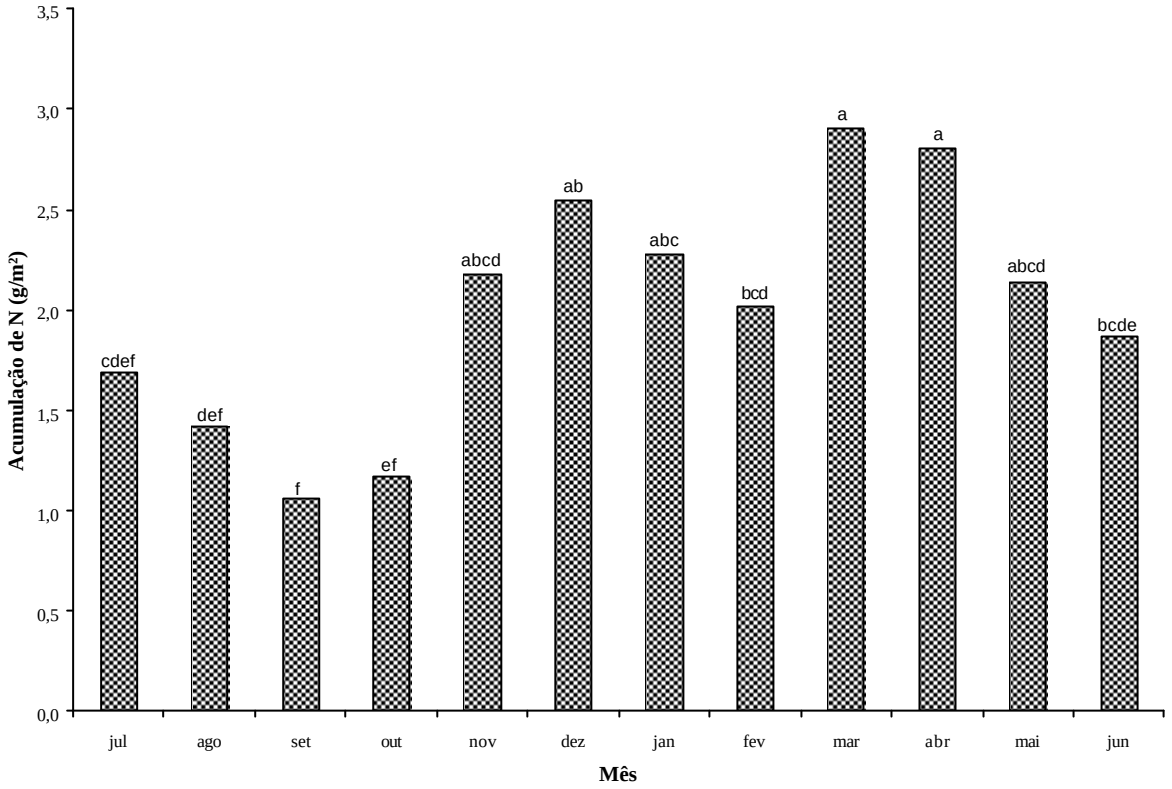

Figura 6: Quantidade de N na biomassa de forragem, conforme o mês do ano (valores médios obtidos no SSP e na BM). As médias com letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Para os teores de fibra detergente neutro (FDN), de fibra detergente ácido (FDA) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da biomassa de forragem não houve efeito significativo (P<0,05) de sistema de pastagem e da interação sistema de pastagem x mês. Em média, apresentaram os seguintes valores: 69,43; 36,55 e 51,96% para FDN, FDA e DIVMS, respectivamente. Foi observado dentro de cada parâmetro, efeito de mês. Na Tabela 2, verifica-se que no mês de novembro a menor percentagem de FDN. Nos teores de FDA, o mês de novembro também revelou o menor valor, mas não apresentou diferenças significativas dos valores encontrados nos meses de julho, agosto e outubro. Para a DIVMS o menor valor encontrado foi no mês de outubro que não deferiu dos demais meses, com exceção do mês de junho (Tabela 2). Em condições bem próximas ao presente experimento, Paciullo et al. (2007b) não encontraram diferença no teor de FDA na biomassa de forragem da *B. decumbens* sob sombra e à pleno sol no entanto, o teor de FDN teve efeito dos tratamentos. Em condições de sombreamento, os valores de observados para FDN foram menores. Segundo Deinum et al. (1996), os maiores teores de FDN em condições de alta luminosidade, podem ser associados à maior proporção de tecido esclereuquimático, cujas células apresentam paredes mais espessas do que em condições de sombreamento.

Os resultados encontrados na literatura, relacionados com o efeito do sombreamento sobre digestibilidade da forragem são inconsistentes. Belsky (1992) relatou valores menores para DIVMS de pastagem nativa do Quênia em condições de sombreamento. Já em outro trabalho desenvolvido na Zona da Mata de Minas Gerais, em pastagem de *B. decumbens* em SSP sob modelo de árvores isoladas, durante a época das águas, a DIVMS da biomassa de forragem coletada de baixo das copas não diferiu estatisticamente da encontrada nas amostras

da gramínea coletada em pastagens não sombreadas (Carvalho et al., 1999). Para este período, os valores de DIVMS variaram de 42,27 a 43,98% e de 42,12 a 50,28% da forragem sob sol direto e sob sombra das árvores, respectivamente. Durante a época da seca, os valores DIVMS da biomassa de forragem, diminuíram a pleno sol que quando sob sombreamento (Carvalho et al., 1999).

Tabela 2: Teores de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) na biomassa de forragem das médias dos sistemas de pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk (SSP e BM), em seis meses analisados.

Mês - Período do Ano	FDN	FDA	DIVMS
	---------- % ----------		
Junho – Seco	68,88[a]	36,49[ab]	54,25[a]
Julho – Seco	71,26[a]	38,56[a]	51,30[ab]
Agosto – Seco	71,15[a]	36,20[ab]	51,55[ab]
Outubro – Águas	71,26[a]	35,93[ab]	49,77[b]
Novembro – Águas	62,24[b]	32,38[b]	51,24[ab]
Dezembro – Águas	70,91[a]	39,19[a]	53,64[ab]

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

3.5.2 Desempenho Animal

Considerando o peso inicial dos animais realizado no mês de maio, e o peso no ultimo mês de avaliação (junho), o ganho de peso dos animais durante um ano foi em média de 150 e 129 kg/animal nas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), respectivamente. Observando os valores de ganho de peso dos animais em quatro em quatro meses (três épocas), foi possível verificar estatisticamente, que o grupo de animais estava no SSP foi maior (P < 0,05) que o grupo de animais na BM. Também Paciullo et al. (2007a) descrevem maiores ganhos médios de novilhas pastejando SSP, e justificam estes maiores valores pela diferenças nutricionais da biomassa da forragem e do conforto térmico que a sombra das árvores proporciona. Leme (2002) estudando o comportamento animal observou que vacas mestiças (Holandês x Zebu) secas, em sistema silvipastoril durante o verão, preferem a sombra, evitando assim o estresse calórico.

O ganho diário de peso vivo por animal, durante o período experimental de um ano (365 dias), foi em média, de 0,51 kg e de 0,45 kg na pastagem em SSP e BM, respectivamente. Os ganhos de peso vivo por novilhas mês a mês são apresentados na Figura 7. Os pesos dos animais individuais correspondem ao período de julho de 2005 a junho de 2006 são apresentados em Anexo (Anexo A - Tabelas 7A, 7B, 7C).

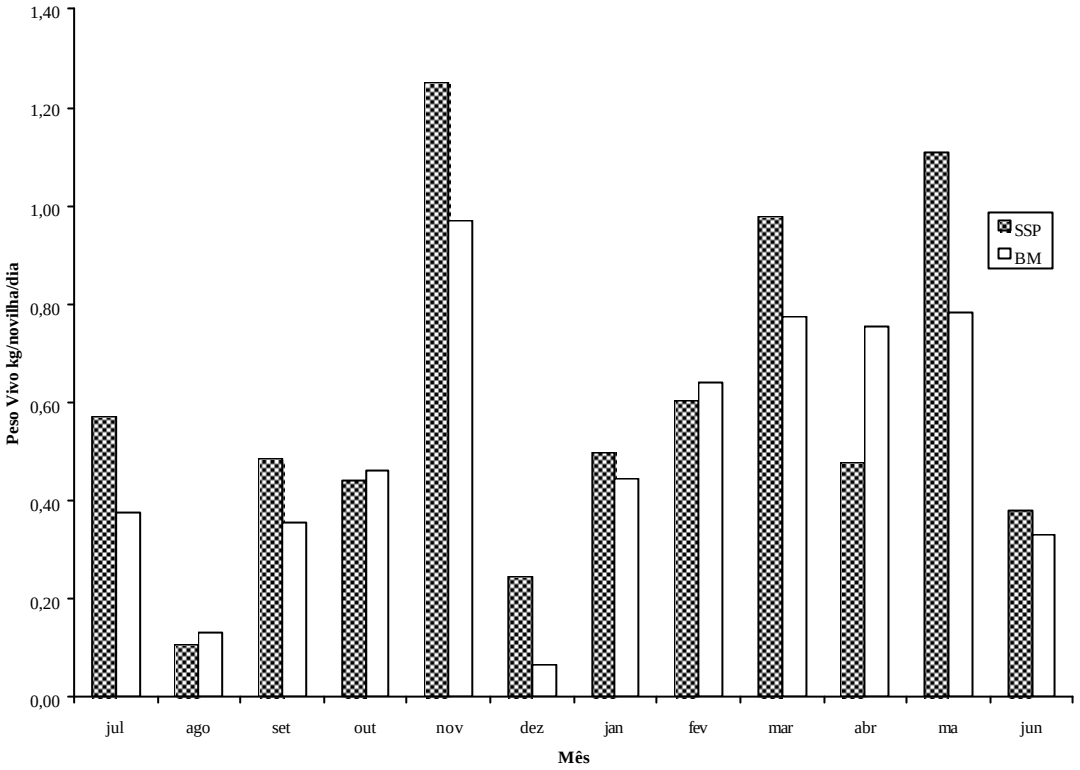

Figura 7: Ganho de peso vivo de novilha nas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM) durante 365 dias, expresso por kg/novilha/dia.

3.5.3 Consumo Animal

A composição bromatológica das extrusas dos animais fistulados em dois períodos do ano (águas e seca) está contida na Tabela 3. Não foi realizada análise estatística por ter sido utilizado apenas um animal por tratamento (dois animais fistulados no experimento). A proteína bruta (PB) da pastagem de BM variou de 6,30 a 7,84%, enquanto que da pastagem em SSP, variou de 7,50 a 7,74%. Os teores de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) nas duas pastagens, apresentaram valores compatíveis com os citados para extrusa de *B. decumbens* na Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos Bovinos (Valadares Filho et al., 2002).

Na análise de abundância natural de ^{13}C nas extrusas, verifica-se que não houve ingestão de leguminosas arbóreas (plantas de ciclo C_4) na pastagem em SSP. Os valores encontrados para d ^{13}C foram em média, -14,28 ± 0,20 e -14,02± 0,18 para as amostras de extrusas coletadas de animais pastejando em SSP e na BM, respectivamente.

Na produção de matéria seca (MS) fecal houve efeito significativo ($P<0,05$) dos sistemas de pastagem. O SSP e BM apresentaram valores de 3,32 e de 2,75 kg/novilha/dia, respectivamente. Já o consumo de MS das novilhas não mostrou diferenças entre as pastagens estudadas ($P>0,05$), com médias de 6,52 kg/novilha/dia para o SSP e de 5,60 kg/novilha/dia para a BM. Apesar de não ter apresentado diferença significativa, o valor observado no SSP tendeu a ser maior que o valor estimado na BM. Na Tabela 4, quando se analisa os dados, apenas no mês de junho, tanto de produção de MS fecal e de consumo de MS, são observados valores maiores na pastagem em SSP. Para ambas as características, não houve efeito da interação sistema de pastagem x mês. É esperado, um consumo de MS menor no período da

seca, quando se registram menores valores da qualidade da biomassa de forragem. No entanto, nos resultados obtidos, não houve este comportamento (Tabela 4).

Os dados de análise de ^{13}C das fezes e das extrusas dos animais que pastejavam o SSP, confirmam que as novilhas consumiram apenas a *B. decumbens*. Nas duas pastagens os valores de d ^{13}C foram -14,26‰ ± 0,05 e -13,83‰ ± 0,06 nas amostras de fezes e -14,28‰ ± 0,20 e -14,02‰ ± 0,18 nas amostras de extrusas coletadas das novilhas que pastejavam no SSP e na BM, respectivamente.

Na literatura, os dados reportados da quantidade de N na biomassa de forragem de *B. decumbens* sombreada, têm valores maiores estatisticamente quando comparados com os valores provenientes de pastagens sem árvores (Carvalho, et al. 1999; Paciullo, et al. 2007c). É provável que no presente trabalho, este efeito na forragem não foi detectado por questões de amostragem, no entanto houve maior ganho de peso dos animais no SSP. Neste sistema como não houve ingestão de leguminosas (análise de ^{13}C nas extrusas e nas fezes), os animais consumiram mais nitrogênio contido na gramínea, o que refletiu em aumentos no ganho de peso das novilhas.

Tabela 3: Composição bromatológica média das extrusas das pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), durante dois períodos do ano.

Pastagem	Composição Bromatológica*				
	MS	PB	FDN	FDA	DIVMS
	(%)	----------% da MS----------			(%)
	Período das Águas				
SSP	14,31	7,74	64,47	37,36	49,05
BM	13,71	7,84	67,39	36,39	49,41
	Período da Seca				
SPP	14,75	7,50	67,20	39,90	48,25
BM	12,25	6,30	67,80	36,65	51,15

* Valores médios referentes às extrusas coletadas no primeiro, quarto e sétimo dia de ocupação dos piquetes em dois meses de avaliação em cada período.

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra detergente neutra; FDA = fibra detergente ácida; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da MS

Tabela 4: Estimativas médias de produção de matéria seca (MS) fecal e de consumo voluntário de MS de novilhas, em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), obtidas em quatro meses no período experimental.

Mês	Pastagem	Produção de MS fecal	Consumo de MS de Pasto	
		kg/novilha/dia	kg/novilha/dia	% do peso vivo
Junho	SSP	4,16[a]	8,58[a]	2,22[a]
	BM	3,24[b]	6,70[b]	1,88[a]
Julho	SSP	3,61[a]	6,86[a]	1,76[a]
	BM	2,97[a]	6,09[a]	1,65[a]
Dezembro	SSP	2,86[a]	5,19[a]	1,76[a]
	BM	2,37[a]	4,31[a]	1,61[a]
Janeiro	SSP	2,63[a]	5,46[a]	1,88[a]
	BM	2,44[a]	5,31[a]	1,81[a]

Médias seguidas de letras diferentes na coluna em cada mês diferem entre si pelo teste F.

3.6 CONCLUSÕES

- A biomassa de forragem da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk é maior na pastagem em monocultura quando comparada com a pastagem em sistema silvipastoril.

- A integração árvore-pastagem não afeta os teores de FDN, FDA e DIVMS da biomassa de forragem.

- As novilhas apresentam maior produção fecal no SSP do que na pastagem em monocultura, mas o consumo de matéria seca do pasto é semelhante entre os dois sistemas.

- Pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril proporciona aumento no ganho de peso de novilhas mestiças.

4. CAPÍTULO II

DINÂMICA DE LITEIRA EM PASTAGENS DE *Brachiaria decumbens* EM SISTEMAS SILVIPASTORIL E EM MONOCULTURA

4.1 RESUMO

A sustentabilidade das pastagens requer estratégias para manter ou até melhorar a fertilidade do solo. Os sistemas silvipastoris possuem potencial para melhorar a fertilidade e a conservação do solo. O enriquecimento do solo nas áreas sob influência das árvores acontece principalmente pela incorporação gradativa de nutrientes ao sistema solo/pastagem, por meio da biomassa das árvores. Em pastagens de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), localizadas no Campo Experimental da Embrapa Gado de Leite, Minas Gerais, Brasil, foi estudada a dinâmica da liteira durante um período de doze meses. No SSP, as espécies arbóreas usadas foram: *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. As pastagens foram manejadas em sistema rotativo, com sete dias de ocupação e com intervalo de desfolha de 35 dias. Foram utilizadas novilhas mestiças (Holandês x Zebu). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis repetições e cinco animais por piquete. Durante o período experimental, foram avaliadas a liteira existente e depositada em 14 dias, a produção de material formador da liteira proveniente das árvores. O SSP causou em um acréscimo significativo na liteira depositada. Cálculos feitos diretamente das quantidades da liteira depositada em 14 dias nas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em SSP e em BM, mostraram valores de 21.812 e 16.264 kg/ha/ano de matéria seca, respectivamente. A liteira existente apresentou a media anual de 5.038 e 3.944 kg/ha, nas pastagens em SSP e em BM, respectivamente. Os parâmetros de decomposição da matéria seca da liteira não diferiram estatisticamente nas duas pastagens. A constante de decomposição da liteira (k) foi 0,0221 e 0,0238 g/g/dia, o que em meia-vida correspondem 41 e 35 dias, para pastagem em SSP e em BM, respectivamente. A quantidade de N da liteira depositada foi maior ($P<0,05$) na pastagem em SSP, com valor de 228 kg/ha/ano, enquanto na pastagem em BM a quantidade de N na liteira depositada foi de 107 kg/ha/ano. Os valores da constante k e de meia-vida para a decomposição de N da liteira foram 0,0225 e 0,0233 g/g/dia e 41 e 39 dias, para a pastagem em SSP e BM, respectivamente. O sistema silvipastoril é capaz de incrementar a produção de liteira. A presença de leguminosas e de eucalipto na liteira do SSP, comprovada por meio de análise isotópica de ^{13}C, proporcionaram aumentos nas quantidades de matéria seca e de nitrogênio. Estes incrementos na produção de liteira rica nitrogênio poderá garantir a longo prazo, a sustentabilidade das pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk na Zona da Mata de Minas Gerais, área de influencia da Mata Atlântica.

Palavras-chave: Deposição de Liteira, Fluxo de Nitrogênio, Leguminosas arbóreas, pastagens tropicais.

4.2 ABSTRACT

Sustainable pasture production requires strategies to maintain or increase the fertility of the soil. Silvopastoral systems hold potential to improve soil fertility and conservation. The enrichment of the soil in areas under the influence of trees is caused principally by the gradual incorporation of nutrients derived from the biomass of the trees into the soil/pasture system. In pastures of *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk in a silvopastoral system (SSP) and in monoculture (BM) localized at the Experimental Station of the Embrapa Diary Cattle Centre, Coronel Pacheco, Minas Gerais, litter dynamics of the pastures were studied over a period of 12 months. In the SSP the tree species used were *Acacia mangium, Mimosa artemisiana* and *Eucalyptus grandis*. The pastures were managed in a rotation system, with seven days of grazing and a rest period of 35 days. The animals used were Zebu x European heifers. The experimental design was randomized complete blocks with six replicates and 5 animals per paddock. During the experimental period the existing plant litter and that deposited in successive periods of 14 days were evaluated along with the litter derived exclusively from the trees. The SSP increased significantly the quantities of litter deposited. Calculations made directly of the litter deposited by the *B. decumbens* cv. Basilisk em the SSP and BM, showed values of 21,812 and 12,264 kg/ha year of dry matter (DM), respectively. The mean existing litter was 5,038 and 3,944 kg/ha in the SSP and BM pastures, respectively. The parameters of decomposition of the litter did not differ significantly between the two pastures. The mean decomposition constants of the litter (k) were estimated to be 0.0221 and 0.0238 g/g/day which corresponded to 41 and 35 days for the SSP and BM pastures respectively. The quantity of N deposited in the pasture was greater ($P<0.05$) in the SSP pasture, with a value of 228 kg/ha/year. While in the BM pasture this value was 107 kg/ha/year. The values of the constant 'k' and the half life of the nitrogen in the litter was 0.0225 and 0.0233 g/g/day for the SSP and BM pastures respectively. The silvopastoral system is capable of increasing litter production. The presence of the legumes and the eucalyptus in the litter of the SSP was shown by ^{13}C isotope analysis to increase the quantities of dry matter and nitrogen. These increases in the production of litter rich in nitrogen could guarantee the sustainability of the pastures of *B. decumbens* cv. Basilisk in the "Zona da Mata" of Minas Gerais within the Atlantic forest region.

