

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA

**Reciclagem de nutrientes e padrão de distribuição de excretas de bovinos em
pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. consorciadas com leguminosas na Zona
da Mata de Pernambuco**

CAROLINA CÂMARA LIRA

Zootecnista

Recife-PE

Julho, 2013

CAROLINA CÂMARA LIRA

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Forragicultura

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. José Carlos Batista Dubeux Jr. – Orientador principal

Prof^a. Dra. Mércia Virginia Ferreira dos Santos – Coorientadora

Dr. Erinaldo Viana de Freitas – Coorientador

Ficha catalográfica

L768r Lira, Carolina Câmara
Reciclagem de nutrientes e padrão de distribuição de excretas de bovinos em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. consorciadas com leguminosas na zona da mata de Pernambuco / Carolina Câmara Lira. – Recife, 2013.
103 f. : il.

Orientador: José Carlos Batista Dubeux Júnior..
Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 2013.
Inclui referências e apêndice(s).

1. *Mimosa caesalpinifolia* 2. *Gliricidia sepium*
3. Decomposição 4. Fezes 5. Pastejo 6. Gramínea I. Dubeux Júnior, José Carlos Batista, orientador II. Título

CDD 636.082

CAROLINA CÂMARA LIRA

Reciclagem de nutrientes e padrão de distribuição de excretas de bovinos em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. consorciadas com leguminosas na Zona da Mata de Pernambuco

Tese defendida e aprovada pela comissão examinadora em 30 de Julho de 2013

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Rinaldo Luis Caraciolo Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Engenharia Florestal

PhD. Guilherme Ferreira da Costa Lima
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Empresa de Pesquisa Agropecuária do
Rio Grande do Norte

Prof. PhD. Mário de Andrade Lira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia/UFRPE

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. PhD. José Carlos Batista Dubeux Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia
Presidente

Recife-PE
Julho 2013

Aos meus pais,

Paulo Lira e Cristina Câmara,

Pelo exemplo de vida, por toda
dedicação, esforço, incentivos, amor e
carinho.

Aos meus irmãos,

Silvio Rocha e Maria Helena,

Pelo amor, companheirismo, carinho e
muita paciência.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em particular ao Programa de Doutorado Integrador em Zootecnia, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Instituto Agrônômico de Pernambuco, pela disponibilização de meios para realização do experimento de tese.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco-FACEPE, pela concessão da bolsa de doutorado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo financiamento do projeto.

Ao professor, José Carlos Batista Dubeux Jr, pela oportunidade de trabalhar sob sua orientação, que, certamente, me impulsionou para enfrentar fortes desafios. Agradeço, também, pelos ensinamentos e por oportunidades disponibilizadas que, infelizmente, não pude aproveitar.

À professora, Mércia Virginia Ferreira dos Santos, minha Coorientadora, pelos ensinamentos e incentivo que me conduziram a Pós-Graduação.

Ao Pesquisador e Coorientador, Erinaldo Viana de Freitas, pelos valiosos conselhos e incentivo.

Aos professores, Mário de Andrade Lira, Alexandre Carneiro Leão de Mello e Mario de Andrade Lira Jr., pelas sugestões e conselhos que foram valiosos para o desenvolvimento do curso.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, por todos os ensinamentos e colaboração no decorrer do Curso. Também aos professores de outros Departamentos que colaboraram em minha formação.

À equipe da estação experimental de Itambé (IPA), na pessoa de Dr. Aluís Low Simões e Fátima, pela atenção e esforço em disponibilizar todos os meus pleitos. Agradeço, em especial, a Arlindo, Zui, Nego, Deca e Davi e aos familiares, por toda a contribuição na realização desse trabalho, já que sem eles tudo seria mais difícil.

Aos companheiros de experimento, Felipe Cabral, Socorro Caldas e Caroline Dykstra, pela amizade, convivência e apoio nas horas mais estressantes;

Aos Bolsistas de PIBIC, Erick, Diego e Vanessa, pela amizade, dedicação e ajuda - fundamentais na realização deste trabalho.

Ao professor Gustavo Pereira Duda, Uemeson, Pollianne e Erica, pelo apoio e atenção durante uma das etapas do curso.