Key words: Litter deposited, Leguminous trees, Nitrogen fluxes, Tropical pasture.

4.3 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é o bioma que mais sofreu alterações na sua vegetação original ao longo dos anos. O desmatamento e a introdução de gramíneas de origem africana (capim gordura e capim colonião) nestas áreas se confundem com a História da colonização do País (Dean, 1996). Por volta da década de 70, estes capins começaram a ser substituídos pelas braquiárias, espécies também africanas, mas de maior potencial de produção. Em poucos anos de uso, as pastagens formadas com braquiária, que por ser mais exigente em fertilidade do solo e sob manejo inadequado (elevadas taxas de ocupação e sem reposição de nutrientes) encontravam-se em processo de degradação. Uma das principais causas da perda de produtividade destas pastagens é a baixa disponibilidade de nitrogênio do solo, devido à alta relação C:N da liteira depositada no solo (Boddey et al., 1996) e as altas taxas de lotação das pastagens (Boddey et al., 2004). Também Robbins et al. (1989) e Myers e Robbins (1991), atribuem como principal causa da degradação das pastagens, a imobilização de nitrogênio do solo no processo de mineralização da liteira com alta relação C:N.

A integração de pastagens cultivadas com árvores, principalmente quando as espécies arbóreas são leguminosas, tem sido considerada uma opção viável para recuperar áreas degradadas (Carvalho, 2002). Por meio da deposição de biomassa, as árvores promovem aumentos da matéria orgânica e de outros nutrientes no solo (Ovalle e Avendaño, 1984; Xavier et al., 2003).

Desta forma, a deposição de biomassa das gramíneas e de árvores é um meio importante de reciclagem de nutrientes. A dinâmica de liteira em pastagens tropicais tem sido relatada em trabalhos recentes (Rezende et al., 1999; Cantarutti et al., 2002; Boddey et al., 2004). Nas pastagens estudadas por estes autores, os animais consumiram somente 30% da forragem disponível, desta forma, o retorno dos nutrientes, em especial o nitrogênio, para o solo via liteira é maior que pelas fezes.

Em sistema silvipastoril, onde os componentes eram *Panicum maximum* e *Leucaena leucocephala*, foi relatado um aumento maior na produção total de liteira (matéria seca e N-total) quando comparado com a pastagem em monocultura (Sánchez et al., 2007). A produção anual de liteira foi de 12,49 t/ha/ano, onde a *L. leucocephala* contribuiu com 72,8% deste total (Sánchez et al., 2007).

O presente trabalho teve como objetivo principal verificar o efeito da introdução de árvores sob a dinâmica da liteira nas pastagens de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. Assim, foi avaliada a quantidade de matéria seca e de nitrogênio na liteira existente e na depositada em 14 dias durante 12 meses em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Em condições de campo, na estação experimental da Embrapa Gado de Leite, localizada no município de Coronel Pacheco, MG, foi instalado um experimento em duas pastagens de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk: em sistema silvipastoril e em monocultura. As pastagens apresentavam cinco anos de idade e antes do estabelecimento, a área, com declividade de 30 - 40% encontrava-se em processo de degradação. As características químicas médias do solo antes da implantação das pastagens revelaram os seguintes valores: pH em água, 4,34; H+Al, 6,44 $cmol_c/dm^3$; cátions trocáveis ($cmol_c/dm^3$): Al^{+3}, 0,33; Ca^{+2}, 0,19; Mg^{+2}, 0,06 e K^+, 0,08; P-disponível (Mehlich), 2,12 mg/kg. A análise do solo feita seguiu a metodologia adotada pela Embrapa (Embrapa, 1997).

Coronel Pacheco está localizado a 21° 33` 22``de latitude sul e 43° 06`15``de longitude oeste, com altitude de 426 metros. O clima da região é do tipo Cwa, clima tropical mesotérmico úmido, com verão quente e chuvoso (outubro a março) e inverno frio e seco (abril a setembro). A precipitação pluviométrica anual, média de 30 anos, é de 1.600 mm, com cerca de 90% desse total ocorrendo nos meses de outubro a abril. A temperatura média anual é de 21,1° C, e as médias dos períodos das chuvas e da seca, 23,7 e 18,5° C, respectivamente.

Por ocasião da implantação das pastagens (BM e SSP), foram feitas a calagem (1 t/ha de calcário dolomítico) e a adubação, 600 kg/ha de fosfato de Araxá, 250 kg/ha de superfosfato simples, 100 kg/ha de cloreto de potássio e 30 kg/ha de FTE BR-16. A adição do fosfato de Araxá foi feita em cobertura com incorporação por meio da gradagem um mês antes do plantio. O calcário foi também incorporado por meio da gradagem, 15 dias depois da aplicação do fosfato. O superfosfato simples e o cloreto de potássio foram aplicados em cobertura, por ocasião do plantio. A adubação para o plantio das mudas de árvores foi feita aplicando-se por cova.

O plantio da *B. decumbens* cv. Basilisk foi realizado a lanço em faixas preparadas em nível. Para cada hectare, no SSP, as espécies arbóreas foram plantadas em faixas de 10 m de largura, alternadas com faixas de pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk sem árvores, de 30 m de largura. Nas faixas de árvores, com quatro linhas, com espaçamento entrelinha foi de 3 m. Nas linhas os espaçamentos entre mudas foi de 3 m. As espécies arbóreas usadas foram: *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis.* As duas primeiras espécies são leguminosas para atender finalidades de fornecimento de sombra e biomassa rica em N e outros nutrientes, enquanto que a espécie *E. grandis* para produção de madeira. Inicialmente, o SSP contava com mais duas espécies de leguminosas: *Acacia auriculiformis* e *Leucaena leucocephala*. Estas leguminosas, apesar de serem descritas como adaptadas a solos ácidos e de baixa fertilidade não sobreviveram o primeiro ano do estabelecimento do SSP. Desta forma, o SSP, ficou com a densidade de 198 árvores por hectare (66 árvores de cada espécie).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com seis repetições e com cinco animais por tratamento. O pastejo foi manejado por meio de lotação rotacionada. Cada piquete de 0,5 ha com sete dias de ocupação e o com intervalo de desfolha de em média 35 dias, de forma que os animais permaneciam dentro do experimento, sem suplementação. Foram usadas novilhas mestiças (Holandês x Zebu). No sistema silvipastoril, em cada piquete, apresentava uma faixa de árvores com 10 m de largura centralizada com uma área de 15 m de *B. decumbens* de cada lado desta faixa.

4.4.1 Liteira Existente e Depositada

No período de julho de 2005 a junho de 2006, foram determinadas as produções de liteira existente e depositada em 14 dias na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura (BM) e na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk associada com árvores plantadas em faixas (SSP). Considerou-se liteira todo material morto e solto da planta (gramínea e/ou árvores) na superfície do solo (Figuras 1 e 2). As amostragens da liteira no SSP foram realizadas dentro e nas extremidades das faixas de árvores, abaixo das copas das árvores. As técnicas e equações empregadas foram baseadas nos trabalhos de Bruce e Ebersohn (1982) e de Rezende et al. (1999).

A liteira existente (LE_0) foi coletada no período de 14 dias. Para a coleta da liteira existente (LE_0), foi utilizado quadrante de 0,25 m^2, lançado oito vezes ao acaso em cada repetição (piquetes). A liteira contida no interior do quadrante era coletada. Com a finalidade de não entrar material no quadrante por pastejo ou pelo vento (contaminação), a liteira existente ao redor também foi removida separadamente e descartada. Após 14 dias, retornava-se ao mesmo local para recolher a liteira depositada (LE_{14}) na mesma área do quadrante. Após as coletas de liteira existente e depositada, todo o material foi pesado, após secagem em estufa a 65 ^oC até peso constante. As amostras foram processadas para determinar o conteúdo de N e do ^{13}C. Assim, mensalmente este processo era repetido.

Figura 1: Aspecto visual da liteira existente na pastagem de *B. decumbens* em sistema silvipastoril. Foto: acervo pessoal da autora.

Figura 2: Aspecto visual da liteira existente na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura. Foto: acervo pessoal da autora.

Cálculos

Inicialmente o depósito anual total da liteira foi calculado a partir da liteira depositada em 14 dias (LD_{14}), pelo simples cálculo da liteira depositada total em cada mês:

$LD_M = (LD_{14}/14) \times m$

Onde: m é o número de dias em cada mês

Para se obter a liteira depositada anualmente, foram somadas as liteiras depositadas mensalmente (LD_M).

As taxas de desaparecimento da liteira foram avaliadas de acordo com Rezende et al. (1999).

Para calcular a constante de decomposição da liteira foi utilizada a equação:

$k = \{\ln (LE_0 + LD_{14}) - \ln (LE_{14})\}/t$

Onde: k é a constante de decomposição da liteira;

LE_0 é o total de liteira existente no início da avaliação;

LD_{14} é o total de liteira depositada no intervalo de 14 dias;

LE_{14} é o total de liteira existente na avaliação consecutiva à LE_0;

t é o tempo entre as avaliações de liteira existente (14 dias).

Calculou-se a constante de decomposição da liteira (k), que foi expressa em termos de meia-vida da liteira, utilizando-se a relação $\log_e(2)/k$.

4.4.2 Abundância Natural do ^{13}C

Para determinar a composição da liteira, a fim de verificar a origem de material proveniente de árvores (C_3) e de/ou *B. decumbens* (C_4), as amostras de liteira existente e

depositada em 14 dias foram analisadas para abundância natural de ^{13}C. Em SSP, das oito amostras de liteira existente e das oito depositadas em 14 dias foram obtidas 4 amostras compostas. Para a liteira proveniente da pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura foram analisadas duas das oito amostras, já que havia apenas gramíneas. As análises foram realizadas com auxílio de espectrômetro de massas automatizado do laboratório da Embrapa Agrobiologia, conforme descrito por Urquiaga et al. (2006).

Para calcular a porcentagem do C proveniente das árvores contida na liteira do SSP, foi realizado o seguinte cálculo:

$$\% C_{árvores} = 100 \times (d^{13}C_{liteira} - d^{13}C_{braq}) / (d^{13}C_{árvores} - d^{13}C_{braq})$$

Onde: $d^{13}C_{liteira}$ é a abundância natural de ^{13}C contida na liteira do SSP;

$d^{13}C_{braq}$ é a abundância natural de ^{13}C contido na liteira da BM; o valor obtido e utilizado foi de -13,90 ‰.

$d^{13}C_{árvores}$ é a abundância natura de ^{13}C contido nas folhas de árvores (*A. mangium*, *M. artemisiana* e *E. grandis*); o valor determinado e usado foi de -32,00 ‰.

4.4.3 Características Edáficas

Foram realizadas coletas de amostra de solo, no final do experimento nos dois sistemas para análise química do solo, incluindo análise de nitrogênio, fósforo e potássio (Embrapa, 1997). As amostras foram coletadas com duas profundidades: 0-20 e 20-40 cm.

4.4.4 Análise Estatística

Os resultados da análise estatística são apresentados no Anexo B. A análise de variância considerou o modelo de parcela subdividida no tempo (Ramalho et al., 2000), em que os sistemas de pastagem (SSP e BM) eram as parcelas, e os dados obtidos nos meses as subparcelas. Foi utilizado o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2000). Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey a 5%.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Liteira Depositada e Existente

A quantidade de liteira depositada em 14 dias nas duas pastagens (SSP e BM) em função dos meses é apresentada na Figura 3. Durante o período experimental, a deposição de liteira em 14 dias, com exceção do mês de agosto, expressou valores maiores em SSP, quando comparados a BM (Figura 3). O mês de agosto está dentro da época seco do ano, que na região, significa pouca precipitação e temperaturas baixas. Assim, é de se esperar que a biomassa de forragem total da *B. decumbens* cv. Basilisk apresente mais material morto que irá formar a liteira depositada. Em estudo no Sul Bahia, Rezende et al. (1999) relacionam a deposição de liteira com a precipitação e a temperatura da região. A quantidade de liteira depositada em uma pastagem de *B. humidicola* decresceu com o clima mais seco e menos quente (Rezende et al., 1999).

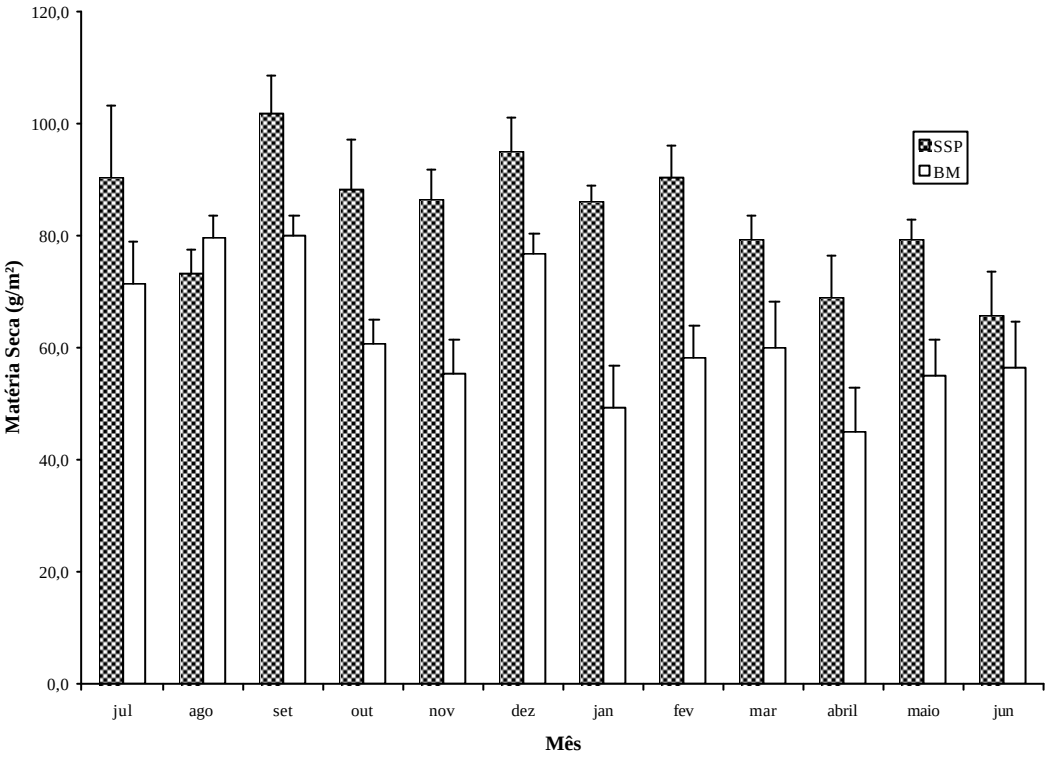

Figura 3: Deposição de liteira em 14 dias (g/m^2) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura. Dados médios de 8 quadrados por piquete, repetidos em quatro áreas (quatro piquetes). Barras verticais representam o erro padrão das médias.

A quantidade de liteira existente na superfície do solo na pastagem no momento da amostragem é o resultado da taxa de deposição do resíduo vegetal e sua decomposição. Os dados da liteira existente apresentaram durante o período de avaliação, uma distribuição sem muitas oscilações e houve menos variação que a liteira depositada em 14 dias (Figura 4). Não houve uma maior quantidade de liteira existente na época da seca, conforme verificado por Rezende et al. (1999) e Santos et al. (2006). Em todos os meses avaliados, os valores obtidos na pastagem em SSP foram mais elevados que os da pastagem em BM (Figura 4).

Os dados correspondentes a média anual da liteira existente, da liteira depositada em 14 dias e da produção anual de liteira, são mostrados na Tabela 1. A produção anual de liteira foi calculada diretamente das quantidades da liteira depositada em 14 dias. Na liteira existente apesar da média anual ter sido maior na pastagem em SSP, estatisticamente não diferiu da média anual obtida na pastagem em BM (Tabela 1). Já os dados médios anuais obtidos na liteira depositada apresentaram diferenças significativas entre as pastagens, mostrando valores de 837 e de 623 kg/ha/mês de matéria seca (MS) para a pastagem em SSP e para a pastagem em BM, respectivamente. A produção anual de liteira estimada foi de 21.811 e de 16.262 kg/ha/ano de MS para a pastagem em SSP e para a pastagem em BM, respectivamente. Em condições de cerrado, Santos et al. (2006) em três pastagens de *Brachiaria* em monocultura relataram produções anuais de liteira variando entre 8.240 e 14.246 kg/ha de MS, dependendo da espécie e da pressão de pastejo. No caso da espécie *B. decumbens* com pressão de pastejo de 14%, o valor foi de 14.246 kg/ha de liteira, estando próximo ao encontrado na pastagem em BM. Anteriormente, Rezende et al. (1999) mencionam que em pastagens de *B. humidicola*, em área de influência da Mata Atlântica, a quantidade de liteira depositada variou de 15 e 18 t/ha/ano de MS. Estes dois autores utilizaram a mesma metodologia executada no presente experimento e consideraram para o cálculo da quantidade de deposição de liteira anual, os valores obtidos na liteira depositada em 14 dias.

A constante de decomposição da liteira (k) variou entre 0,0221 e 0,0238 g/g/dia, o que em meia-vida corresponde a 41 e 35 dias, para pastagem em SSP e em BM, respectivamente. Estes valores não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 1). Estes valores encontrados estão bem próximos aos citados na literatura. Em pastagens de *B. humidicola* com e sem leguminosa herbácea, após correção, estas taxas variaram de 0,037 a 0,097 g/g/dia (Rezende et al., 1999).

Tabela 1: Médias anuais de liteira existente e depositada em 14 dias, do total de liteira depositada em 12 meses e dos parâmetros de decomposição da liteira: constante de decomposição (k) e meia-vida ($t^{1/2}$).

Pastagem	Liteira Existente	Liteira Depositada em 14 dias	Total de Liteira Depositada em 12 Meses	k	$t^{½}$
	.....g/m^2.....		kg/ha/ano	g/g/dia	Dias
SSP	503,89[a]	83,68[a]	21.811[a]	0,0222[a]	41[a]
BM	394,46[a]	62,31[b]	16.262[b]	0,0238[a]	35[a]

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de F.

4.5.2 Teor e Quantidade de N na Liteira

Quando se analisa o teor e a quantidade de N na liteira depositada em 14 dias, verificam-se valores significativamente mais altos no SSP quando comparados aos da pastagem em BM (Tabela 2). Este resultado indica que as folhas das espécies arbóreas, especialmente as leguminosas, contribuíram quantitativamente e qualitativamente na liteira depositada em 14 dias. Tanto os dados de teor de N e quanto à quantidade de N, na pastagem em BM, não houve diferença significativa entre os meses avaliados com médias de valores de 0,66 % e 0,41 g/m^2, respectivamente. Já no SSP, o menor valor para o teor de N observado foi no mês de janeiro, indicando que possivelmente, a espécie *E. grandis* deve ter contribuído substancialmente na quantidade de matéria seca da liteira depositada neste mês (Figura 3). No entanto, o valor determinado para o mês de janeiro não diferenciou estatisticamente dos

valores obtidos nos meses de julho, agosto, setembro, dezembro e fevereiro (Tabela 2). O maior valor do teor de N foi observado no mês de outubro, mas este não diferenciou de oito meses dos 12 meses estudados. No SSP a quantidade de N na liteira depositada foi maior nos meses setembro e outubro, mas não diferenciaram estatisticamente dos outros meses com exceção do mês de junho (Tabela 2).