Ao técnico, Fabio, pela ajuda e disponibilidade no Laboratório de Análise Química de Plantas do IPA.

A todos os colegas da Pós-Graduação, em especial a turma da Forragicultura, pelo apoio e incentivo. Agradeço a Osniel, Nalúgia, Hiran, Rerisson e, em especial Amanda e, ao casal, Felipe e Adeneide pela amizade criada, ajuda e disponibilidade de sempre, além dos momentos de alegria que passamos.

A Sharleny, Thaysa e Andrezza, verdadeiras amigas, que me incentivaram e que foram meu porto seguro durante todo o Doutorado.

Agradeço a minha família e amigos, pela confiança, compreensão e amor durante essa etapa da minha vida.

E a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram com uma parcela de orientação e ajuda ao longo não só do curso, mas também de minha vida, meus sinceros agradecimentos.

"Uma experimentação criativa requer que o experimentador se torne parte da própria
experiência"

André Voisin

“Para ser um bom observador é preciso ser um bom teórico”

Charles Darwin

SUMÁRIO

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
CAPÍTULO 1	
(Referencial Teórico)	
Reciclagem de nutrientes e padrão comportamental de novilhas em pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. consorciadas com leguminosas arbustivas na Zona da Mata de Pernambuco	4
Referências Bibliográficas.....	21
CAPÍTULO 2	
Decomposição de fezes de bovinos manejados em pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf. consorciadas com leguminosas arbustivas na Zona da Mata de Pernambuco	31
Resumo	32
Abstract.....	33
Introdução.....	34
Material e Métodos	35
Resultados e discussão	40
Conclusões.....	49
Referências Bibliográficas.....	50
CAPÍTULO 3	
Distribuição das fezes de novilhas em pastagens consorciadas com gramínea e leguminosas arbustivas na Zona da Mata de Pernambuco.	54
Resumo	55
Abstract.....	56

Introdução.....	58
Material e Métodos.....	60
Resultados.....	67
Discussão.....	75
Conclusões.....	81
Referências Bibliográficas.....	82

Lista de Figuras

Capítulo 2

Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal durante o período experimental, Itambé-PE.	36
Figura 2. Respiração basal da mistura solo + fezes (RBSF) de novilhas em pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> exclusivas com ou sem adubação, além de consorciadas com <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Sabiá), <i>Leucaena leucocephala</i> (Leucena), <i>Bauhinia cheilantha</i> (Mororó), e <i>Gliricidia sepium</i> (Gliricídia).....	43
Figura 3. Porcentagem de biomassa remanescente de fezes de novilhas nas diferentes pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> com adubação, sem adubação ou consorciada com <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Sabiá), <i>Leucaena leucocephala</i> (Leucena), <i>Bauhinia cheilantha</i> (Mororó), e <i>Gliricidia sepium</i> (Gliricídia).....	44
Figura 4. Porcentagem de lignina nas fezes de novilhas nas diferentes pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> com adubação, sem adubação ou consorciada com <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Sabiá), <i>Leucaena leucocephala</i> (Leucena), <i>Bauhinia cheilantha</i> (Mororó), e <i>Gliricidia sepium</i> (Gliricídia).	46
Figura 5. Porcentagem de N, P e K remanescente de fezes de novilhas nas diferentes pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> com adubação, sem adubação ou consorciada com <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Sabiá), <i>Leucaena leucocephala</i> (Leucena), <i>Bauhinia cheilantha</i> (Mororó), e <i>Gliricidia sepium</i> (Gliricídia).....	47

Capítulo 3

Figura 6. Médias de temperatura e precipitação pluvial durante o período experimental; Itambé-PE.	60
--	----

Figura 7. Distribuição de fezes na pastagem de *Brachiaria decumbens* consorciada com *Mimosa caesalpiniiifolia Benth* (Sabiá), nos diferentes períodos de avaliação e a soma das placas de fezes nos períodos. (▲) Porteira, (⊗) Bebedouro, (- - -) Faixas de leguminosa..... 73