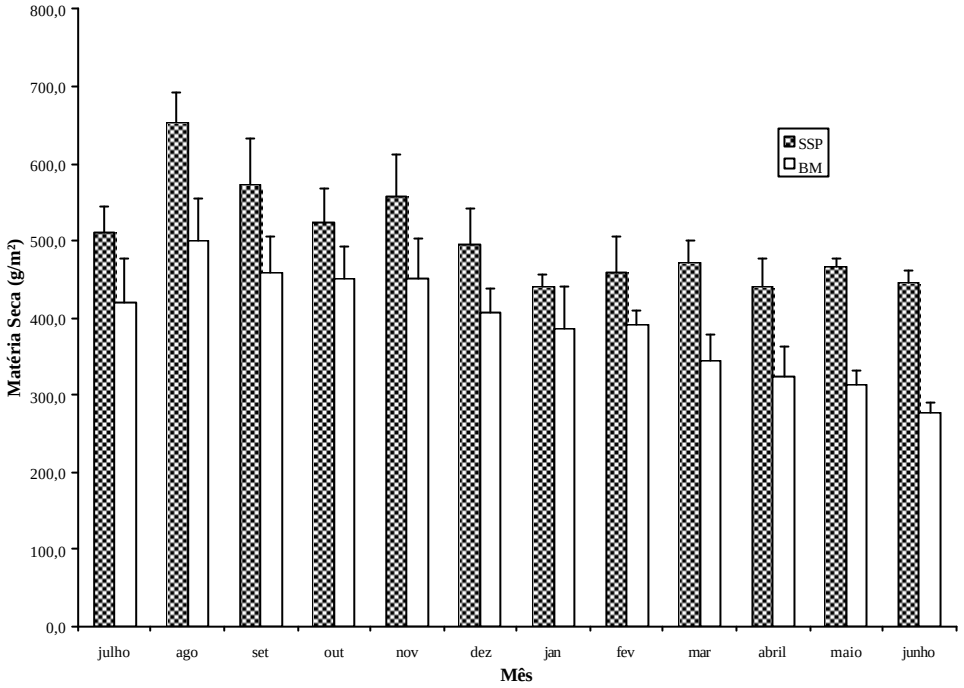

Figura 4: Liteira existente (g/m^2) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM). Dados médios de 8 quadrados por piquete, repetidos em quatro áreas (quatro piquetes). Barras verticais representam o erro padrão das médias.

Para uma melhor visualização dos dados, nas Figuras 5 e 6, respectivamente, estão os valores da quantidade de nitrogênio da liteira depositada em 14 dias e da liteira existente em função dos 12 meses avaliados. Na liteira existente, os valores coletados na pastagem em SSP foram superiores que os da pastagem em BM ($P<0,01$). Verifica-se uma variação bem distribuída nos dados da quantidade de N da liteira existente sem diferenciação de período do ano (seca e águas).

Conforme foi feito para a produção de matéria seca da liteira, os cálculos mensais e anuais da quantidade de N na liteira foram obtidos através dos dados coletados do conteúdo de N da liteira depositada em 14 dias. Também foram estimadas as taxas de decomposição da quantidade de N da liteira, utilizando os dados do conteúdo de N da liteira existente e depositada (conforme descrito no material e métodos). Estas informações estão na Tabela 3.

Tabela 2: Teor (%) e quantidade de N (g/m2) na liteira depositada em 14 dias em pastagens de B. decumbens cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).

Mês	N%		Quantidade de N (g/m^2)	
	SSP	BM	SSP	BM
Julho	$1,01^{aABC}$	$0,62^{bA}$	$0,91^{aAB}$	$0,45^{bA}$
Agosto	$1,03^{aABC}$	$0,67^{bA}$	$0,76^{aAB}$	$0,53^{bA}$
Setembro	$0,98^{aBC}$	$0,62^{bA}$	$1,01^{aA}$	$0,49^{bA}$
Outubro	$1,11^{aAB}$	$0,72^{bA}$	$0,99^{aA}$	$0,44^{bA}$
Novembro	$1,10^{aAB}$	$0,66^{bA}$	$0,95^{aAB}$	$0,37^{bA}$
Dezembro	$0,98^{aBC}$	$0,68^{bA}$	$0,94^{aAB}$	$0,52^{bA}$
Janeiro	$0,88^{aC}$	$0,64^{bA}$	$0,76^{aAB}$	$0,32^{bA}$
Fevereiro	$1,05^{aAB}$	$0,66^{bA}$	$0,95^{aAB}$	$0,38^{bA}$
Março	$1,11^{aAB}$	$0,67^{bA}$	$0,88^{aAB}$	$0,40^{bA}$
Abril	$1,10^{aAB}$	$0,65^{bA}$	$0,75^{aAB}$	$0,29^{bA}$
Maio	$1,16^{aA}$	$0,66^{bA}$	$0,91^{aAB}$	$0,36^{bA}$
Junho	$1,05^{aAB}$	$0,69^{bA}$	$0,68^{aB}$	$0,39^{bA}$

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha no mesmo parâmetro não diferem entre si pelo teste F.
Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

As quantidades de N da liteira existente e da liteira depositada foram maiores na pastagem em SSP (Tabela 3). As médias anuais para liteira existente e depositada foram de 53 e 8,8 kg/ha de N, respectivamente, na pastagem em SSP. Já na pastagem em BM, os valores foram de 27 e de 4,1 kg/ha de N na liteira existente e na liteira depositada. Os totais da quantidade de N da liteira depositado na pastagem em SSP e em BM foram 228 e 107 kg/ha/ano, respectivamente. As taxas de decomposição do N da liteira, tanto na pastagem em SSP quanto na pastagem em BM, foram bem próximas das obtidas na matéria seca da liteira (Tabela 3). A constante k de decomposição calculada variou de 0,0224 a 0,0298 g/g/dia, para as pastagens em SSP e em BM, respectivamente. A taxa de decomposição do N da liteira expressa em meia-vida, obtida na pastagem em SSP foi de 46 dias e não diferiu estatisticamente do valor de 42 dias, obtido em pastagem em BM (Tabela 3).

Tabela 3: Médias anuais da quantidade de N da liteira existente e depositada em 14 dias, do total de N da liteira depositada em 12 meses e dos parâmetros de decomposição do N da liteira: constante de decomposição (k) e meia-vida ($t^{1/2}$).

Pastagem	Quantidade de N na Liteira Existente	Quantidade de N na Liteira Depositada em 14 dias	Quantidade Total de N na Liteira Depositada	k	$t^{1/2}$
	.....g/m^2.....		kg/ha/ano	g/g/dia	Dias
SSP	$5,30^{a}$	$0,88^{a}$	228^{a}	$0,0224^{a}$	46^{a}
BM	$2,68^{b}$	$0,41^{b}$	107^{b}	$0,0298^{a}$	42^{a}

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de F, a 1% de probabilidade.

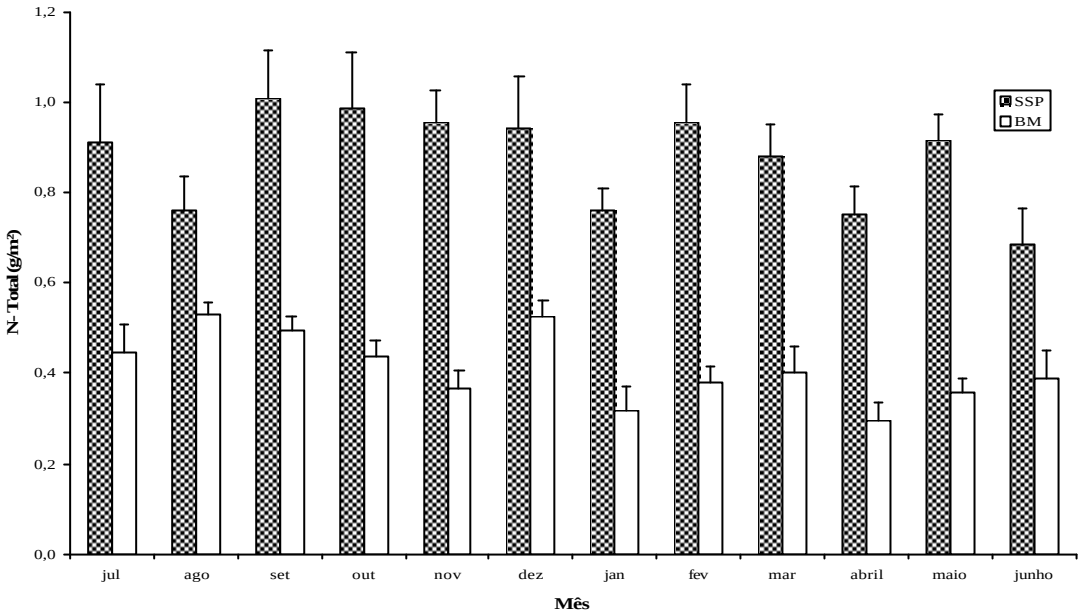

Figura 5: Quantidade de nitrogênio (N) na liteira depositada em 14 dias (g/m^2) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM). Dados médios de 8 quadrados por piquete, repetidos em quatro áreas. Barras verticais representam o erro padrão das médias.

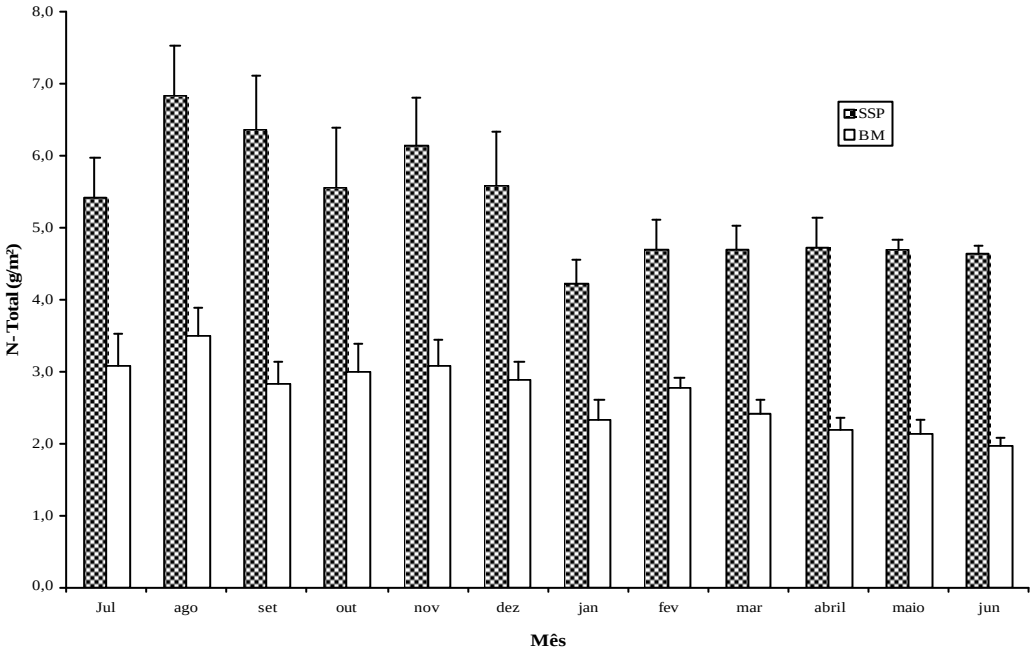

Figura 6: Quantidade de nitrogênio (N) na liteira existente (g/m^2) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM). Dados médios de 8 quadrados por piquete, repetidos em quatro áreas. Barras verticais representam o erro padrão das médias.

A presença de folhas de árvores (leguminosas + eucalipto) aumentou a quantidade de N na liteira depositada na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk, mas não alterou o tempo de decomposição do resíduo da pastagem. Como a adição e a decomposição de resíduos vegetais (parte aérea e raízes) são as mais importantes contribuintes da matéria orgânica do solo, e desta forma, uma das principais vias de reciclagem de N, o SSP pode garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção animal nas áreas de influencia da Mata Atlântica.

Espécies de leguminosas arbóreas que possuem a capacidade de fixar N_2 apresentam geralmente maior potencial para adicionar nutrientes ao sistema da pastagem do que as não-leguminosas. Carvalho et al. (1994) verificaram que a ocorrência de diversas espécies arbóreas, a maioria das quais eram leguminosas, em pastagens de *B. decumbens* e *B. brizantha* formadas em solos de baixa fertilidade natural, resultou em aumentos na quantidade de N nas folhas verdes das gramíneas e na liteira, nas áreas sob influência das árvores.

Os resultados da análise isotópica de ^{13}C confirmam que a liteira do SSP era composta de árvores e gramíneas. As amostras avaliadas apresentaram valores característicos de plantas C_3 que compõem o sistema: *A. mangium*, *M. artemisiana* e *E. grandis* (Tabelas 4 e 5). Plantas do ciclo ^{13}C discriminam mais intensamente o ^{13}C, apresentando variações na abundância isotópica de ^{13}C de -20 a 34 deltas (Urquiaga, et al., 2006).

Já nas amostras de liteira da pastagem em monocultura o valor obtido foram em média -13,90 ‰. Baseado no trabalho de Cantarutti et al. (2002) os valores de d ^{13}C foram compatíveis com os citados para gramíneas C_4. As plantas de ciclo C_4 discriminam menos o ^{13}C, com valores variando de -9 a -17 deltas (Urquiaga et al., 2006).

Tabela 4: Valores de d ^{13}C na liteira depositada em 14 dias e na liteira existente de pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.

Mês	**d ^{13}C ‰**	
	Liteira Depositada	**Liteira Existente**
Julho	- 21,12 ± 0,92	- 22,12 ± 0,52
Agosto	- 26,85 ± 0,26	- 22,02 ± 0,91
Setembro	- 25,06 ± 0,55	- 21,76 ± 0,68
Outubro	- 25,98± 1,26	- 23,23 ± 0,54
Novembro	- 27,10 ± 0,69	- 22,11 ± 0,38
Dezembro	- 25,86 ± 0,99	- 23,40 ± 0,91
Janeiro	- 25,77 ± 1,01	- 21,92 ± 0,63
Fevereiro	- 25,53 ± 0,43	- 21,54 ± 0,39
Março	- 27,04 ± 0,46	- 23,22 ± 0,56
Abril	- 27,53 ± 0,96	- 22,91 ± 0,99
Maio	- 27,77 ± 0,26	- 22,55 ± 0,55
Junho	- 27,07 ± 0,50	- 22,11 ± 0,57

Tabela 5: Porcentual de C proveniente de árvores (leguminosas + eucalipto) contida na liteira depositada em 14 dias e na liteira existente de pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.

Mês	% de C de Árvores*	
	Liteira Depositada	**Liteira Existente**
Julho	44,31[b]	45,44[abc]
Agosto	71,59[a]	44,91[abc]
Setembro	61,64[ab]	43,44[bc]
Outubro	65,08[ab]	51,56[ab]
Novembro	72,94[a]	45,37[abc]
Dezembro	66,05[ab]	52,55[a]
Janeiro	65,60[ab]	44,36[bc]
Fevereiro	64,26[ab]	42,25[c]
Março	72,59[a]	51,53[ab]
Abril	75,31[a]	49,81[abc]
Maio	76,64[a]	47,80[abc]
Junho	72,79[a]	45,40[abc]

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
* Foi utilizada a formúla: % $C_{árvores}$ = 100 x ($d\ ^{13}C_{liteira}$ - $d\ ^{13}C_{braq}$) / ($d\ ^{13}C_{árvores}$ - $d\ ^{13}C_{braq}$); onde: $d\ ^{13}C_{liteira}$ é a abundância natural de ^{13}C contida na liteira do SSP; $d\ ^{13}C_{braq}$ é a abundância natural de ^{13}C contido na liteira da BM, o valor obtido e utilizado foi de -13,90 ‰; $d\ ^{13}C_{árvores}$ é a abundância natura de ^{13}C contido nas folhas de árvores, o valor determinado e usado foi de -32,00 ‰.

4.5.3 Mudanças na Fertilidade do Solo

As características químicas do solo, não foram afetadas significativamente pelos fatores sombreamento e profundidade de amostragem do solo (Tabela 6). A análise estatística está no Anexo B - Tabela 5. O teor de N no solo também não diferiu nas duas pastagens, sendo apenas observadas diferenças entre as profundidades de amostragem, de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade, os valores foram 0,14 e 0,10%, respectivamente.

A maior deposição de liteira no SSP tanto na quantidade de MS quanto na quantidade de N, não influenciou na fertilidade do solo. O efeito desta adição de resíduos vegetais ricos em nutrientes na melhoria da característica química do solo deve ser observado no decorrer dos anos. Em SSP com idade de 10 anos, foi possível detectar o melhoramento da fertilidade do solo debaixo das copas das árvores (Xavier et al., 2003). Todos os cátions trocáveis foram maiores nas áreas de influencia das árvores. Os teores de P, saturação por base e matéria orgânica, também foram maiores no SSP com as árvores com mais idade (Xavier et al., 2003).

Tabela 6: Valores do pH em água e de teores de Ca^{++} + Mg^{++}, K^{+} e P no solo sob duas profundidades em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM). Médias sete de amostragem de solo.

Pastagem	pH em água		Ca+Mg $cmol_c/dm^3$		K, $cmol_c/dm^3$		P, mg/dm^3	
	Prof. (cm)		Prof. (cm)		Prof. (cm)		Prof. (cm)	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
SSP	4,62	4,76	0,82	0,61	2,18	0,77	0,48	0,31
BM	4,73	4,74	0,61	0,45	2,14	1,03	0,59	0,47

4.6 CONCLUSÕES

- A liteira existente nas pastagens de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk com ou sem árvores varia pouco durante o período avaliado de um ano.

- A produção de liteira na pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril é maior que na pastagem de *B.decumbens* cv. Basilisk em monocultura.

- A incorporação de folhas de árvores na liteira não modifica a taxa de decomposição da liteira da pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk.

- O sistema silvipastoril foi capaz de incrementar a produção de liteira rica em nitrogênio.

5. CAPÍTULO III

CICLAGEM DE NITROGÊNIO EM PASTAGENS DE *Brachiaria decumbens* EM SISTEMAS SILVIPASTORIL E EM MONOCULTURA

5.1 RESUMO

O nitrogênio é o elemento chave para a sustentabilidade de pastagens, principalmente aquelas estabelecidas em solos de baixa fertilidade. Os sistemas silvipastoris poderão ser uma alternativa viável para incrementar a disponibilidade de N em pastagens de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk nas áreas montanhosas da Região Sudeste do Brasil. Em pastagens de *B. decumbens* com e sem árvores estabelecidas em Coronel Pacheco, MG, foi desenvolvido um experimento para monitorar as entradas e saídas de N. No sistema silvipastoril as espécies arbóreas usadas foram: *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. O manejo das pastagens foi o rotativo com 5 novilhas por piquete. Os dois tratamentos *B. decumbens* em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), foram divididos em seis piquetes de 0,5 ha. O consumo animal foi determinado em duas épocas do ano, utilizando óxido crômico como marcador externo e animais fistulados. A biomassa de forragem e a liteira existente das pastagens foram acompanhadas mensalmente. A liteira depositada em 14 dias também foi monitorada. Após a obtenção de informações do consumo animal, da mudança na biomassa de forragem e da deposição de liteira, ao longo de 12 meses foi estimada a produtividade primária aérea líquida (PPAL) das duas pastagens. A PPAL da pastagem em sistema silvipastoril (SSP) foi maior que a obtida na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk sem árvores, com valores de 26.202 e 20.133 kg/ha/ano, respectivamente. A quantidade de N exportado da pastagem para o ganho de peso dos animais foi 8 e 7 kg/ha, e estes valores corresponderam a 16 e 18% de todo N consumido pelos animais nas pastagens em SSP e BM, respectivamente. O N depositado na pastagem em SSP via fezes e urina foi 31 e 10 kg/ha/ano e na pastagem em BM foi 23 e 8 kg/ha/ano. No balanço total de N nas duas pastagens, como as perdas via animal e o N exportado para o ganho de peso foram semelhantes, a grande diferença observada entre os dois sistema (SSP e BM) foi na ciclagem de N via liteira das árvores e gramínea. É de supor que na pastagem em SSP, a entrada de N via fixação biológica de nitrogênio atmosférico poderá garantir a sustentabilidade da produção animal.