Figura 8. Mapa representativo da soma da distribuição de fezes em sete períodos na área experimental de pastagem consorciada *Brachiaria decumbens* e leguminosas arbustiva; B – Blocos (1, 2, 3 e 4), T 1 – *Brachiaria decumbens*, T 2 – *Brachiaria decumbens* (60kg de N), T 3 – *Gliricidia sepium*, T 4– *Mimosa caesalpiniiifolia Benth*, (▲) Porteira, (⊗) Bebedouro, (---→) Corredor de acesso, (- - -) Faixas de leguminosa . 74

Lista de Tabelas

Capítulo 2

Tabela 1. Composição de macronutrientes, lignina (LIG) e das relações C:N e LIG:N das fezes de novilhas, em pastagens de braquiária exclusiva ou consorciadas com leguminosas antes do período de incubação..... 41

Capítulo 3

Tabela 2- Concentração de nutrientes no pastejo simulado de vacas em pastagens consorciadas com leguminosa e exclusiva com gramínea em diferentes ciclos de avaliação 68

Tabela 3. Concentração de nutrientes nas fezes de vacas em pastagens consorciadas com leguminosa e exclusiva com gramínea em diferentes ciclos de avaliação 69

Tabela 4. Concentração de 15N no pastejo simulado e fezes de vacas em pastagens consorciadas com leguminosa e exclusiva com gramínea em diferentes ciclos de avaliação 70

Tabela 5. Média das análises descritivas e variáveis da análise geoestatística para distribuição de fezes nas pastagens consorciadas com leguminosa e exclusiva com gramínea e nos diferentes ciclos de pastejo..... 71

RESUMO

Objetivou-se avaliar a reciclagem de nutrientes e o padrão de distribuição espacial das fezes por meio da composição dos nutrientes da forragem e das fezes de novilhas e da decomposição dessas frações em pastagens de *Brachiaria decumbens* (Braquiária), consorciadas com *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Leucena), *Bauhinia cheilantha* (Bong) Steud (Mororó), e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Gliricídia), na Zona da Mata de Pernambuco. Além do consórcio, foram testados dois tratamentos adicionais: Braquiária em cultivo exclusivo com adição de 60 kg de N/ha/ano e Braquiária sem adubação. O delineamento foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Foram realizados dois ensaios de decomposição de fezes: um ensaio, determinando a evolução de CO₂ no período de 22 dias de incubação da mistura solo com fezes; e outro, determinando a decomposição de fezes em sacos de náilon, em períodos de quatro, oito, 16, 32, 64, 128 e 256 dias de incubação no solo. O modelo matemático exponencial negativo simples mostrou-se adequado ($P \leq 0,0001$) para quantificar a evolução de CO₂ da mistura solo com fezes, indicando 78% de liberação de CO₂ no início da incubação, destacando-se as fezes coletadas em pastagens de Braquiária consorciadas com Gliricídia. A curva da decomposição em saco de náilon da biomassa remanescente foi adequada ao modelo exponencial negativo simples ($P < 0,001$) para os diferentes tratamentos. Foi observada maior taxa de desaparecimento relativo (k) da biomassa das fezes dos animais ($P < 0,001$) do tratamento de Braquiária adubada ($k = 0,0031 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), e uma menor taxa para a do tratamento com Sabiá ($k = 0,0018 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Para a avaliação do padrão de distribuição de fezes e composição da forragem e fezes, foram utilizados apenas os tratamentos Braquiária exclusiva com e sem adubação e os consórcios com Gliricídia e Sabiá. Foram observadas diferenças significativas apenas para o teor de N nas fezes ($P =$

0,008), tendo o teor de N nas fezes dos animais no tratamento com Sabiá apresentado o maior valor (20 g kg^{-1}), maior quando comparado ao observado nas fezes dos animais dos tratamentos com Gliricídia ($17,3 \text{ g kg}^{-1}$) e Braquiária sem adubação ($18,3 \text{ g kg}^{-1}$). Foram observados maiores valores de N nas leguminosas (42 g kg^{-1} e 33 g kg^{-1} para Gliricídia e Sabiá, respectivamente), no entanto, o Sabiá não deferiu da Braquiária adubada. As concentrações de 15N foram de 3,29 ‰ e de 2,7‰, respectivamente para braquiária adubada e braquiária sem adubação, sendo menores ($P < 0,05$) que nas braquiárias consorciadas (4,2‰). De acordo com o índice de dispersão (ID), a distribuição das placas de fezes se deu de forma agregada, com maiores ($P < 0,05$) ID em outubro/2010 (ID=1,54) e agosto/2011 (ID=1,53). A dependência espacial entre as placas foi considerada moderada, com índice de dependência espacial (IDE) entre 25% e 75%, nos períodos de janeiro de 2010 e maio de 2011, respectivamente, com diferença ($P < 0,05$) em relação aos demais períodos, com forte dependência espacial ($\text{IDE} \leq 25\%$). A adubação nitrogenada no pasto de Braquiária favoreceu a decomposição das fezes das novilhas, ao final de 256 dias de incubação. O início da decomposição das fezes foi beneficiado pela presença de leguminosas nas pastagens consorciadas, havendo maior emissão inicial de CO_2 . A introdução de leguminosas promove o aumento no teor de N da gramínea. A presença de leguminosas arbustivas não influenciou diretamente no padrão de distribuição das fezes, sendo similar a pastagens exclusivas de gramíneas.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the decomposition and spatial distribution pattern of feces, and the nutrient composition of forage and feces of heifers grazing *Brachiaria decumbens* (Signal grass) intercropped with *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Leucaena), *Bauhinia cheilantha* (Bong) Steud (Mororó) and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Gliricidia) in the Dry Forest region of Pernambuco. Besides these treatments, we tested two additional treatments: monocultured signal grass with the addition of 60 kg N yr⁻¹ and monocultured signal grass without fertilization. The experimental design was a randomized block with four replications. Two experiments were conducted to look at decomposition of feces, first, to determine the evolution of CO₂ from a mixture of soil and feces within a 22-day incubation, and the other to determine the decomposition of feces in nylon bags in at times 4, 8, 16, 32, 64, 128 and 256 days of incubation in soil. The simple negative exponential mathematical model was adequate ($P \leq 0.0001$) to quantify the evolution of CO₂ from a mixture of soil with feces, indicating that 78% of CO₂ was released at the beginning of incubation, this was especially apparent in the feces collected in the signal grass intercropped with Gliricidia. The curve of the remaining biomass decomposition in the nylon bags was adequate to the simple negative exponential model ($P < 0.001$) for the other treatments. A higher disappearance rate constant (k) of biomass from animals feces ($P < 0.001$) was observed for the fertilized signal grass treatment ($k = 0.0031 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$) and a lower constant for the signal grass intercropped with Sabiá ($k = 0.0018 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$). To evaluate the distribution pattern of feces and composition of forage and feces only the treatments of monocultured signal grass and the legume treatments with Gliricidia and Sabiá were used. The treatments differed only in N content in feces ($P =$

0.008), and the N content in the animal feces in the Sabia treatment (20 g kg^{-1}) was higher compared to that observed in the feces of the animals in the Gliricidia (17.3 g kg^{-1}) and monocultured signal grass (18.3 g kg^{-1}) treatments. Legumes had higher values of N (42 g kg^{-1} and 33 g kg^{-1} for Gliricidia and Sabia respectively), however, the Sabia did not fertilize the signal grass. The ^{15}N natural abundance in the fertilized and unfertilized signal grass was 3.29 ‰ and 2.7 ‰ , respectively, being lower ($P < 0.05$) than the signal grass – legume treatments (4.2 ‰). Distribution of manure occurred in an aggregated manner with a higher ($P < 0.05$) Dispersion Index (ID) in October, 2010 (ID = 1.54) and August, 2011 (ID = 1.53). The spatial dependence between the manure piles was considered moderate with an index of spatial dependence (IDE) between 25% to 75% in the periods of January 2010 and May 2011, where they were significantly different ($P < 0.05$) than the other periods with strong spatial dependence (IDE \leq 25%). Nitrogen fertilization of signal grass favored the decomposition of feces of heifers at the end of 256 days of incubation. The onset of decomposition of feces was benefited by the presence of legumes of signal grass pasture with higher initial emissions of CO_2 . The introduction of legumes promoted an increase in N content in grass. The presence of shrub legumes did not directly influence the distribution pattern of feces, being similar to monocultured grass pastures.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pecuária é uma das principais atividades econômicas do Brasil, tornando-o um dos maiores produtores de proteína animal, com o segundo maior rebanho comercial do mundo, além de se destacar no *ranking* de produção de leite, sendo o 6º maior produtor de leite (FAO, 2010; USDA, 2011). Atualmente, o rebanho bovino do país é estimado em 209 milhões de cabeças, e ocupando uma área de, aproximadamente, 199 milhões de hectares, onde 13,7% encontram-se na região Nordeste e mais da metade (54,7%) encontram-se nos biomas Amazônia e Cerrado (IBGE, 2010).