Palavras-chave: Fuxo de N. Leguminosas arbóreas. Pastagens tropicais. Produtividade primária aérea líquida.

5.2 ABSTRACT

Nitrogen is a key element for the sustainability of pastures, principally those established in soils of low fertility. Silvopastoral systems could well be a viable alternative to increase the availability of N in pastures of *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk in mountainous regions of the southeast of Brazil. In pastures of *B. decumbens* with and without trees established in Coronel Pacheco, Minas Gerais, an experiment was carried out to monitor the inputs and outputs of N. In the silvopastoral system (SSP) the tree species planted were *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* and *Eucalyptus grandis*. The management of the pastures was rotational with five heifers per paddock. The two treatments, *B. decumbens* cv. Basilisk in SSP and in monoculture (BM), were divided into six paddocks of 0.5 ha. Animal forage intake was determined in the two seasons of the year utilizing chromic oxide as an external marker and animals equipped with esophageal fistulae. Existing litter and litter deposited in 14 day periods were also evaluated. After obtaining the information on forage intake, the change in forage biomass during the year and the total annual litter deposition, an estimate was made of the Net Aerial Primary Productivity (NAPP) of the two pastures. The NAPP of the SSP was greater than that calculated for the pasture without trees (BM), with values of 26.202 e 20.133 kg/ha/year, respectively. The quantity of N exported from the pasture in the weight gain of the animals was 8 and 7 kg/ha. The values corresponding to 16 and 18 % of the total N consumed by the animals in the SSP and BM, respectively. The N deposited in the SSP in the form of faeces and urine were 31 and 10 kg N/ha/year, respectively, and in the BM, 23 and 8 kg N/ha/year. In the total N balance of the two pastures, as the losses of N from the animal excretion and that exported in the weight gain were similar, the great difference observed between the two systems (SSP and BM) was in the N recycled via the litter of the trees and grass. It is reasonable to suppose that the input of N from biological nitrogen fixation can guarantee the sustainability of the animal productivity.

Key words: Net aerial primary production. N flux. Leguminous trees. Tropical pasture.

5.3 INTRODUÇÃO

Em todo o Brasil, a *Brachiaria decumbens* juntamente com a *B. brizantha* são as espécies mais utilizadas nas pastagens cultivadas. Informações disponíveis na literatura indicam que mais da metade destas pastagens, encontram-se degradadas ou em processo avançado de degradação (Macedo, 1995). A deficiência de nitrogênio tem sido apontada com uma das principais causas das condições de degradação das pastagens cultivadas (Boddey et al., 1993, 2004).

O estudo do fluxo de nitrogênio em sistemas de produção animal tem se tornado uma ferramenta central para avaliação e redução do impacto ambiental desta atividade. Com este conhecimento é possível obter indicadores de um manejo sustentável da pastagem.

No Sul da Bahia, no bioma Mata Atlântica, em pastagens de *B. humidicola* a ciclagem de N foi mudada radicalmente com a taxa de lotação (Boddey et al, 2004). Quando a taxa de lotação aumentou de 2 para 4 animais por hectare, aumentou o N total consumido pelo animal de 94 para 158 kg/ha. Isto resultou em incrementos no N depositado na pastagem via urina e fezes onde uma grande proporção é depositada em áreas muito pisoteadas (áreas de descanso e de bebedouros) e as perdas são bastante significativas (Ferreira et al., 1995a; 1995b). Assim, Boddey et al. (2004) concluem que o declínio de pastagem é acelerado pelo aumento da taxa de lotação devido a estas perdas de N, tornando este elemento menos disponível para o crescimento da forrageira.

Como a produtividade e a persistência das pastagens dependem de uma fonte de nitrogênio, se faz necessário adicionar este elemento através de adubos nitrogenados ou de leguminosas. A aplicação de adubo nitrogenado químico em pastagens extensivas tem implicações ecológicas e principalmente econômicas, inviabilizando sua prática. Pastagens consorciadas podem aumentar o rendimento animal e sustentabilidade do sistema (Boddey et al., 2003; Thomas, 1992), no entanto, tem sido pouco praticada pelos produtores brasileiros.

A introdução de árvores na pastagem também pode constituir-se em opção viável para aumentar a disponibilidade desse nutriente no solo (Carvalho et al., 2001a). O efeito das árvores aumentando os teores de N e de matéria orgânica no solo é geralmente mais pronunciado no caso de leguminosas arbóreas que possuem a capacidade de fixar N_2. Estas espécies podem beneficiar a gramínea (Dias et al., 2006; Campello et al., 2007). Dias et al. (2006), estimaram que até 38% do total de N acumulado pelo capim survenola (híbrido interespecífico de *Digitaria*) foi devido à transferência do N fixado através das leguminosas arbóreas *Dalbergia nigra, Enterolobium contortisiliquum* e *Peltophorum dubium*.

O objetivo do estudo foi avaliar a contribuição de árvores no aporte de nitrogênio em pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura durante um período de pastejo de um ano. O conhecimento do fluxo de nitrogênio em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura e em sistema silvipastoril gerados no trabalho deverá nortear os trabalhos de recuperação e reintegração dessas pastagens ao processo produtivo.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na estação experimental da Embrapa Gado de Leite em área montanhosa na Zona da Mata de Minas Gerais no município de Coronel Pacheco. A estação está situada a 21° 33` 22`' de latitude sul e 43° 06`15`` de longitude oeste, com altitude de 426 metros. O clima da região é do tipo Cwa, clima tropical mesotérmico úmido, com verão quente e chuvoso (outubro a março) e inverno frio e seco (abril a setembro). A precipitação pluviométrica anual, média de 30 anos, é de 1.600 mm, com cerca de 90% desse total ocorrendo nos meses de outubro a abril. A temperatura média anual é de 21,1° C, e as médias dos períodos das chuvas e da seca, 23,7 e 18,5° C, respectivamente.

Em área degradada, em solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, com declividade variando de 30 a 40% foram estabelecidas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM). O SSP foi composto de três espécies arbóreas: *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis*. As árvores foram introduzidas em faixas de 10m intercaladas com pastagem pura de *B. decumbens* cv. Basilisk. Em dezembro de 2000, por ocasião do plantio foi realizada uma calagem e uma adubação básica, sem nitrogênio. As quantidades e fontes foram: A adubação consistiu de: 1 t/ha de calcário dolomítico, 600 kg/ha de fosfato de Araxá, 250 kg/ha de superfosfato simples, 100 kg/ha de cloreto de potássio e 30 kg/ha de FTE BR-16. A adição do fosfato de Araxá foi feita em cobertura com incorporação por meio da gradagem um mês antes do plantio. O calcário foi também incorporado por meio da gradagem, 15 dias depois da aplicação do fosfato. O superfosfato simples e o cloreto de potássio foram aplicados em cobertura, por ocasião do plantio. A adubação para o plantio das mudas de árvores foi feita aplicando-se por cova.

O período experimental foi de doze meses, começando em julho de 2005 e foram comparados dois tratamentos: a) pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em monocultura (BM); e b) pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk, associada com árvores plantadas em faixas (sistema silvipastoril – SSP). A área total foi de seis hectares, sendo três hectares em cada tratamento. Em cada tratamento, a área foi dividida em seis piquetes de 0,5 ha cada. No SSP, cada piquete (0,5 ha) permaneceu com uma faixa de árvore e de cada lado desta faixa, a área de pastagem da *B. decumbens*, correspondeu a 15 m.

As pastagens foram mantidas sob o regime de lotação rotacionada com sete dias de ocupação por piquete e intervalo de desfolha de 35 dias, de forma que os animais permaneciam no experimento o ano todo, sem suplementação. Em cada tratamento foram usadas cinco novilhas Holandês x Zebu, bloqueadas conforme o peso vivo corporal e a composição genética e com idades variando entre 8 e 10 meses ao início do período experimental. Durante o período de pastejo, os animais tinham acesso a sal mineral e água em cochos localizados nos piquetes. A quantidade de sal mineral oferecida foi em média, 57 g por animal por dia.

A biomassa de forragem foi estimada mensalmente, com o auxílio de quadrantes de 0,25 m^2, lançada 20 vezes em cada piquete. Foram avaliados quatro piquetes por tratamento, em cada ciclo de pastejo. No SSP, as amostragens foram estratificadas conforme as proporções de área de pastagem sob a copa das árvores e área fora da projeção das copas. Assim, nestes piquetes, 70% das amostras foram coletadas ao longo da faixa de *B. decumbens* e 30%, dentro das faixas com árvores. A forragem contida em cada quadrante foi cortada à altura de 5 cm do solo e levada à sala de preparo de amostra da Embrapa Gado de Leite. Das 20 amostras, após pesagem foram feitas quatro amostras compostas para avaliar a percentagem de matéria seca e calcular a biomassa de forragem. Após secas (65 ºC) e

pesadas, a biomassa de forragem foi moída para análises de N, adotando o método Kjeldahl (Bremner e Mulvaney, 1982).

O consumo de MS do pasto pelas novilhas foi estimado em dezembro e janeiro (época chuvosa) e junho e julho (época seca), segundo a fórmula:

Consumo de MS (kg/animal/dia) = [Produção de MS fecal/(100 - digestibilidade)] x 100.

Para estimar a produção de MS fecal (kg/animal/dia) foi utilizado o óxido crômico (Cr_2O_3) como indicador externo, acondicionado em cápsulas de papel e fornecido, via oral durante 14 dias, em administração diária única realizada pela manhã, às 9:00 horas, na quantidade de 10 g/animal. Nos últimos sete dias de administração do Cr_2O_3, também pela manhã, no mesmo horário, foram coletadas as fezes. As amostras foram secas (55 ºC por 72 h) e moídas para serem analisadas quanto ao teor de cromo.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada em amostras de extrusas coletadas no primeiro, quarto e sétimo dia de ocupação em cada pastagem (SSP e BM), utilizando uma vaca fistulada no esôfago. Também foram realizadas nas amostras de extrusas, análises de teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA). Os métodos utilizados foram baseados em Silva e Queiroz (2006).

Foram determinadas as produções de liteira existente e depositada em 14 dias nas pastagens (SSP e BM). Considerou-se liteira todo material morto e solto da planta (gramínea e/ou árvores) na superfície do solo. As amostragens da liteira no SSP foram realizadas dentro e nas extremidades das faixas de árvores, abaixo das copas das árvores. As técnicas e equações empregadas foram baseadas nos trabalhos de Bruce e Ebersohn (1982) e de Rezende et al. (1999). Após as coletas de liteira existente e depositada, todo o material foi pesado, após secagem em estufa a 65 ^{o}C até peso constante. As amostras foram processadas para determinar o conteúdo de N (Bremner e Mulvaney, 1982).

5.4.1 Produtividade Primária Aérea Líquida

Considerando que a forrageira que o animal não consome irá cair no solo como liteira, a produtividade primária aérea líquida (PPAL) foi calculada a partir da soma do consumo da matéria seca através do pastejo dos animais mais o total de matéria seca depositada como liteira. Foi considerada também a diferença da biomassa de forragem total da *B. decumbens* cv. Basilisk entre o primeiro mês e o último mês do período estudado (julho de 2005 a junho de 2006).

5.4.2 Importação de N

No caso de nitrogênio, como as pastagens não foram adubadas com N, o principal ingresso de N é o da fixação biológica de nitrogênio (FBN).

A proporção de N derivado da FBN, nas leguminosas arbóreas *A. mangium* e *M. artemisiana*, foi determinada por meio da técnica da abundância natural de ^{15}N (Bolger et al., 1995; Boddey et al., 2000). A abundância de $d^{15}N$ é expressa em parte por mil (‰). Para analisar a proporção de N da planta derivado da atmosfera via FBN (%Ndffix), utilizou-se o seguinte cálculo:

$$\%Ndffix = 100 \, (d^{15}N_{referência} - d^{15}N_{planta\ fixadora}) / (d^{15}N_{referência} - B)$$

Onde B = abundância de ^{15}N do N nas plantas (parte aérea)

Para melhor adequação desta técnica, é recomendado medir várias espécies de referência (Boddey et al., 2000). Foram utilizadas como padrão as seguintes espécies de referência não-leguminosas: eucalipto (*E. grandis*), braquiária (*B. decumbens*) e embaúba (*Cecropia hololeuca*). Todas estas espécies utilizadas como referência, estavam presentes na mesma área de cultivo das espécies *A. mangium* e *M. artemisiana*. A avaliação foi realizada durante a época das chuvas. As folhas das espécies de leguminosas e não-leguminosas, foram coletadas diretamente das plantas e após preparo das amostras (secas e moídas), as análises foram feitas no laboratório da Embrapa Agrobiologia utilizando espectrômetro de massa Finnigan MAT, modelo Delta Plus.

5.4.3 Deposição do Material Formador de Liteira das Leguminosas

A deposição de material formador da liteira das duas espécies de leguminosa, *A. mangium* e *M. artemisiana*, foi medida por meio de caixas coletoras, confeccionadas em madeira com área interna de 0,5 x 0,5 m e 10 cm de altura, tendo fundo de telas de náilon. Essas caixas coletoras funcionaram como repetição, ficando para cada espécie 12 repetições. As caixas foram distribuídas nas faixas de árvores, abaixo da copa de cada espécie de árvore, a uma altura de 50 cm do solo (Figura 1).

As coletas foram feitas a cada 30 dias aproximadamente, durante período experimental. Do material coletado, foi efetuado o peso da matéria seca e em seguida foi reservado para gerar uma amostra composta de três meses com a finalidade de analisar o teor de N.

5.4.4 Exportação de N

As principais exportações de N do sistema são as do produto animal (ganho do peso) e as perdas de N via lixiviação ou volatilização.

As perdas de N são principalmente da urina e das fezes onde existem altas concentrações de N em áreas restritas. Com o ganho de peso e concentração do N na carcaça do animal nos dois sistemas (BM e SSP) foi computado o total de N/ha exportado anualmente de cada sistema.

Figura 1: Visualização das caixas coletoras na área experimental. Foto: acervo pessoal da autora.

5.4.5 Reciclagem Interna do N

A reciclagem de N no sistema solo/planta/animal tem dois caminhos alternativos: i) Reciclagem via animal, por meio dos nutrientes por ele consumidos; ii) Reciclagem via liteira.

Com a avaliação do consumo e da concentração do N da forragem e das fezes, é possível estimar o total de N consumido e assim reciclado pelos animais. O balanço do N no animal pode ser representado pela expressão: $N_{consumido} = N_{gp} + N_{fezes} + N_{urina}$ em que N_{gp} = N no ganho do peso do animal, e N_{fezes} e N_{urina} são as quantidades de N excretadas nas fezes e urina, respectivamente. Como a produção fecal foi avaliada regularmente através da técnica de óxido de cromo, o único valor não conhecido na equação será N_{urina}, o qual pode ser determinado na equação anteriormente apresentada.

5.4.6 Análise Estatística

Os resultados da análise estatística são apresentados no Anexo C. A análise de variância considerou o modelo de parcela subdividida no tempo (Ramalho et al., 2000), em que os sistemas de pastagem (SSP e BM) eram as parcelas, e os dados obtidos nos meses as subparcelas. Foi utilizado o programa computacional SISVAR (Ferreira, 2000). Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey a 5%.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.5.1 Produtividade Primária Aérea de Pastagem de *Brachiaria decumbens* com e sem Árvores

Com os dados de consumo do pasto pelos animais obtidos e os dados de liteira total depositada em um ano (Tabela 1), mais a diferença da biomassa de forragem (Tabela 2) foi estimada a produtividade primária aérea liquida (PPAL). A mudança da biomassa de forragem total (biomassa de forragem + matéria morta) entre o início e o final do experimento foi de 344 e 393 kg/ha de matéria seca (MS), para as pastagens em SSP e em BM, respectivamente. Na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril foi observado um valor de PPAL de 26.202 kg/ha/ano de MS, e na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura o valor foi de 20.133 kg/ha/ano de MS (Tabela 3).

Deve-se considerar que no SSP, a liteira proveniente das árvores tenha contribuído para este incremento, já que consumo animal não foi diferente entre os dois sistemas (Tabela 3). A matéria orgânica do solo é considerada um grande reservatório de N, e também é nela que ocorrem as principais transformações de N que são de suma importância para tornar este elemento disponível para as plantas (Siqueira e Franco, 1988). A deposição de matéria orgânica no solo, sob qualquer vegetação está relacionada com a sua produção primária líquida.

É importante ressaltar que nas estimativas de deposição de liteira não foi considerada a taxa de degradação da liteira. No entanto, na pastagem e *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura, como a produção de liteira foi bem distribuída durante os 12 meses de avaliação, este efeito pode ser mínimo. Já em sistema silvipastoril, quando foi observada uma deposição maior em dezembro, devido a entradas de folhas das árvores, estes valores podem estar subestimados. As estimativas de PPAL das pastagens de *B. humidicola* variaram de 28 a 38 t/ha/ano de MS (Rezende et al., 1999).

Tabela 1: Produção de liteira depositada em sistemas silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM) por mês durante o período experimental, expresso em kg/mês/ha de matéria seca (MS).

	Produção de Liteira Depositada	
Mês/Pastagens	**SSP**	**BM**
	kg/mês/ha de MS	
Julho	1.998	1.579
Agosto	1.625	1.762
Setembro	2.184	1.715
Outubro	1.956	1.343
Novembro	1.851	1.189
Dezembro	2.101	1.698
Janeiro	1.904	1.092
Fevereiro	1.807	1.162
Março	1.754	1.327
Abril	1.475	965
Maio	1.752	1.218
Junho	1.404	1.212

No Cerrado para pastagens de três espécies de *Brachiaria*, as estimativas da produtividade aérea primária líquida variaram de 15.420 a 23.751 kg/ha de MS, dependendo da espécie e da pressão de pastejo. A espécie *B. decumbens* apresentou valores mais altos, 21.846 e 23.751 kg/ha, respectivamente para pressão de pastejo de 7% e 14% (Santos et al., 2006). Estes valores estão mais próximos aos obtidos no presente experimento, em pastagem em monocultura. Outra estimativa de PPAL de uma pastagem de *B. decumbens* na região de Cerrado foi baseada somente na acumulação de biomassa de forragem, com valor de 3.900 kg/ha de MS (Meirelles, 1990).

A técnica do cálculo da PPAL empregada no presente estudo tem sido usada nos trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, que consideram mais adequada para estudos de ciclagem de nutrientes em pastagens (Boddey et al., 2003; Rezende et al., 1999; Santos et al., 2006). Outras técnicas têm sido passíveis de críticas (Long et al., 1989). A técnica adotada pelo International Biological Program (Singh et al., 1975), por exemplo, soma todos os incrementos positivos no crescimento da vegetação, mas assume que a morte do material da planta somente ocorre após o crescimento e não simultaneamente. Assim, esta técnica acaba subestimando a PPAL.

Tabela 2: Biomassa de forragem total* (Biomassa de forragem + material morto) no começo do período experimental (julho/2005) e no final (junho/2006) de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistemas silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM).