Dados do Relatório de Projeções do Agronegócio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) indicam elevado potencial de crescimento da pecuária brasileira nos próximos anos. As projeções apontam para uma produção de carne bovina passando dos 7,83 milhões de toneladas, em 2009, para 9,92 milhões na safra, 2019/2020 (MAPA, 2010). No entanto, os principais problemas ambientais decorrentes da atividade pecuária no Brasil estão relacionados com a conservação de ecossistemas naturais, para expansão de novas áreas de pastagens cultivadas e a redução da emissão de gases do efeito estufa.

O uso exclusivo de gramíneas em pastagens, aliado a altas lotações, elevada pressão de pastejo e a ausência de aplicação de insumos são consideradas as principais causas de degradação das pastagens no Brasil. A introdução de leguminosas em consórcio com as gramíneas pode possibilitar um incremento na qualidade do solo e na gramínea consorciada, mediante a fixação de N₂ realizada por bactérias em simbiose com o vegetal, elevando a produção por área e por animal.

Diversos resultados de pesquisa comprovam o potencial dos sistemas silvipastoris, como importante estratégia de desenvolvimento rural sustentável, com grande contribuição na economia e no desenvolvimento do País. Assim, a introdução de leguminosas como componente florestal na propriedade rural, além de garantir condições mais propícias para as pastagens através do retorno de nutriente pela serrapilheira e raízes, possibilita a diversificação de produtos na mesma unidade de área, podendo aumentar a produção, geração de empregos e, conseqüentemente, melhoria de renda e qualidade de vida no meio rural.

No Brasil, há poucos estudos que relacionam a produção arbórea e animal, além do retorno e distribuição de nutrientes provenientes do sistema silvipastoril (De Souza Castilhos et al., 2010). Em pastagens com baixo nível de utilização de insumos e, normalmente, de baixa produtividade, o retorno dos nutrientes é crucial na manutenção da fertilidade do solo. Por outro lado, em pastagens com maior utilização de insumos, sobretudo uso intensivo de fertilizantes, o excesso de nutrientes pode causar problemas ambientais (Dubeux Jr. et al., 2006). Dessa forma, a ciclagem de nutrientes exerce importante papel na manutenção da produtividade do ecossistema da pastagem.

A reciclagem de nutrientes em sistemas silvipastoris pode ser mais eficiente do que em monocultivo de gramíneas, devido à exploração de camadas mais profundas do solo pelas raízes das espécies arbustivo/arbóreas, quando comparadas com os componentes do estrato herbáceo. Além disso, o microclima proporcionado pelas sombras das árvores favorece o conforto e bem estar dos animais durante o pastejo e, quando bem distribuída, a sombra melhora, potencialmente, a distribuição de excretas nas pastagens, comparada a áreas com pouca ou nenhuma sombra.

A participação das excretas de ruminantes nas pastagens, quando bem distribuídas, fornece aporte significativo de nutrientes para o pasto. O conhecimento dos fatores que influenciam a distribuição das excretas na pastagem poderá servir como base no estabelecimento de técnicas de pressão e intensidade de pastejo, além da escolha do posicionamento de cochos e bebedouros, que possam tornar o retorno de nutrientes de forma homogênea.

Para favorecer a homogeneidade da distribuição dos nutrientes advindos das excreções, é importante coordenar os aspectos da arquitetura da pastagem, presença de sombra, o padrão comportamental dos animais e os fatores climáticos, em busca de interações ecológicas positivas. O entendimento e coordenação desses aspectos tem potencial de proporcionar redução nas perdas de nutrientes das excretas e um melhor aproveitamento pelas plantas, aumentando a eficiência da sua reciclagem por toda a pastagem (Braz et al., 2003; Ferreira et al., 2011).

Diante da importância dos herbívoros na reciclagem de nutrientes na pastagem e da disponibilidade destes para as plantas, objetivou-se avaliar a decomposição e o padrão de distribuição espacial das fezes, além da composição dos nutrientes da forragem e das fezes de novilhas em pastagens de *Brachiaria decumbens* (Braquiária) exclusivas ou consorciadas com *Mimosa caesalpinifolia* Benth, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Bauhinia cheilantha* (Bong) Steud, e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., na Zona da Mata de Pernambuco.

CAPÍTULO 1

(Referencial Teórico)

Reciclagem de nutrientes e padrão comportamental de novilhas em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. consorciadas com leguminosas arbustivas na Zona da Mata de Pernambuco

1. Sistema silvipastoril

A degradação das pastagens é uma das principais limitações para a sustentabilidade da atividade pecuária em regiões tropicais, causando grandes prejuízos econômicos e ambientais, sendo este processo agravado pelo uso constante de monoculturas. A utilização de tecnologias, como introdução de árvores no ambiente pastoril, é uma importante alternativa para recuperação destas áreas.

Os sistemas silvipastoris (SSP) são alternativas que auxiliam na reversão de áreas degradadas, contribuindo para elevar a biodiversidade. Os SSPs exploram eficientemente os recursos naturais, controlam o processo erosivo, melhoram a estrutura do solo e equilibram a atividade dos microorganismos, promovendo a formação de pastagens de melhor qualidade, além de proporcionar conforto térmico ao animal, em função do sombreamento das pastagens (Castro et al., 2008). Esses sistemas trata-se de associações de espécies florestais com plantas forrageiras herbáceas ou rasteiras, além de animais herbívoros. A utilização desses sistemas busca a sustentabilidade de pastagens naturais e cultivadas, além de obter múltiplos produtos vegetais e animais como madeira, carne e leite (Carvalho et al., 1995).

O SSP, quando proporciona sombra moderada (até 35 % de sombra), tem potencial de elevar os ganhos de peso por animal e por área, quando comparado com a monocultura, destacando-se ainda a obtenção de maiores valores de proteína bruta (PB) e digestibilidade da gramínea consorciada (Souza et al., 2007; Paciullo et al., 2007; Paciullo et al., 2011a). Quando há restrição de luminosidade para as gramíneas, com sombreamento acima de 65%, evidencia-se a prioridade no crescimento de perfilhos existentes, em detrimento do surgimento de novos perfilhos, proporcionando queda na produtividade da gramínea consorciada (Paciullo et al., 2011 b).

Atualmente, o Brasil possui cerca de 6,7 milhões de hectares de florestas plantadas, principalmente com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que representam cerca de 0,8% do território nacional (ABRAF, 2010). As florestas plantadas são responsáveis por abastecer quase a metade do mercado brasileiro de madeira. No setor de papel e celulose, a madeira utilizada como matéria prima tem origem exclusivamente de florestas plantadas. No entanto, faz-se necessário conciliar o rendimento econômico da silvicultura com a produção animal a pasto.

2. Leguminosa no sistema silvipastoril

A consorciação de gramíneas, com leguminosas arbustivas capazes de formar simbiose com bactérias fixadoras de N no solo e associações com fungos micorrízicos, constitui uma estratégia eficiente para acelerar a recuperação do solo. Essa simbiose induz às leguminosas capacidade de crescer rapidamente em substratos pobres e suportar as condições severas apresentadas em solos degradados (Chaer et al., 2011), além de permitir a fixação de consideráveis quantidades de N no solo, contribuindo para a reciclagem de nutrientes de modo efetivo, aumentando a qualidade do material aportado, quando comparada a espécies que não fixam N (Franco et al., 2003).