Pastagem	**Data**	**Biomassa de Forragem Total kg/ha de matéria seca**
SSP	Julho/2005	2.301
	Junho/2006	2.645
	Diferença da Biomassa de Forragem*	344
BM	Julho/2005	2.523
	Junho/2006	2.916
	Diferença da Biomassa de Forragem*	393

Tabela 3: Estimativas anuais da produtividade primária aérea liquida, expressa em matéria seca (MS) de pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM), pastejadas por novilhas.

Pastagem	**Componente**	**Matéria Seca** (kg/ha/ano)
SSP	Liteira Depositada	21.812
	Consumo Animal	4.046
	Diferença da Biomassa de Forragem Total*	344
	Total	**26.202**
BM	Liteira Depositada	16.264
	Consumo Animal	3.476
	Diferença da Biomassa de Forragem Total*	393
	Total	**20.133**

* Diferença da biomassa de forragem Total = Biomassa de forragem total de junho de 2006 (final do experimento) – Biomassa de forragem total de julho de 2005 (início do experimento).

5.5.2 Ciclagem de N via Animal

Os dados de produção fecal e consumo por animal, foram usados para o calculo da produção fecal e consumo de forragem por hectare na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril (SSP) e em monocultura (BM) conforme apresentados nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4: Consumo animal, produção fecal e ganho de peso das novilhas, expressos em matéria seca e conteúdo de nitrogênio, sob duas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.

	Matéria Seca	Nitrogênio	N consumido
Parâmetro	.....kg/ha/ano.....	....kg de N/ha/ano....	.....%.....
Consumo de forragem	4.046	49	100
Produção fecal	2.009	31	63
Ganho de peso vivo	319	8	16
N excretado na urina*	-	10	21

* Obtido através da diferença entre os outros parâmetros (N consumido- N excretado nas fezes – N no ganho de peso vivo).

Tabela 5: Consumo animal, produção fecal e ganho de peso das novilhas, expressos em matéria seca e conteúdo de nitrogênio, sob duas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura.

	Matéria Seca	Nitrogênio	N consumido
Parâmetro	.....kg/ha/ano.....	....kg de N/ha/ano....	.....%.....
Consumo de forragem	3.476	38	100
Produção fecal	1.707	23	60
Ganho de peso vivo	279	7	18
N excretado na urina*	-	8	22

* Obtido pela diferença entre os outros parâmetros (N consumido- N produção fecal – N ganho de peso vivo).

Baseando-se na suposição de que todo N consumido pelo animal parte é exportado para o ganho de peso e parte é excretada como fezes e urina, então a quantidade do N excretado pela urina pode ser calculada pela diferença entre o N consumido pelo animal e o N contido nas fezes. A quantidade de N excretada pela urina foi de 10 e 8 kg/ha/ano para o SSP e a BM, respectivamente.

As estimativas de N excretado na urina são susceptíveis a erros, e por sua vez as estimativas de N consumido e N excretado via fezes são baseadas na avaliação de consumo animal que foi feito em duas épocas do ano, durante o experimento. O N estimado no ganho de peso vivo também é passível de erros. Para este cálculo foi usada a concentração de 2,5% do peso da carcaça animal sugerido por Scholefield et al. (1991).

É importante mencionar que as estimativas de consumo animal foram baseadas em digestibilidade *in vitro* da forragem consumida por animais fistulados e na produção fecal, que foi estimada usando-se a técnica de marcador interno (óxido crômico). Ambas as técnicas estão sujeitas a diversos erros, as quais foram abordadas por Pereira et al. (2008).

A quantidade de N exportada da pastagem para o ganho de peso foi de 8 e de 7 kg de N/ha/ano nas pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em SSP e em BM, respectivamente. Estas quantidades representam 16 e 18% de todo N consumido pelo animal, no SSP e na BM, respectivamente. O N depositado na pastagem em SSP via excreções (fezes e urina) foi 34 kg/ha/ano e na pastagem em BM foi 26 kg/ha/ano.

Whitehead (1995) relata proporções diferentes do N excretado para gado de leite e para gado de corte. Bovinos leiteiros geralmente excretam entre 75 e 80% do N que eles consomem e para os bovinos de corte, estes valores estão na faixa de 90-95%. Estes valores estimados a partir de experimentos em clima temperado, não estão diferentes dos obtidos em condições de Mata Atlântica. Com bovino de corte, no Sul da Bahia, em pastagem de *B. humidicola*, Boddey et al. (2003) relataram valores entre 92,2 e 94,6% do total de N consumido foram excretados. Nos nossos estudos, também em área de influência da Mata Atlântica, mas com bovino de leite, os valores também estão de acordo com os citados por Whitehead (1995). Este autor também menciona que o N excretado nas fezes é constante por unidade de matéria seca ingerida pelo animal e sugere a relação de 0,8 N/100 de MS consumida. Baseado nesta relação e considerando a matéria seca consumida de 4.046 e de 3.476 kg/ha, o conteúdo de N nas fezes seria de 32 e de 27 kg/ha de N, para as pastagens em SSP e em BM, respectivamente. Estes valores estão próximos aos calculados no experimento.

5.5.3 Ciclagem de N via Liteira

A quantidade de N reciclada pela liteira foi expressiva nas duas pastagens, sendo maior na pastagem em SSP (Tabela 6). Na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em SSP, as médias anuais das quantidades de N na liteira existente e depositada em 14 dias, foram 53 e 9 kg/ha, respectivamente. A produção anual de N, calculada a partir da liteira depositada, foi de 228 e de 107 kg/ha. A quantidade de N reciclado através da liteira aumentou com a associação da pastagem com árvores.

Tabela 6: Médias anuais da quantidade de N da liteira existente e depositada em 14 dias e do total de N da liteira depositada em 12 meses.

Pastagem	Quantidade de N na Liteira Existente	Quantidade de N na Liteira Depositada em 14 dias	Quantidade Total de N na Liteira Depositada
	.....g/m^2.....		kg/ha/ano
SSP	5,30^a	0,88^a	228
BM	2,68^b	0,41^b	107

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de F, a 1% de probabilidade.

5.5.4 Fixação Biológica de N_2

É esperado que a abundância natural de ^{15}N das folhas das não leguminosas refletisse a $\delta^{15}N$ do N mineral do solo. No caso das folhas do Eucalipto (*E. grandis*) o valor de $\delta^{15}N$ foi de 3,47 ‰ (Tabela 7). Entretanto, a abundância natural de ^{15}N das folhas de embaúba (*C. hololeuca*) foi menor (2,76 ‰) e das folhas de *B. decumbens* cv. Basilisk foram altamente variáveis. Estes tipos de resultados foram observados em vários outros estudos principalmente em ecossistemas naturais (Pate et al, 1993; Gehring e Vlek, 2004) sugerindo que existem fontes N exploradas pelas diferentes espécies com grandes discrepâncias dos valores de abundância natural de ^{15}N. Isso dificulta a utilização da técnica da abundância natural de ^{15}N para a quantificação da contribuição da fixação biológica de nitrogênio. As folhas de *A. mangium* mostraram valor médio de $\delta^{15}N$ de 1,45‰ indicando que esta espécie recebeu uma grande proporção de seu N da FBN. Já das duas amostras analisadas da espécie *M. artemisiana* mostraram valores de $\delta^{15}N$ de 5,12 e 0,91 ‰. Assim, torna-se impossível qualquer conclusão sobre a contribuição da FBN destas espécies.

Boddey et al. (2000) discutem técnicas disponíveis e suas limitações na quantificação da FBN em árvores. Os autores ressaltam dificuldades que podem limitar qualquer metodologia, quais sejam: a natureza perene do crescimento e as mudanças sazonais ou anuais nos padrões de assimilação do N; a ampla variação no crescimento e no potencial de nodulação das plantas, que podem ocorrer dentro de um único genótipo ou até mesmo a origem da muda usada no sistema silvipastoril; e diversidade na ocorrência e alto grau de variabilidade na distribuição das espécies fixadoras de N_2, devido a pequena distância entre os gradientes na disponibilidade de água e nutrientes do solo e competição nos ecossistemas naturais.

Tabela 7: Abundância natural de ^{15}N de espécies arbóreas e de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk

Espécies	**d ^{15}N ‰**
Acacia mangium	1,45 ± 0,65
Mimosa artemisiana	3,15 ± 0,75
Eucaliptus grandis	3,47 ± 0,43
Cecropia hololeuca	2,76 ± 0,67
Brachiaria decumbens	2,26 ± 0,88

5.5.5 Deposição do Material Formador de Liteira

A produção de matéria seca do material formador de liteira da *M. artemisiana* e da *A. mangium* em doze meses (julho de 2005 a junho de 2006), é apresentada na Figura 2. As duas espécies não apresentaram diferenças na produção de material formador (P>0,05), com maiores valores no período das chuvas. Numa floresta localizada na Mata Atlântica, o pico de deposição de liteira ocorre no final da primavera e início do verão coincidindo com o aumento da temperatura e pluviosidade (Jackon, 1978). Na Floresta da Tijuca no Rio de Janeiro, a deposição de liteira das árvores foi bem distribuída durante o ano (Oliveira e Lacerda, 1993). Já em sistema silvipastoril na Zona da Mata de Minas Gerais, as maiores produções de material formador de liteira foram registradas nos meses de novembro a fevereiro (Xavier et al., 2004). Também no estado de Minas Gerais, Poggiani et al. (1984) constataram valores máximos de deposição de material formador de liteira de eucalipto, no período de novembro a abril, quando ocorrem as maiores taxas pluviométricas. Já Andrade et al. (2000), estudando a deposição e composição da liteira de três leguminosas arbóreas, relataram que a *A. mangium* depositou maior quantidade de material formador da liteira nos meses de março a junho (período da seca). Entre as três leguminosas estudadas por estes autores, a *A. mangium* apresentou a maior quantidade de liteira com baixa taxa de mineralização, o que refletiu em maior tempo de permanência da matéria orgânica e dos nutrientes estocados na camada superficial do solo. As quedas de folhas, flores e frutos das espécies arbóreas ajudam a compor a liteira total de um sistema silvipastoril. As produções anuais de MS do material formador de liteira foram 5.881 e 5.658 kg/ha, para a *M. artemisiana* e a *A. mangium*, respectivamente. Xavier et al. (2004) utilizando a mesma metodologia, verificaram que SSP composto de cinco espécies produziu mais material formador de liteira que o SSP composto de duas espécies, com valores anuais de 4.400 e 2.300 kg/ha, respectivamente. As duas combinações tinham a espécie *A. mangium* como componente.

Estes cálculos foram feitos extrapolando a área da caixa coletora (0,5 x 0,5 m) para um ha. No entanto, considerando que em um hectare, utilizando o modelo empregado no experimento, tenha duas faixas de árvores e cada faixa com 10 m x 125 m, então um ha tem 2.500 m^2 de faixa de árvores. Considerando ainda que as árvores na extremidade da faixa influenciem (queda de folha) até 3 m (dados não publicados), então em um hectare teríamos

duas faixas de 16 x 125m (4.000 m^2). Então para cada hectare de pastagem o material formador de liteira estimado para este esquema e somando as duas espécies é de 4.615 kg/ano. O teor de N foi estatisticamente maior na *A. mangium*, com valores de 1,60%, enquanto que o *M. artemisiana* apresentou 1,41%. A deposição de N via material formador de liteira das duas espécies de leguminosas, considerando a média de 1,50% de teor de N, portanto, pode ser estimada 70 kg/ha/ano de N, para o modelo de SSP usado neste experimento.

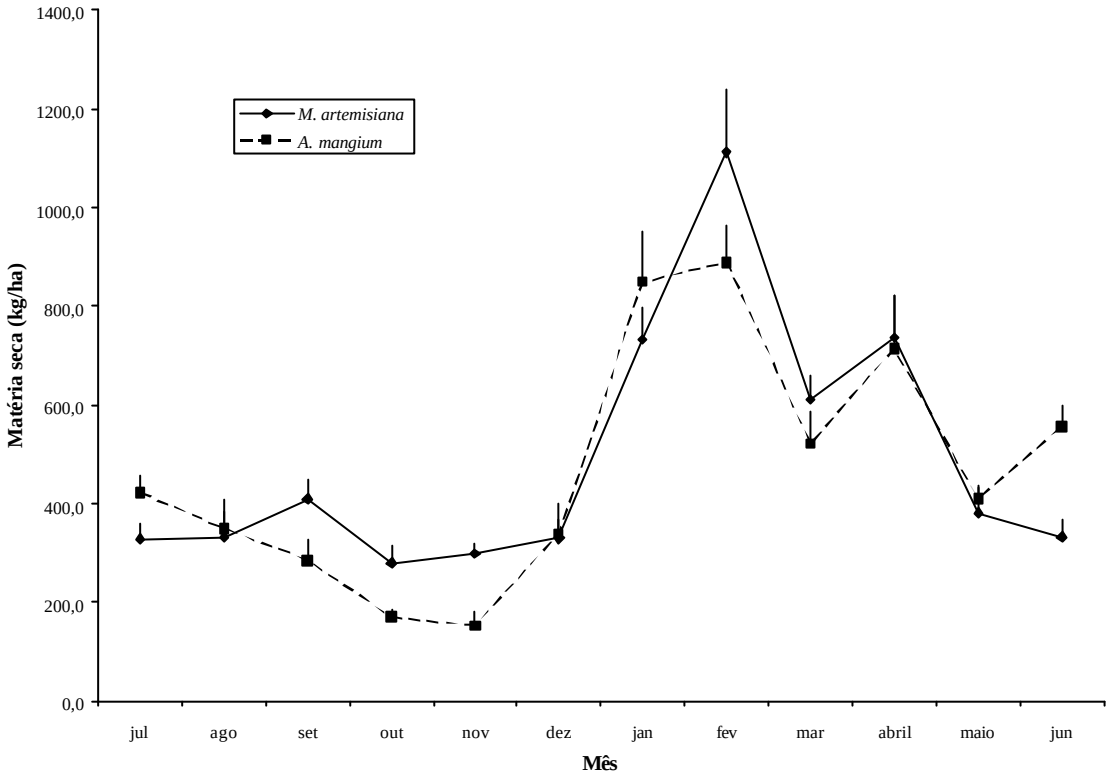

Figura 2: Deposição mensal de material formador de liteira de *Mimosa artemisiana* e *Acacia mangium*. Médias de 12 árvores. Barras verticais representam o erro padrão das médias.

5.5.6 Fluxos de N na pastagem de *B. decumbens* em SSP e em BM

A partir dos dados obtidos dos estudos sobre a produção de liteira depositada e o consumo animal mais a produção fecal, foi possível descrever quantitativamente os caminhos de ciclagem de N nas duas pastagens (SSP e BM). A produtividade primária aérea liquida estimada para a pastagem em SSP foi maior em matéria seca e em quantidade de N com valores de 28.107 e 279 kg/ha de N (Tabela 8), respectivamente, que a estimada para a pastagem em BM com valores de 21.769 e 149 kg/ha de N (Tabela 9), respectivamente. Assim, a inclusão de árvores na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk aumentou consideravelmente a quantidade de N reciclado através do tecido da planta.

O sistema silvipastoril também aumentou o N reclicado via animal. O consumo de N foi de 38 e 49 kg/ha/ano de N, quando os animais pastejaram *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura e em silvipastoril, respectivamente. Esta maior quantidade de N consumido no SSP refletiu em um maior N exportado para a produção animal (Tabela 5). O consumo de N estimado para animais pastejando *B. humidicola* no Sul da Bahia, foi bem maior, variando de

94 a 158 kg/ha/ano, no entanto, a proporção do N consumido exportado para a produção animal (peso vivo) foi menor (Boddey et al., 2003).

Tabela 8: Fluxos de N em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.

	Matéria Seca	**Nitrogênio**
Parâmetros	.....kg/ha/ano.....	
PPAL*	26.202	279
Liteira Depositada	21.812	228
Forragem Consumida	. 4.046	49
N depositada na Urina	-	10
N depositada nas Fezes	-	31
N exportado no animal	-	8

*PPAL=produtividade primária aérea liquida.

Tabela 9: Fluxos de N em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura.

	Matéria Seca	**Nitrogênio**
Parâmetros	.....kg/ha/ano.....	
PPAL*	20.133	148
Liteira Depositada	16.264	107
Forragem Consumida	3.476	38
N depositada na Urina	-	8
N depositada nas Fezes	-	23
N exportado no animal	-	7

*PPAL=produtividade primária aérea liquida.

Os fluxos de N em cada pastagem foram compilados e montados em diagramas. Na Figura 3, o diagrama feito representa as principais entradas e saídas, e a ciclagem interna de N na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em SSP. Foi considerada neste sistema, a FBN pelas espécies de leguminosas. Como não foi possível estimar a FBN pela técnica de Abundância Natural de ^{15}N, os cálculos foram baseados na quantidade de N contida no material formador de liteira. Como o valor calculado foi de 70 kg/ha/ano de N e considerando que 65-70% desta quantidade é proveniente da FBN (Galiana et al., 2002; Gehring e Vlek, 2004), a entrada de N via FBN na pastagem em SSP, foi estimada em 50 kg/ha/ano.

No diagrama feito para a pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura (Figura 4) considerou-se a entrada via FBN como zero, apesar de trabalhos com ^{15}N mostrarem que *B. decumbens* é capaz de fixar nitrogênio, em quantidades consideráveis, cerca de 30-40 kg/ha de N (Boddey e Victoria, 1986). Nos dois sistemas de pastagens não foram consideradas as possíveis entradas de N via precipitação e descarga elétrica. Também, não foram consideradas as possíveis perdas do N mineralizado a partir da liteira e da matéria orgânica do solo, já que havia uma camada perene das raízes na pastagem para capturar o N liberado dos resíduos (Haynes e Williams, 1993).

As perdas de N nas fezes e urina são bem sensíveis às condições climáticas. A volatilização de amônia é maior em temperaturas elevadas (Urquiaga et al., 1990). Por sua vez as perdas de N por denitrificação ocorrem somente em lugares anaeróbicos, que pode acontecer após chuvas pesadas e será maior em solos com problemas de drenagem (Urquiaga et al, 1990). A lixiviação, também suceptivel a ocorrencia de chuvas pesadas e será maior em solos arenosos (Urquiaga et al., 1990). Em um solo classificado como Argissolo sem cobertura vegetal, as perdas de N foram altas quando a urina de animais (gado de leite) foi

aplicada. No entanto, quando a urina foi aplicada sob a *B. brizantha*, 77% do N foram recuperados nas plantas e solo (Ferreira et al., 1995b). As perdas N via fezes, são bem menores. Os mesmos autores estimaram entre 1,7 e 8,4% do total de N das fezes, foram perdidos.

Baseado no trabalho desenvolvido por Boddey et al. (2004), para os cálculos de perdas de N por meio das excreções dos animais foi utilizada a proporção de 50% do N depositado como urina e de 5% do N depositado via fezes.

Na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril, verifica-se que uma quantidade grande de N é adicionada através da liteira depositada na pastagem. Assim, uma maior proporção de N da planta é reciclada via animal. Foram registradas perdas de N, por esta via, de 21 kg/ha/ano (Figura 3).

Na pastagem em monocultura, uma proporção menor de N da planta, quando comparada com a pastagem em SSP, foi reciclada através do animal, mas as perdas de N pela excreção não foram tão diferentes das observadas no SSP. As perdas através da excreção dos animais foram estimadas em 18 kg/ha/ano de N (Figura 4).

Na pastagem em sistema silvipastoril, devido à entrada de uma fonte de N, por meio da FBN das espécies de leguminosas, em quantidades substanciais, também devido ao efeito da sombra no bem estar dos animais, é de esperar que a produção animal seja mantida por mais tempo com bases sustentáveis, sendo, portanto, uma alternativa viável para recuperar áreas em processo de degradação.