Segundo Wang et al. (2010), as florestas fixadoras de N tem 40-50% maior matéria orgânica no solo e 20-50% a mais de N nas camadas superficiais (0-5 cm), comparados a solos de florestas que não fixam N. Cabral (2013), avaliando SSPs formados entre *Brachiaria decumbens* Stapf. e Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) ou Gliricídia (*Gliricidia sepium*), observou maiores valores na fração leve da matéria orgânica do solo (profundidade de 0-40cm) dos SSPs com as duas leguminosas, quando comparados às pastagens exclusivas de braquiária. Além disso, o consórcio promoveu maior deposição de serrapilheira, com maior teor de N.

Silva et al. (2013), avaliando o estoque de serrapilheira de leguminosas em pastagens consorciadas com *B. decumbens*, verificaram que o teor de N na serrapilheira foi maior para a Sabiá e a Gliricídia (12,3 e 11,4 g kg⁻¹, respectivamente), comparando com o teor na serrapilheira do Mororó (*Bauhinia cheilantha* (Bong) Steud) (8,1 g kg⁻¹), não diferindo da Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) (9,7 g kg⁻¹). Considerando apenas os materiais da Sabiá e da Gliricídia, a serrapilheira encontrada foi de 1,56 Mg ha⁻¹ e 0,44 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Além da fixação de N, as leguminosas proporcionam eficiência no sequestro de C. Resh et al. (2002) encontraram 0,11 kg m⁻²ano⁻¹ de C orgânico total no solo de SSP com árvores fixadoras de N, comparado a nenhuma mudança em solos para o SSP com Eucalipto. Neste sentido, a deposição de serrapilheira de leguminosas no SSP, quando associado às excretas de ruminantes no pasto, intensifica o retorno de nutrientes neste ecossistema. Segundo Barcellos et al. (2008), a introdução de leguminosas em pastos consorciados tem potencial de contribuir com a fixação de C no solo e para a redução das emissões de metano.

Os SSPs também têm demonstrado potencial de elevação no desempenho animal de animais ruminantes. Barcellos (2006), estudando o desempenho de novilhas nelore em pastos consorciados de Leucena com *B. brizantha* cv. Marandu, registrou que o ganho médio diário variou de 438 a 539 g animal⁻¹ dia⁻¹, nos pastos exclusivos de gramínea (com adubação nitrogenada de 60 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹), e de 530 a 694 g animal⁻¹ dia⁻¹ nos pastos consorciados. O acréscimo no ganho de peso foi de 25%, enquanto que a produtividade animal foi elevada em 33% (412,5 kg ha⁻¹) em relação à pastagem exclusiva de gramínea (309 kg ha⁻¹).

3. Influência do SSP no conforto térmico e bem-estar de bovinos

Pastagens arborizadas apresentam vantagens potenciais em relação aos sistemas convencionais, quando implantadas e manejadas de forma correta. As árvores, além de serem cada vez mais necessárias para aumentar a produção, qualidade e a sustentabilidade das pastagens, contribuem para o conforto dos animais, pela provisão de sombra, atenuando as temperaturas extremas, diminuindo o impacto de chuvas e vento, e servindo de abrigo, promovendo melhor desempenho produtivo e reprodutivo (Oliveira, 2008; Carvalho, 1998).

A permanência dos animais sob a sombra reduz o desconforto da exposição a temperaturas elevadas e à incidência de radiação solar direta (Glaser, 2008). A redução da radiação solar registrada nos SSPs proporciona uma uniformidade no deslocamento dos animais e na distribuição das excretas. No entanto, a procura de sombra pelos animais pode ser influenciada, além das condições climáticas, pelos fatores sociais como hierarquia e territorialismo e as diferenças entre raças (Karki e Goodman, 2010).

Silva et al. (2008), avaliando a eficiência de sombreamento da *Acácia holosericea*, verificaram diferença nos valores de carga térmica radiante (CTR) (532,8 e 670,9 Wm^{-2}) e índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) (80,3 e 85) sob a copa das árvores e ao pleno sol, respectivamente, demonstrando que o sombreamento das árvores foi capaz de proporcionar redução de 26% na carga radiante, em relação ao tratamento com exposição solar. Segundo Barbosa et al. (2004), temperatura do globo negro igual ou próxima a temperatura corpórea, impede a perda de calor do animal por condução, convecção e radiação.