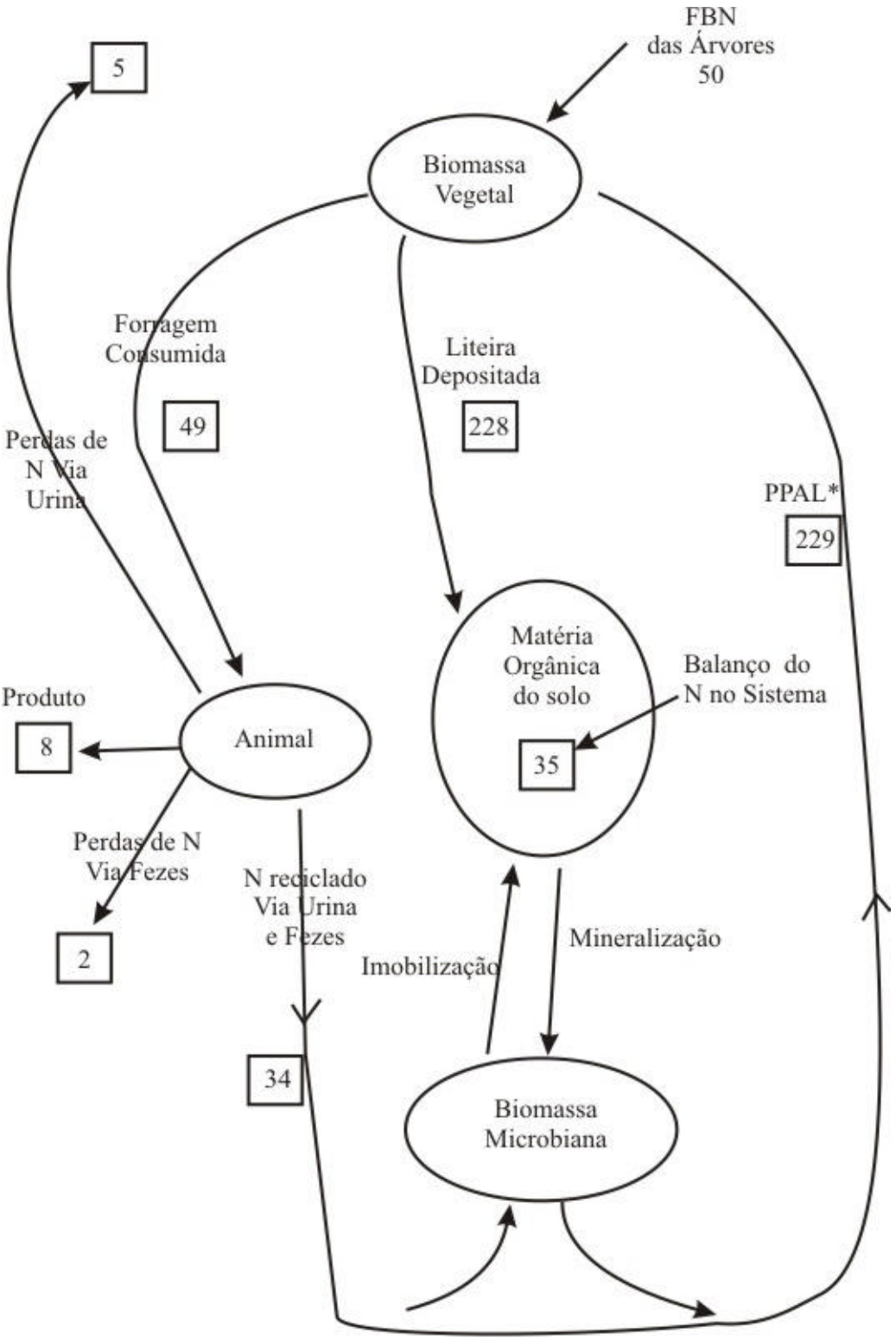

Figura 3: Principais vias do N em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril. Os valores são expressos em kg/ha/ano de N. * PPAL = produtividade primária aérea liquida

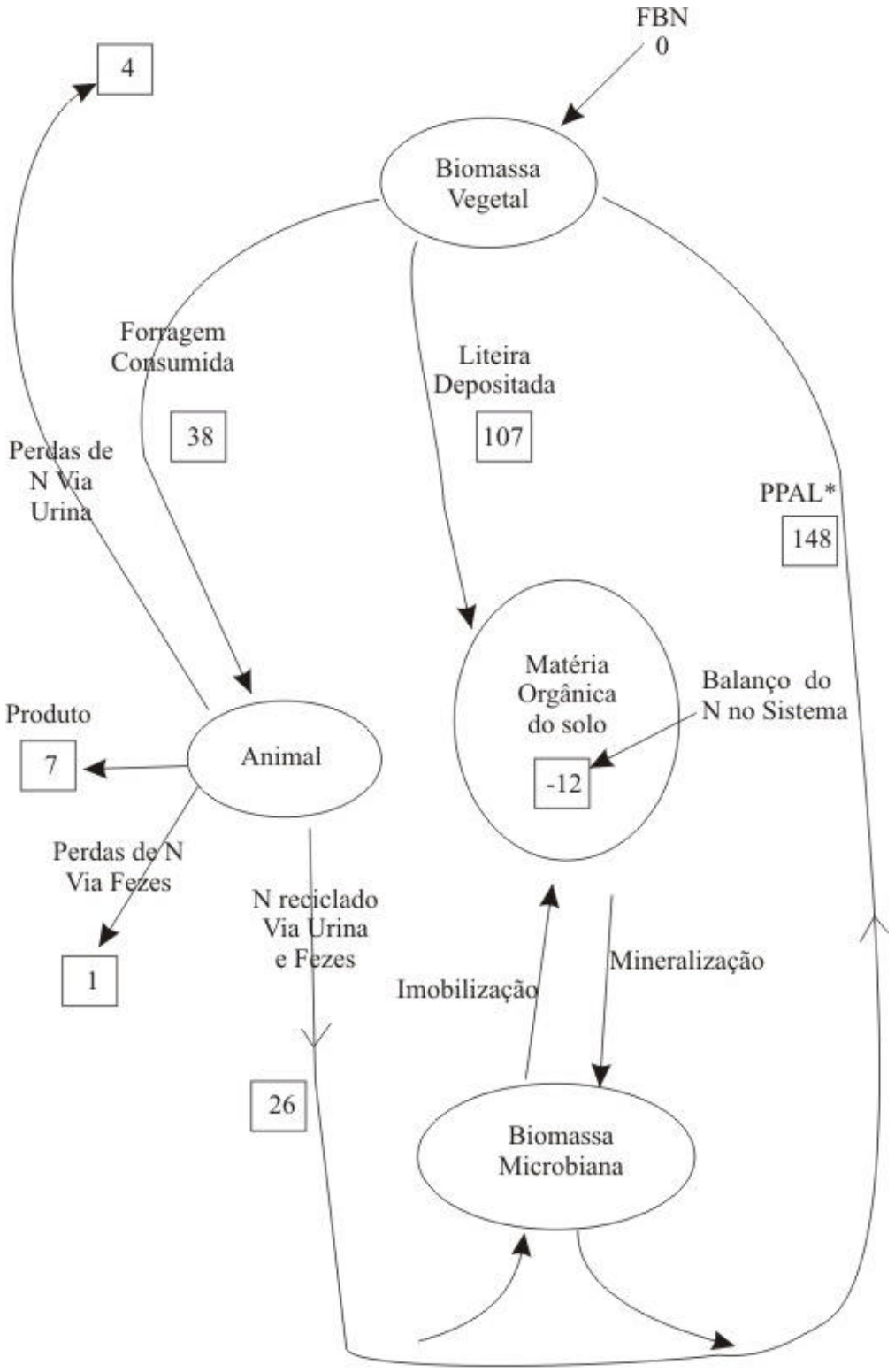

Figura 4: Principais vias do N em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura. Os valores são expressos em kg/ha/ano de N. * PPAL = produtividade primária aérea liquida

5.6 CONCLUSÕES

- A pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril apresenta produtividade primária aérea liquida maior que na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura.

- No SSP há maior incremento de N via deposição de liteira.

- Nas duas pastagens as quantidades de N estimadas na urina não foram diferentes, assim é esperado que as perdas por esta via, sejam semelhantes.

- Na pastagem em SSP há maior ciclagem de N via liteira proveniente das árvores.

6. CONCLUSÕES GERAIS

- A pastagem em monocultura apresenta maior biomassa de forragem da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk quando comparada com a pastagem em sistema silvipastoril.

- A pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril proporciona maiores ganhos de peso de novilhas mestiças do que na pastagem em monocultura.

- A incorporação de folhas de árvores na liteira não influencia a taxa de decomposição da liteira da pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk.

- O sistema silvipastoril foi capaz de incrementar a deposição de liteira rica em nitrogênio na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk.

- A pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril apresenta produtividade primária aérea liquida maior que na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura.

- Nas duas pastagens as quantidades de N estimadas na urina não foram diferentes, assim é esperado que as perdas por esta via, sejam semelhantes.

- Na pastagem em SSP há maior ciclagem de N via liteira proveniente das árvores.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frequentemente, o teor de N, e consequentemente de proteína bruta da *B. decumbens* sombreada é maior do que da gramínea a pleno sol (Carvalho et al., 1999; Paciullo et al., 2007a). Ressalta-se que a área da pastagem sob sombreamento representava aproximadamente 30% da área total do SSP, uma vez que as árvores estavam dispostas em faixas na pastagem. É possível que os efeitos benéficos das árvores sobre o valor nutritivo da *B. decumbens* crescendo no sub-bosque tenham sido diluídos nos valores médios obtidos em todo o sistema, principalmente, porque parte das amostras foi coletada na área de 30 m de *B. decumbens*, entre as faixas de árvores. Tal fato contribuiu para a semelhança dos valores obtidos no SSP e na BM. Por outro lado, verificaram-se maiores ganhos de peso no SSP do que na BM. Podemos supor que sob condições de temperatura mais elevada as novilhas aumentavam o tempo de pastejo sob a copa das árvores (Leme, 2002) onde o pasto apresentava melhor valor nutricional (Paciullo et al., 2007b). Deve-se levar em consideração que no SSP as novilhas dedicavam mais tempo ao pastejo e à ruminação do que na BM, onde os animais permaneciam mais tempo em condições de ócio (Pires et al., 2007). Embora sem diferenças estatísticas (com exceção do mês de junho), a tendência de maiores consumos de MS no SSP pode ter refletido os resultados de comportamento animal citados acima e ajudaria a explicar os maiores ganhos de peso das novilhas no SSP.

A maior produção anual de MS e de N da liteira no SSP pode ter contribuído para um melhor valor nutricional do pasto. Neste sistema, os valores foram significativamente maiores que na pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em monocultura.

Quando foram estimados os fluxos de N nas duas pastagens, no SSP considerou a entrada de 50 kg de N devido a FBN das leguminosas arbóreas utilizadas (*A. mangium* e *M. artemisiana*) enquanto que a BM a entrada de N foi considerada zero. A partir destes cálculos, a pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril apresentou um balanço positivo de N total de N de 35 kg/ha/ano enquanto que em monocultura, este valor foi negativo, -12 kg/ha/ano.

A FBN em sistemas de produção animal torna-se de grande importância para sua sustentabilidade. Na pastagem em sistema silvipastoril, devido à entrada de uma fonte de N, por meio da FBN das espécies de leguminosas, em quantidades substanciais, também devido ao efeito da sombra no bem estar dos animais, é de esperar que a produção animal seja mantida por mais tempo com bases sustentáveis, sendo, portanto, uma alternativa viável para recuperar áreas em processo de degradação.

É oportuno ressaltar dois pontos importantes nos estudos de ciclagem de N em sistemas silvipastoris: a) dificuldades na aplicação da técnica da abundância natural de ^{15}N com árvores podem limitar a precisão de qualquer estimativa de fixação de biológica de N_2 (Boddey et al., 2000), e b) estes sistemas devem ser estudados por vários anos (Sanginga et al., 1995).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. C. C. **Comportamento de *Eucalyptus citriodora* Hooker, em áreas pastejadas por bovinos e por ovinos no Vale do Rio Doce, Minas Gerais**. 1991. 44 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: MG. 1991.

ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; VERNEQUE, R. S.; SALVATI, J. A. Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 12, n. 2, p. 2-6, 1990.

ALVIM, M. J.; PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F. Influence of different percentages of tree cover on the characteristics of a *Brachiaria decumbens* pasture. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SILVOPASTORAL SYSTEMS, 2004, Mérida. **Proceedings...** Mérida: Universidad Autónoma de Yucatan, 2004. p. 179-182.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniifolia, Acacia magium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em Planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.777-785, 2000.

ARIAS, L. M.; CAMARGO, J. C.; TRUJILLO, H. C. Carbono orgânico edáfico em rodales de guadua *Guadua angustifólia* Kunth, Poaceae y em pasturas arborizadas em la Zona Cafetera de Colômbia. In: MURGUEITIO, E.; CUARTAS, C.; NARANJO, J. (Ed.) **Ganadería del futuro:** investigación para el desarrollo**.** Cali, Colômbia: Fundación CIPAV, 2008. p. 247-261.

ÁVILA, G.; JIMÉNEZ, F.; BEER, J.; GÓMEZ, M.; IBRAHIM, M. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroflorestales en Costa Rica. **Turrialba**, San José, v. 8, n. 30, p. 32-35, 2001.

BACCARA JÚNIOR, F. Manejo ambiental para produção de leite em climas quentes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2, 1998, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Biometeorologia, 1998. p. 136-161.

BARCELLOS, A. O.; VILELA, L. Leguminosas forrageiras tropicais : estado da arte e perspectivas futuras. In: REUNIÃO DA SBZ, 31, 1994, Maringá, PR. **Anais...** Maringá: EDUEM, 1994. p. 1-56.

BELSKY, A. J. Effects of trees on nutricional quality of understorey gramineous forage in tropical savannas. **Tropical Grasslands,** Brisbane, v. 26, n. 1, p. 12-20, 1992.

BETANCOURT, K.; IBRAHIM, M.; HARVEY, C. A.; VARGAS, B. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicarágua. **Turrialba**, San José, v. 10, n. 39-40, p. 47-51, 2003.

BOARDMAN, N. K. Comparative photosynthesis of the sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology,** Palo Alto, v. 28, p.355-377, 1977.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRE, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. D.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 389-403, 2004.

BODDEY, R. M.; PEOPLES, M. B.; PALMER, B.; DART, P. J. Use of the ^{15}N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. **Nutrient Cycling in Agroecosystems,** Bonn, v. 57, p. 235-270, 2000.

BODDEY, R. M.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J. Nutrient clycling and environmental impact of *Brachiaria* pastures. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do (Ed.). ***Brachiaria*: biology, agronomy, and improvement.** Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1996. p. 53-71. (CIAT Publication, 259).

BODDEY, R. M.; RESENDE, C. de P.; SCHUNKE, R. S.; ALVES, B. J. R.; CADISCH, G.; PEREIRA, J. M. Sustentabilidade de pastagens consorciadas e de gramínea em monocultura: o papel chave das transformações de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: SBZ, 1993. p. 141-173. Palestras dos Simpósios.

BODDEY, R. M.; REZENDE, C. D. P.; PEREIRA, J. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVES, B. J. R.; FERREIRA, E.; RICHTER, M.; CADISCH, G.; URQUIAGA, S. The nitrogen cycle in pure grass and grass/legume pastures: evaluation of pasture sustainability. In: FAO/IAFA ed. **Nuclear Techiniques in Soil-Plant Studies for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation.** Viena, Astria: FAO/IAEA, 1995. p. 307-319.

BODDEY, R. M.; VICTORIA, R. L. Estimation of biological nitrogen fixation associated with *Brachiaria* and *Paspalum* grasses using ^{15}N-labelled organic matter and fertilizer. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 90, p. 265-292, 1986.

BODDEY, R. M.; XAVIER, D. F; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Brazilian agriculture: the transition to sustainability. **Journal of Crop Production,** v. 9, p. 593-621, 2003.

BOLGER, T. P.; PATE, J. S.; UNKOVICH, M. J.; TURNER, N. C. Estimates of seasonal nitrogen fixation of annual subterranean clover-based pastures using the N-15 natural abundance technique. **Plant and Soil,** Dordrecht, v. 175, p. 57-66, 1995.

BOTERO, R.; RUSSO, R. Utilización de arboles y arbustos fijadores de nitrógeno em sistemas sostenibles de producción animal em suelos ácidos tropicales. In: SÁNCHEZ, M. D.; ROSALES, M. M. (Ed.) **Agroforestería para la producción animal em América Latina**. Roma:FAO, 1999. p. 171-192. (Estúdio FAO. Producción y Sanidad Animal, 143).

BOTREL, M. A. Seleção de forrageiras para áreas montanhosas e para solos ácidos e de baixa fertilidade. In: PASSOS, L. P.; CARVALHO, M. M.; CAMPOS, O. F. (Ed.) **Embrapa Gado de Leite:** 20 anos de pesquisa**.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1997. p. 23-30.

BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; MOZZER, O. L. Avaliação agronômica de gramíneas forrageiras sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 9/10, p. 1019-1025, 1987.

BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Avaliação de gramíneas forrageiras na região Sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 683-689, 1999.

BOTREL, M. A.; XAVIER, D. F. Forrageiras para áreas de relevo acidentado. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J. (Ed.) **Pastagens para gado de leite em regiões de influência da Mata Atlântica.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2000. p. 25-40.

BRAZ, S. P.; NASCIMENTO JR, D.; CANTARUTTI, R. B.; REGAZZI, A. J.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutriente pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagens de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 858-865, 2002a (Suplemento).

BRAZ, S. P.; NASCIMENTO JR, D.; CANTARUTTI, R. B.; REGAZZI, A. J.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D. M. Disponibilidade dos nutrientes das fezes de bovinos em pastejo para a forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1614-1623, 2002b.

BRAZ, S. P.; NASCIMENTO JR, D.; CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 787-794, 2003.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitroen total. In: PAGE, A. L. (Ed.). **Methods of soil analysis.** 2.ed. Soil Science Society of America, Madison. 1982. p. 595-624.

BRUCE, R. C.; EBERSOHN, J. P. Litter measurements in two grazed pastures in south east Queensland. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 16, n. 4, p. 180-185, 1982.

CADISCH, G.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; NOSBERGER, J. N-based estimation of nitrogen fixation by eight tropical forage-legumes at two levels of P:K supply. **Fiel Crops Research,** Amsterdam, v. 22, p. 181-194, 1989.

CADISCH, G.; SCHUNKE, R. M.; GILLER, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands,** Brisbane,v. 28, p. 43-52, 1994.

CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; SILVA, G. T. A.; NÓBREGA, P. O.; FERREIRA, D. J.; RESENDE, A. S.; FRANCO, A. A. Implantação e manejo de SAFS na Mata Atlântica: a experiência da Embrapa Agrobiologia com ênfase em sistemas silvipastoris. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; MÜLLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul:** desafios e potencialidades. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 155-184.

CANTARUTTI, R. B.; BODDEY, R. M. Nitrogen transfer from legumes to grasses. In: GOMIDE, J. (Ed.) **Proceedings of International Symposium on Animal Production under Grazing.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p. 267-279.

CANTARUTTI, R. B.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; CADISCH, G.; REZENDE, C. de P.; PEREIRA, J. M.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.;

URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the south of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems,** Bonn, v. 64, p. 257-271, 2002.

CARVALHO, M. M. Manejo do solo para o desenvolvimento de pastagens em áreas montanhosas da região sudeste. In: PASSOS, L. P.; CARVALHO, M. M.; CAMPOS, O. F. (Ed.) **Embrapa Gado de Leite: 20 anos de pesquisa.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1997. p. 35-44.

CARVALHO, M. M. Recuperação de pastagens degradadas em áreas de relevo acidentado. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Ed.) **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV-Departamento de Solos/Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. p. 149-161. 1998.

CARVALHO, M. M. Arborização para a sustentabilidade de pastagens cultivadas. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, v. 2, n. 13, p. 11-14, 2002.

CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; YAMAGUCHI, L. C. T. **Estabelecimento de sistemas silvipastoris: ênfase em áreas montanhosas e solos de baixa fertilidade.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002. 25p. (Circular Técnica, 68).

CARVALHO, M. M.; BARROS, J. C.; XAVIER, D. F.; FREITAS, V. P.; AROEIRA, L.J.M. Composición química del forraje de *Brachiaria decumbens* asociada com três espécies de leguminosas arbóreas. In: Sexto **Seminário Internacional Sobre Sistemas Agropecuários Sostenibles.** Fundación CIPAV. Cali, Colômbia. 1999. Em CD-Rom.

CARVALHO, M. M.; COSTA, J. L.; XAVIER, D. F. Agroforestería pecuária em Zonas de Ladera em la Región Sudeste de Brasil. In: MURGUEITIO, E.; CUARTAS, C.; NARANJO, J. (Ed.) **Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo.** Fundación CIPAV. Cali, Colômbia. 2008. p. 287- 299.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; ALMEIDA, D. S.; VILLAÇA, H. A. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição química da forragem de pastagens de braquiária. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 5, p. 709-718, 1994.

CARVALHO, M. M.; SILVA, J. L. O.; CAMPOS JUNIOR, B. A. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico-vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 213-218, 1997.

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F.; ALVIM, M. J. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação e sustentabilidade de pastagens cultivadas. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília; FAO, 2001a. p. 189-204.

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F.; ALVIM, M. J. **Características de algumas espécies arbóreas adequadas para associação com pastagens.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. 2001b. 24 p. (Embrapa Gado de Leite, Circular Técnica, 64).

CASTRILLO, S. F.; MARÍN, R. G. E.; MEJIA, C.; BEDOYA, R. S.; GARCÍA, B.; MURGUEITIO, E. Establecimiento y desarrollo de sistemas silvopastoriles em Nicarágua. In: MURGUEITIO, E.; CUARTAS, C.; NARANJO, J. (Ed.) **Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo.** Fundación CIPAV. Cali, Colômbia. 2008. p. 301-323.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida**. Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.

CHAMORRO, D.; REY, A. M. El componente arbóreo como dinamizador del sistema de producción de leche em el trópico alto colombiano. Experiências de Corpoica- Tibaitatá. In: MURGUEITIO, E.; CUARTAS, C.; NARANJO, J. (Ed.) **Ganadería del futuro:** investigación para el desarrollo**.** Cali, Colômbia: Fundación CIPAV, 2008. p. 349-397.

COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira de *Mimosa caesalpiniifolia* (sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPÓSIO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DO SUBSTRATO DO SOLO, 3, 1997, Ouro Preto, MG. **Anais...** Ouro Preto: SOBRADE, 1997. p. 344-349.

COSTA, O. V.; COSTA, L. M.; FONTES, L. E. F.; ARAUJO, Q. R.; KER, J. C.; NACIF, P. G. S. Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de Chernossolos no Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 797-805, 2000.

CRUZ FILHO, A. B; CÓSER, A. C.; NOVELLY, P. E. Comparação entre métodos de plantio de *Brachiaria decumbens* em pastagens de capim-gordura em áreas montanhosas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 15, n. 4, p. 297-306, 1986.

DALY, J. J. Cattle need shade trees. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 110, n. 1, p. 21-24, 1984.

DANIEL, O.; PASSOS, C. A. M.; COUTO, L. Sistemas agroflorestais (silvipastoris e agrissilvipastoris) na Região Centro-Oeste do Brasil: potencialidades, estado atual da pesquisa e da adoção de tecnologia. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agroflorestais pecuários**: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 189-204.

DEAN, W. **A ferro e fogo**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.

DEINUM, B.; SULASTRI, R. D.; SEINAB, M. H. J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on grown, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. Trichoglume). **Netherlands of Agriculture Science,** v. 44, n. 111-124, 1996.

DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes em solo degradado pela extração de bauxita e cultivado com *Eucalyptus pellita* e *Acacia mangium*. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO E SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Curitiba: FUEPF, 1994. p. 515-525.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. S.; MOREIRA, J. F.; POLIDORO, J. C.; CAMPELLO, E. F.; FRANCO, A. A. Influência da projeção das copas de espécies de leguminosas arbóreas nas características químicas do solo. **Pasturas Tropicales,** Cali, v. 28, n. 2, p. 8-17, 2006.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. S.; URQUIAGA, S.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J.; FRANCO, A. A. Transferência de N fixado por leguminosas para o capim Survenola crescido em consórcio. **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 352-356, 2007.

DIAS-FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. Barreiras à adoção de sistemas silpastoris no Brasil. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; MÜLLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul:** desafios e potencialidades. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 326-340.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro. 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

FERREIRA, D. F. **Sistemas de análise estatística para dados balanceados.** Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 2000. 145 p.

FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Perdas de N derivado das fezes bovinas depositadas na superfície do solo. In: REUNIÃO ANUAL DE SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995a. p. 125-126.

FERREIRA, E.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Destino do ^{15}N-urina bovina aplicado na superfície de um solo podzólico descoberto, ou sob cultura de *Brachiaria brizantha*. In: REUNIÃO ANUAL DE SOC. BRAS. ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995b. p. 109-110.

FISHER, M. J.; KERRIDGE, P. C. The agronomy and physiology of *Brachiaria* species. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do (Ed.). ***Brachiaria*:** biology, agronomy, and improvement**.** Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, Tropical Forages Program and Communications Unit; Campo Grande, Brazil, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1996. p. 53-71. (CIAT Publication, 259).

FISHER, M. J.; RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American Savannas. **Nature**, London, n. 371, p. 236-238, 1994.

FISHER, M. J.; THOMAS, R. J.; RAO, L. M. Management of tropical pasures in acid-soil savannas of South America for carbon sequestration in the soil. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLETT, R. F.; STEWART, B. A. (Ed.) **Management of carbon sequestration in soil.** Boca Raton, FL: CRC Press, p. 405-420. 1997.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, A. F. C.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. Revegetation of cidic residues from bauxite mining nodulated and mycorrhizal legume trees. In: PROCEEDINGS OF NITROGEN FIXING TREES FOR ACID-SOIL, 1994, Turrialba. p. 313-320.

FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N_2-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biochemistry**, Elmsford, v. 29, p. 897-983, 1997.

GALIANA, A.; BALLE, P.; KANGA, A. N.; DOMENACH, A. M. Nitrogen fixation estimated by the ^{15}N natural abundance method in *Acaccia mangium* Willd. Inoculated with *Bradyrhizobium* sp. and grown in silvicultural conditions. **Soil Biology and Biochemistry,** Elmsford, v. 34, p. 251-262. 2002.

GARCIA, R.; ANDRADE, C. M. S. Sistemas silvipastoris na Região Sudeste. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agroflorestais pecuários**: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 189-204.

GARCIA, N. C. P.; REIS, G. G.; SALGADO, L. T.; FREITAS, R. T. F. Consórcio do *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em área de encosta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais**... Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. p. 113-120. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 27).

GEHRING, C.; VLEK, P.L.G. Limitations of the 15N natural abundance method for estimating biological nitrogen fixation in Amazonian forest legumes. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 5, n. 6, p. 567-580, 2004.

HASSAN, W. E.; PHIPPIS, R. H.; OWEN, E. Development of smallhorder dairy units in Malaysia. **Tropical Animal Health and Production**, Mérida, v. 21, n. 3, p. 175-182, 1989.

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.

HERNANDÉZ, M. El uso de los árboles como mejoradores de los suelos y de la productividad de las gramineas forrajeras. **Pastos y Forrajes**, Matanzas, v. 12, n. 4, p. 283-292, 1998.

HERNANDÉZ, R. R.; PONCE, C. P. Efecto del silvopastoreo como sistema sostenible de exploración bovina sobre la composición de la leche. **Livestock Research for Rural Development,** v. 16, n. 6, 2004. http//www.cipav.org.co.

HOUGHTON, D. Trees and erosion control. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 110, n. 1, p. 9-12, 1984.

HUMPHREYS, L. R. **Environmental adaptation of tropical pasture plants**. Mcmillan Publishers, London. 1981. 216 p.

JACKSON, J.F. Seasonnality of flowering and leaf-fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, Washington, v. 10, n. 1, p. 38-42, 1978.

JANTALIA, C. P.; TÁRRE, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Acumulação de carbono no solo em pastagens de *Brachiaria*. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F.

A. O. (Ed.) **Manejo de sistemas agrícolas:** impacto e seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 157-170.

JEWEL, P. L.; KÄUFERLE, D.; GÜSEWELL, S.; BERRY, N. R.; KREUZER, M.; EDWARDS, P. J. Redistribution of phosphorus by cattle on a traditional mountain pasture in the Alps. **Agriculture, Ecosystem and Environment,** v. 122, p. 377-386, 2007

JOFFRE, R.; VACHER, J.; LLANOS, C. de los; LONG, G. The dehesa: an agrosilvopastoral system of the Mediterranean region with special reference to the Sierra Morena area of Spain. **Livestock Research for Rural Development**, v. 6, p.71-96, 1988.

KALBURTJI, K. L., MAMOLOS, A. P., KOSTOPOULOU, S. K. Litter dynamics of *Dactylis glomerata* and *Vicia villosa* with respect to climatic and soil characteristics. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 53, n. 3, p. 225-232, 1998.

KELLMAN, M. Soil enrichment by neotropical savanna trees. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 67, p. 565-577, 1979.

LASCANO, C. E.; EUCLIDES, V. P. B. Nutritional quality and animal production of *Brachiaria* pastures. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do (Ed.) ***Brachiaria*:** the biology, agronomy and improvement. Cali, Colombia: CIAT, 1996. p. 106-123. (Publication 259)

LEME, T. M. S. P. **Comportamento de vacas mestiças (Holandês – Zebu) em sistema silvipastoril**. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2002. 80 p.

LIBREROS, H. F.; BENAVIDES, J. E.; KASS, D.; PEZO, D. Productividad de uma plantación asociada de poró (*Erythrina poeppigiana*) y king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*). I efecto de La sdición de follaje al suelo sobre La produccion y calidad de La biomassa. In: LIBREROS, H. F. (Ed.) **Árboles y arbustos forrajeros em America Central.** Turrialba: CATIE- Programa de Agricultura Sostenible, 1994. v. 2, p. 453-473.

LOMBARDI NETO, F. Degradação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1, 1993. Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 49-60.

LONG, S. P., GARCIA MOYA, E.; IMBAMBA, S. K.; KAMNALRUT, A.; PIEDADE, M. T. F., SCURLOCK, J. M. O.; SHEN Y. K.; HALL D. O. Primary productivity of natural grass ecosystems. **Plant and Soil**, Dordrecht, Dordrecht, v. 115, p. 155-166, 1989.

LOPEZ, A.; SCHLÖNVOIGT, A.; IBRAHIM, M.; KLEINN, C.; HANNINEN, M. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. **Turrialba**, San José, v. 6, n. 23, p. 51-53, 1999.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Plantarum, v. 2, 1998. 368 p.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: ANDRADE, R. P. de; BARCELLOS, A. de O.; ROCHA, C. M. C. (Ed.) SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: pesquisas para

o desenvolvimento sustentável, 1995, Brasília, DF. **Anais...** Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 32. 1995, Brasília, DF. p. 28-62.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 2. 1993, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal: FUNE, UNESP, SP 1993. p. 216-245.

MAHECHA, L.; ROSALES, M.; MOLINA, C. H.; MOLINA, E. J. Um sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala – Cynodon plectostachyus – Prosopis juliflora* em el Valle del Cauca, Colômbia. In: SANCHEZ, M. D.; ROSALE, M. M. (Ed.) **Agroforesteria para la producción animal em América Latina.** Roma: FAO, 1999. p. 407-419. (Estúdio FAO Producción y Sanidad Animal, 143).

MEIRELLES, M. L. Produção primária de pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Revista Ceres,** Viçosa, v. 37, n. 209, p. 16-24, 1990.

MÉNDEZ, M. R. Mezclas de forrajes: uso de la diversidad forrajera tropical em sistemas agroforestales. In: SANCHEZ, M. D.; ROSALE, M. M. (Ed.) **Agroforesteria para la producción animal em América Latina.** Roma: FAO, 1999. p. 201-216. (Estúdio FAO Producción y Sanidad Animal, 143).

MIRANDA, C. H. B.; BODDEY, R. M. Esmation of biological nitrógeno fixation associated with 11 ecotypes of *Panicum maximum* grown in nitrogen-15 N labeled soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 558-563, 1987.

MIRANDA, C. H. B.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Selection of ecotypes of *Panicum maximum* for associated biological nitrogen fixation using the N isotope dilution techinique. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 22, p. 657-663, 1990.

MIRANDA, T.; MACHADO, R.; MACHADO, H.; DUQUESNE, P. Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de caso. **Pastos y Forrajes,** Matanzas, v. 30, n. 4, 483-491, 2007.

MOLINA, C. H.; MOLINA C. H. C.; MOLINA, E. J.; MOLINA, J. P.; NAVAS, A. P. Advances in the implementation of high tree-density silvopastoral systems. In: CONGRESS ON AGROFORESTRY AND LIVESTOCK PRODUCION IN LATIN AMERICA, 2., 2002, San José. **Anais...** San José: CATIE/IUFRO, 2001. p. 299-302.

MOLINA, C. H.; MOLINA C. H. C.; MOLINA, E. J.; MOLINA, J. P. Carne, leche y mejor ambiente em El sistema silvopastoril intensivo com *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit MINOSACEAE. In: MURGUEITIO, E.; CUARTAS, C.; NARANJO, J. (Ed.) **Ganadería del futuro:** investigación para el desarrollo. Cali, Colômbia: Fundación CIPAV, 2008. p. 41-65.

MÚNERA, E.; BOCK, B. C.; VERGARA, D. M. B.; BOTERO, J. A. B. Composición y estructura de La avifauna em diferentes habitats em El Departamento de Córdoba, Colômbia. In: MURGUEITIO, E.; CUARTAS, C.; NARANJO, J. (Ed.) **Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo.** Cali, Colômbia: Fundación CIPAV, 2008. p. 41-65.

MURGUEITIO, E.; IBRAHIM, M.; ZAPATA, A.; MEJÍA, C. E.; ZULUAGA, A. F.; CALLE,Z.; FAJARDO,D.; CUARTAS, C.; NARANJO, J. F.; RIVERA, L. Pago por

servicios ambientales a productores ganaderos em el proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas em Colômbia. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; MÜLLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul:** desafios e potencialidades. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 69-103.

MYERS, P. K. R.; ROBBINS, G. B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands,** Brisbane, v. 25, n. 2, p. 104-110, 1991.

NAIR, P. K. R. Biogeochemical processes in tropical agroflorestry systems: nutrient cycling. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO CONTEXTO DA QUALIDADE AMBIENTAL E COMPETITIVIDADE, 2., 1998, Belém. **Palestras** ... Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. p. 81-89 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 25).

NASCIMENTO, JÚNIOR D.; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11., 1994, Piracicaba. **Anais…** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p. 107-151.

OLIVEIRA, R. R.; LACERDA, L. D. Produção e composição química de serapilheira na Floresta da Tijuca (RJ). **Revista Brasileira de Botânica,** São Paulo, v. 16, n. 1, p. 93-99, 1993.

OLIVEIRA, M. E.; LEITE, L. L.; CASTRO, L. H. R. Influência de árvores de baru (*Dipterix alata*) e pequi (*Caryocar brasiliense*) no solo sob pastagem de braquiária. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM SOIL FUCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS, 2000, Brasília. **Memórias ...** Brasília: Embrapa Cerrados. CD-ROM.

OLIVEIRA, O. C. de; OLIVEIRA, I. P. de; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, C. H. B.; VILELA, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 23, n. 1, p. 14-18, 2001.

OVALLE, C.; AVENDAÑO, J. Utilización silvopastoral del espinal. II. Influencia del espino (*Acacia caven* (Mol.) Hook et Arn.) sobre algunos elementos del medio. **Agricultura Técnica**, Santiago, v. 44, n. 4, p. 353-362, 1984.

PACIULLO, D. S. C.; CARNEIRO, J. C.; COSTA, F. J. A.; TAVELA, R. C.; VERNEQUE, R. S.; GOMIDE, C. A. M. Massa de forragem, taxa de lotação e ganho de peso de novilhas mestiças em pastagem pura de *Brachiaria decumbens* e sistema silvipastoril. In: REUNIÓN DE LA ASOCIACION LATINO AMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 20, 2007, Cuzco. **Anais...** Cuzco, 2007a. CD-ROM.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007b.

PACIULLO, D. S. C.; SILVA, V. P.; CARVALHO, M. M.; CASTRO, C. R. Arranjos e modelos de sistemas silvipastoris. In: FERNANDES, E. N.; PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; MÜLLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul:** desafios e potencialidades. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007c. p. 13-50.

PATE, J. S.; STEWART, G. R.; UNKOVICH, M. ^{15}N natural abundance of plant and soil components of a Banksia woodland ecosystem in relation to nitrate, life form, mycorrhizal status and N- fixing abilities of component species. **Plant, Cell and Enviroment**, Oxford, v. 16, p. 365-373, 1993.

PEREIRA, A. V.; BOTREL, M. A. Melhoramento de forrageiras. In: MARTINEZ, M. L., CÓSER, A. C., PEREIRA, A. V., ARCURI, P. B. (Ed.) **Embrapa Gado de Leite:** 25 anos desenvolvendo a pecuária de leite nacional. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 47-53.

PEREIRA, J. M.; BODDEY, R. M.; REZENDE, C. P. Pastagens no ecossistema Mata Atlântica: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: ANDRADE, R. P. de; BARCELLOS, A. de O.; ROCHA, C. M. C. (Ed.) SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: pesquisas para o desenvolvimento sustentável, 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 94-146.

PEREIRA, J. M.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; REZENDE, C. P.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Productivity of *Brachiaria humidicola* pastures in the Atlantic Forest region of Brazil as affected by stocking rate and the presence of a forage legume. **Nutrient Cycling in Agroecosystems,** Amsterdam, v.83, p. 179-196. 2008.

PETERSON, P. R., GERRISH, J. R. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: livestock management considerations. In: JOOST, R. E.; ROBERTS, C. A. (Ed.) **Proceeding of the Smposium on Nutrient Cycling in Forage Systems.** Columbia, Missouri, USA. 1996. Potash and Phosphate Institute. The Foundation for Agronomic Research. 1996. p. 203-212.

PIRES, M. F. A.; CARVALHO, M. M. Sombra natural em pastagem. **Revista Glória Rural,** Rio de Janeiro, v. 3, n. 33, p. 23-26, 2000.

PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; VILELA, D. Ambiente e comportamento animal na produção de leite. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 211, p. 11-21, 2001.

POGGIANI, F.; ZEN S.; MENDES, F. S.; SPINA-FRANÇA, F. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. **IPEF**, Piracicaba, v. 27, p. 17-30. 1984.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas.** Lavras: UFLA, 2000. 326p.

RAO, I. M.; ZEIGLER, R. S.; VERA, R.; SARKARUNG, S. Selection and breeding for acid-soil tolerance in crops: upland rice and tropical forages as case studies. **BioScience**, Washington, v. 43, p. 454-465, 1993.

RESENDE, S. B.; RESENDE, M. Solos dos Mares de Morros: ocupação e uso. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa, MG: SBCS/UFV/DPS, 1996. p. 261-288.

REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Bonn, v. 54, n. 2, p. 99-112, 1999.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J. Sistemas silvipastoris desenvolvidos na Região Sul do Brasil: a experiência da Embrapa Florestas. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agroflorestais pecuários**: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 189-204.

ROBBINS, G. B.; BUSHELL, J. J.; McKEON, G. M. Nitrogen immobilization in decomposing litter contributes to productivity decline in ageing pastures of green panic (*Panicum maximum* var. trichoglume). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 113, p. 401-406, 1989.

RYAN, P. A. The use of tree legumes for fuelwood production. In: GUTTERIDGE, R. C.; SHELTON, H. M. (Ed.) **Forage tree legumes in tropical agriculture**. Toowoomba: Tropical Grassland Society of Australia, 1998. p. 257-266.

RUIZ, T. E.; FEBLES, G. **Sistemas silvopastoriles:** conceptos y tecnologias desarolladas en el Instituto de Ciência Animal de Cuba. La Habana: EDICA, 1999. 34 p.

RUSSELE, M. P. Nutrient cycling in pasture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO. 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: 1997. p. 235-266.

SAMARAKOON, S. P.; WILSON, J. R.; SHELTON, H. M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 114, p. 161-169, 1990.

SÁNCHEZ, M. D. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal em América Latina tropical. In: SÁNCHEZ, M. D.; ROSALES, M. M. (Ed.) **Agroforestería para la producción animal em América Latina**. Roma: FAO, 1999. p. 1-13. (Estúdio FAO. Producción y Sanidad Animal, 143).

SÁNCHEZ, P.; ASTILLA, C.; ALEGRE, J. **Grazing pressure effects on the pasture degradation process.** Cali: CIAT, 1989. p. 182-187. (Documento CIAT, 42511).

SÁNCHEZ, S.; CRESPO, G.; HERNÁNDEZ, M. Acumulación de hojarasca em um pastizal de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. **Pastos y Forrajes,** Matanzas, v. 30, n. 3, p. 357-371, 2007.

SANTOS, R. S. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Avaliação da produtividade primária aérea líquida de três espécies de *Brachiaria* sob diferentes taxas de

lotação animal. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.) **Manejo de sistemas agrícolas:** impacto e sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 133-156.

SCHREINER, H. G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Boletim de Pesquisa Florestal,** Curitiba, n. 15, p. 61-72, 1987.

SCHOLEFIELD, D.; LOCKYER, D. R.; WHITEHEAD, D. C.; TYSON, K. C. A model to predict transformations and losses of nitrogen in UK pastures grazed by beef cattle. **Plant and Soil,** Dordrecht, v. 112, p. 165-177, 1991.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos:** métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

SINGH, J. S.; LAVENROTH, W. K.; STEINHURST, R. K. Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data. **Botanical Review**, New York, v. 41, p. 181-232, 1975.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo:** fundamentos e perspectivas. Brasília: MEC Ministério da Educação, ABEAS; Lavras, ESAL, FAEPE, 1988. 236 p.

SOUTO, S. M. **Contribuição e persistência de leguminosas em pastagens tropicais**. Seropédica: Embrapa-CNPBS, 1992. 20 p. (Embrapa CNPBS. Documentos, 8).

TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. P; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 234, p. 15-26, 2001.

THOMAS, R. J. The role of legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass and Forage Sciences,** Oxford, v. 47, p. 133-142, 1992.

THOMAS, R. J., ASAKAWA, N. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry,** Elmsford, v. 25, p. 1351-1361, 1993.

TORRES, R. A.; SIMÃO NETO, M.; NOVAES, L. P.; SOUZA, R. M. Efeito da taxa de lotação e da suplementação com silagem no crescimento de bovinos leiteiros em pastagem de capim-gordura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 479-488, 1982.

URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Dinâmica do N no solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE NITROGÊNIO EM PLANTAS, 1., 1990, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ, 1990. p. 181-173. Palestras dos Simpósios.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; CAMPOS, D.V.; BODDEY, R. M. Aplicação de técnicas de ^{13}C em estudos de seqüestro de C em solos agrícolas. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.) **Manejo de sistemas agrícolas:** impacto e seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 13-33.

VALADARES FILHO, S. C.; ROCHA, Jr., V. R.; CAPPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/DZO, 2002. 279 p.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the análisis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell wall constituents. **Journal Analytical Chemistry,** New York**,** v. 50, p. 50-55, 1967.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, R. H. **Analysis of forages and fibrous foods.** A laboratory Manual for Animal Science 613. Cornell University. 1985. 201 p.

VEIGA, J. B.; VEIGA, D. F. Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agroflorestais pecuários**: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 41-76.

VELASCO, J. A.; CAMARGO, J. C.; ANDRADE, H. J.; IBRAHIM, M. Mejoramiento del suelo por *Acacia mangium* en un sistema silvopastoril con *Brachiaria humidicola*. In: SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS AGROPECUARIOS SOSTENIBLES, 6., 1999, Cali. **Memórias ...** Cali: CIPAV. 1999. CD-ROM.

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

WILD, D. W. M.; WILSON, J. R.; STÜR, W. W.; SHELTON, H. M. Shading increases yield of nitrogen-limited tropical grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993. Rockhampton. **Proceedings…** Rockhampton, 1993. p. 2060-2062. v. 3.

WILDIN, J. H. **Trees for forage systems in Australia.** Rockhampton: Queensland Department of Primary Industries, 1990. 43 p.

WILKINSON, S. R.; LOWREY, R. W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. (Ed.) **Chemistry and Biochemistry of Herbage.** Lonon: Academic Press, 1973. p. 247-315. v. 2.

WILSON, J. R.; CATCHPOOLE, V. R.; WEIER, K. L. Stimulation of growth and nitrogen uptake by shading a rundown green panic pasture on Brigalow clay soil. **Tropical Grasslands,** Brisbane, v. 20, n. 3, p. 134-143, 1986.

WILSON, J. R; HILL, K.; CAMERON, D. M.; SHELTON, H. M. The grown of *Paspalum notatum* under shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 24, n. 1, p. 24-28, 1990.

WONG, C. C.; WILSON, J. R. The effect of shade on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 31, p. 269-285, 1980.

XAVIER, D. F.; ALVIM, J. M.; BOTREL, M. A.; DERESZ, F.; CARVALHO, M. M; LÊDO, F. J.; PEREIRA, A. V. Produção de material formador da serapilheira e aporte de

nutrientes de duas combinações de espécies arbóreas em sistema silvipastoril. In: REUNIÃO ANUAL DE SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: SBZ, 2004. CD-ROM.

XAVIER, D. F.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; BOTREL, M. A.; DERESZ, F.; CAMPOS, A. T. Deposição de fezes bovinas em pastagem de capim-elefante em sistema rotativo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife, PE, 2002**. Anais...** Recife, PE: SBZ, 2002. CD-ROM.

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A. Melhoramento da fertilidade do solo em pastagem de *Brachiaria decumbens* associada com leguminosas arbóreas. **Pasturas Tropicales**, Cali,v. 25, n. 1, p. 21-26, 2003.

YAKOYAMA, K., KAI, H., KOGA, T., AIBE, T. Nitrogen mineralization and microbial populatins in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracoprid dung beetles. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 23, p. 649-653, 1991.

9. ANEXOS

ANEXO A - CAPÍTULO I:

Tabela 1: Dados meteorológicos coletados na Embrapa Gado de Leite – Coronel Pacheco, MG

Meses	Umidade Relativa (%)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Precipitação (mm)	Insolação (h)
Ano 2005					
Junho	83	25,1	13,3	33,7	180,2
Julho	83	24,3	12,0	24,4	180,1
Agosto	80	26,9	12,8	22,7	234,5
Setembro	79	25,9	16,2	50,8	111,3
Outubro	74	30,4	17,3	66,6	200,9
Novembro	80	27,0	18,4	161,9	90,1
Dezembro	78	28,3	18,2	347,3	136,7
Ano 2006					
Janeiro	75	31,1	19,5	108,6	231,6
Fevereiro	79	31,7	19,7	295,4	197,7
Março	81	30,2	19,8	159,1	197,7
Abril	83	28,2	17,3	50,1	188,8
Maio	82	25,6	13,1	37,4	207,2
Junho	82	24,6	11,4	7,1	187,7
Julho	80	26,3	9,4	7,6	222,1

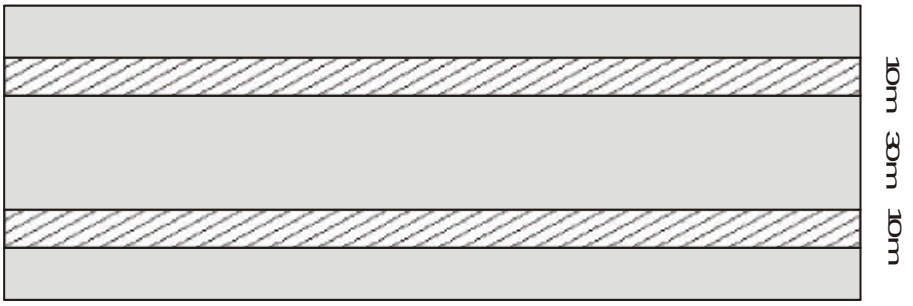

Figura 1. Disposição das faixas de árvores (10 m) intercaladas com as faixas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (30 m) em um hectare.

Análise Estatística

Tabela 2: Análise da variância da biomassa de forragem total (BT): biomassa de forragem (BF), material morto (MM) e da relação BF/BT expressa em matéria seca da pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		BF	MM	BT	BF/BT
Blocos	3	5211,45	7582,85	4402,36	0,00476
Sistema	1	5221,64*	2253,19^{ns}	112181,38^{ns}	0,00803^{ns}
Erro 1	3	301,89	12935,98	1122,34	0,01416
Mês	11	1571,71**	15988,85^{ns}	9460,19^{ns}	0,17710**
Erro 2	33	2471,80	9571,82	7385,05	0,00825
Sistema x Mês	11	849,91^{ns}	7517,32^{ns}	1028,63^{ns}	0,00734^{ns}
Erro 3	33	1050,67	7526,68	2156,40	0,00723
CV_1 (%)	-	10,06	124,06	13,10	17,57
CV_2 (%)	-	28,79	106,72	33,61	13,41
CV_3 (%)	-	18,77	94,63	18,16	12,55

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 3: Análise da variância da concentração (N%) e do conteúdo de N (N-total) na biomassa de forragem em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		N%	N-total
Blocos	3	0,000929	0,49728
Sistema	1	0,185504 ^{ns}	0,07640 ^{ns}
Erro 1	3	0,032463	0,22977
Mês	11	0,170222**	2,85989**
Erro 2	33	0,033396	0,19456
Sistema x Mês	11	0,035831**	0,14901 ^{ns}
Erro 3	33	0,009214	0,12650
CV_1 (%)	-	15,31	23,85
CV_2 (%)	-	15.53	21,95
CV_3 (%)	-	8,16	17,70

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 4: Análise da variância da concentração dos teores de fibra detergente neutra (FDN), de fibra detergente ácida (FDA) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da biomassa de forragem de pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura.

Fonte de Variação		**Quadrados Médios**		
	GL	**FDN**	**FDA**	**DIVMS**
Blocos	3	7,7042	1,5866	5,4335
Sistema	1	0,4442^{ns}	0,4094^{ns}	2,0538 ^{ns}
Erro 1	3	3,9538	1,6417	3,0704
Mês	5	93,3934**	38,0435**	22,4041*
Erro 2	15	13,5006	6,7161	6,5000
Sistema x Mês	5	3,3282^{ns}	6,0227**	18,2807*
Erro 3	15	4,3691	0,6909	4,0756
CV_1 (%)	-	2,86	3,51	3,37
CV_2 (%)	-	5,29	7,09	4,91
CV_3 (%)	-	3,01	2,27	3,89

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 5: Análise da variância do Ganho de peso dos animais em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura.

Fonte de Variação		**Quadrados Médios**
	GL	**Ganho de Peso**
Sistema	1	644,0333**
Erro 1	4	24,6166
Época	2	4213,3333**
Erro 2	8	170,2500
Sistema x Época	2	177,7333^{ns}
Erro 3	12	265,7277
CV_1 (%)	-	7,81
CV_2 (%)	-	20,53
CV_3 (%)	-	25,64

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 6: Análise da variância relativa ao consumo animal: produção fecal (PF); consumo por kg (CO); consumo por peso vivo (PV) e peso (PA) dos animais em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura.

Fonte de Variação		Quadrados Médios			
	GL	PF	CO	PV	PA
Sistema	1	3,141*	8,381^{ns}	0,182^{ns}	7290,00^{ns}
Erro 1	4	0,405	2,490	0,099	1110,25
Mês	3	3,095**	16,133**	0,282*	28866,53**
Erro 2	12	0,117	0,704	0,078	417,49
Sistema x Mês	3	0,227^{ns}	1,287^{ns}	0,069^{ns}	67,86^{ns}
Erro 3	16	0,310	1,219	0,074	4546,36
CV_1 (%)	-	20,94	26,02	17,33	9,90
CV_2 (%)	-	11,25	13,84	15,33	6,07
CV_3 (%)	-	18,32	18,21	14,99	20,04

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 7A: Pesagem dos animais em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura, expresso em quilogramas de peso vivo/animal.

Identificação dos Animais	Meses/Ano			
	Julho/05	Agosto/05	Setembro/05	Outubro/05
		Sistema Silvipastoril (SSP)		
4428	235	230	255	265
4439	245	235	260	272
4442	246	255	258	272
4457	185	180	185	199
4496	128	135	150	167
		Braquiária em Monocultura (BM)		
4417	255	269	285	298
4422	238	230	235	243
4431	221	220	240	250
4488	150	150	145	164
4495	130	136	149	169

Tabela 7B: Pesagem dos animais em pastagens de B. decumbens cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura, expresso em quilogramas de peso vivo/animal.

Identificação dos Animais	Meses/Ano			
	Novembro/05	Dezembro/05	Janeiro/06	Fevereiro/06
		Sistema Silvipastoril (SSP)		
4428	312	315	325	355
4439	303	310	326	336
4442	305	310	328	342
4457	240	250	265	281
4496	203	215	231	252
		Braquiária em Monocultura (BM)		
4417	335	339	346	358
4422	280	286	295	312
4431	265	263	276	294
4488	190	190	208	216
4495	200	200	220	242

Tabela 7C: Pesagem dos animais em pastagens de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura, expresso em quilogramas de peso vivo/animal.

Identificação dos Animais	Meses/Ano			
	Março/06	Abril/06	Maio/06	Junho/06
		Sistema Silvipastoril (SSP)		
4428	392	375	415	450
4439	351	370	410	396
4442	375	395	427	425
4457	310	320	336	350
4496	285	308	347	355
		Braquiária em Monocultura (BM)		
4417	375	413	420	436
4422	334	337	368	370
4431	320	345	371	380
4488	230	252	282	290
4495	280	306	330	345

ANEXO B - CAPÍTULO II

Análise Estatística

Tabela 1: Análise da variância da liteira depositada em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril em faixas e em monocultura, expresso em produção de matéria seca (MS), concentração de N (%) e N-total.

Fonte de Variação		**Quadrados Médios**		
	GL	**MS**	**N%**	**N-total**
Bloco	3	901,455	0,016	0,064
Sistema	1	10958,578*	3,552**	5,168**
Erro 1	3	556,660	0,020	0,079
Mês	11	759,462**	0,016**	0,046**
Erro 2	33	145,497	0,003	0,015
Sistema x Mês	11	260,102*	0,009^{ns}	0,023^{ns}
Erro 3	33	103,915	0,004	0,013
CV_1 (%)	-	32,32	16,80	43,78
CV_2 (%)	-	16,52	6,48	19,45
CV_3 (%)	-	13,96	8,09	18,01

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 2: Análise da variância da liteira existente em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril em faixas e em monocultura, expresso em produção de matéria seca (MS), concentração de N (%) e N-total.

Fonte de Variação		**Quadrados Médios**		
	GL	**MS**	**N%**	**N-total**
Bloco	3	42420,837	0,017	4,347
Sistema	1	287375,108^{ns}	3,175**	164,999*
Erro 1	3	39707,96	0,025	6,062
Mês	11	32966,678**	0,008*	3,087**
Erro 2	33	4220,103	0,003	0,353
Sistema x Mês	11	2685,248^{ns}	0,006^{ns}	0,502^{ns}
Erro 3	33	2214,768	0,004	0,393
CV_1 (%)	-	44,36	18,41	61,59
CV_2 (%)	-	14,46	6,07	14,87
CV_3 (%)	-	10,48	7,61	15,70

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 3: Análise da variância da percentagem de ^{13}C de árvores (leguminosas + eucalipto) na liteira depositada em 14 dias e na liteira existente em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Liteira Depositada	Liteira Existente
Blocos	3	583,091	65,739
Mês	11	305,071*	49,035**
Erro	33	119,820	10,769
CV (%)	-	16,24	6,98

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 4: Análise da variância de decomposição da liteira expressa em meia-vida da matéria seca ($t^{1/2}$-MS) e do conteúdo de N ($t^{1/2}$-N) e em constante da matéria seca (k-MS) e do conteúdo de N (k-N) em pastagem de *B. decumbens* cv. Basilisk em sistema silvipastoril e em monocultura.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		$t^{1/2}$-MS	$t^{1/2}$-N	k-MS	k-N
Bloco	3	395,685^{ns}	0,00001^{ns}	1204,344^{ns}	0,00002^{ns}
Sistema	1	892,844^{ns}	0,00005^{ns}	240,142^{ns}	0,00005^{ns}
Erro 1	3	209,152	0,00004	2285,819	0,00004
Mês	10	1081,216^{ns}	0,00026^{ns}	4149,512^{ns}	0,0005**
Erro 2	30	705,396	0,00015	1554,352	0,0001
Sistema x Mês	10	373,109^{ns}	0,00003^{ns}	1787,684^{ns}	0,00008^{ns}
Erro 3	30	404,580	0,00003	1756,205	0,00009
CV_1 (%)	-	38,30	28,36	108,05	29,77
CV_2 (%)	-	70,34	54,35	89,10	43,89
CV_3 (%)	-	53,27	26,35	94,71	42,04

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 5: Análise da variância da análise de solo.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		pH	Al	Ca + Mg
Sistema	1	0,0128^{ns}	0,2340**	0,1289^{ns}
Profundidade	11	0,0401^{ns}	0,2489**	0,1545^{ns}
Sistema x prof.	3	0,0315^{ns}	0,0036^{ns}	0,0046^{ns}
Erro	33	0,0580	0,0246	0,1652
CV (%)	-	5,11	25,04	87,69

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

Tabela 6: Análise da variância da análise de solo.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		P	K	N
Sistema	1	0,0858^{ns}	329,1428*	0,0006^{ns}
Profundidade	11	11,1006**	2760,1428**	0,0078**
Sistema x prof.	3	0,1471^{ns}	112,0000^{ns}	0,0004^{ns}
Erro	33	0,3013	47,4642	0,0003
CV (%)	-	35,80	29,50	15,81

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.

ANEXO C - CAPÍTULO III

Análise Estatística

Tabela 1: Análise da variância do material formador de liteira expresso em produção de matéria seca (MS), concentração de N (%) e N-total.

Fonte de Variação		Quadrados Médios		
	GL	**MS**	**N%**	**N-total**
Árvore	1	90,812^{ns}	0,834*	0,097^{ns}
Erro 1	11	828,942	0,090	0,146
Mês	3	17842,900**	0,060^{ns}	3,658**
Erro 2	33	387,934	0,072	0,082
Árvore x Mês	3	660,501^{ns}	0,021^{ns}	0,058^{ns}
Erro 3	44	594,960	0,075	0,160
CV_1 (%)	-	54,42	19,98	48,66
CV_2 (%)	-	37,23	17,84	36,49
CV_3 (%)	-	46,10	18,24	50,82

^{ns} Não-significativo e ** e * significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente pelo Teste F.