Em piquetes com ausência de árvores, o sombreamento artificial (móvel ou permanente) pode promover resultados satisfatórios aos animais, de forma definitiva, ou ainda, por período provisório, até que sejam introduzidas árvores que ofereçam boa qualidade de sombra (Bucklin e Bray, 1998). Schutz et al. (2009) comprovaram que, com a utilização do sombreamento artificial, 73,3% dos animais passaram mais tempo sob a proteção contra radiação solar de 99%, no período mais quente do dia. Silva et al. (2009) observaram que a permanência no abrigo (polipropileno com 80% de proteção solar) ocorria principalmente nas atividades de ócio e ruminância, enquanto que os animais que não tinham acesso à sombra, reduziram a atividade de pastejo e aumentaram o tempo de ócio.

A procura dos animais por ambientes sombreados mostra a necessidade da provisão de sombra, especialmente utilizando-se espécies arbóreas com copas globosas e densas (Leme et al., 2005). Além do tipo de copa, a forma como as árvores estão distribuídas na pastagem pode influenciar o sombreamento, afetando os horários e o tempo da procura pela sombra. Para Carvalho et al. (2002), as árvores podem ser distribuídas nas pastagens e no seu entorno de várias formas, sendo os agrupamentos de árvores ou bosques preferíveis às árvores isoladas, visto que os bosques promovem condições térmicas mais adequadas (Navarini et al., 2009). Para Ferreira et al. (2011), a sombra única foi insuficiente para o efetivo bem-estar dos animais, indicado pelas variáveis fisiológicas (temperatura corporal, retal e frequência respiratória) e comportamentais, concluindo que sombra abundante, de árvores, assegura as melhores condições de bem-estar.

Segundo Baccari (2001), nos pastos com presença de árvores, os animais abrigam-se, principalmente nas horas mais quentes do dia (das 10 às 16 horas). Não

havendo árvores, os animais aproveitam o mínimo de sombra disponível, como a promovida por mourões das cercas ou outros objetos, para proteger principalmente a cabeça. Desta forma, a presença de sombra poderá interferir no tempo das atividades comportamentais, como também na distribuição dos animais na área da pastagem.

Karki e Goodman, (2010) observaram que, no SSP, o tempo de pastejo foi maior, enquanto que no pasto sem arborização, os animais permaneciam mais tempo em ócio. As diferenças de comportamento foram atribuídas, principalmente, às variações microclimáticas, entretanto, os autores também consideraram que as diferenças entre os tipos de pastagens, que podem ter promovido diferenças na quantidade e qualidade da forragem disponível, também podem ter influenciado tal resultado.

Os animais, ao se locomoverem nos piquetes, preferem inclinações menores ao invés de caminhos mais curtos; isto pode estar relacionado ao maior desgaste energético decorrente do deslocamento em terrenos com grandes inclinações (Páscoa et al., 2011). Gilbert et al. (2011) reportaram que os animais tenderam a pastejar mais na encosta inferior do terreno do que na inclinação média ou alta. Tal comportamento animal poderá implicar em uma maior deposição de excreta nessas áreas mais pastejadas. Kaufmann et al. (2013) observaram que os animais permaneceram 94% do tempo em áreas de floresta mista, não diferindo das áreas planas com maior disponibilidade de forragem (100% de permanência). No entanto, a utilização da forragem foi superior às áreas planas com 43% de utilização da forragem, comparado a 16% para floresta. Os autores atribuíram, a permanência nas áreas de floresta, ao conforto térmico provocado pelas árvores e arbustos.

O uso de leguminosas em pastagens tropicais é uma estratégia eficiente de introduzir, de forma mais barata, o N ao sistema. O N fixado biologicamente, além de ser disponibilizado para a gramínea em consórcio, é introduzido na proteína da leguminosa que, ao ser consumida pelo animal, é utilizada pelo mesmo, podendo retornar alguma fração ao sistema, na forma de fezes e urina.

4. Influência do sombreamento na distribuição de excretas na pastagem

A distribuição das fezes na pastagem poderá apresentar três padrões básicos: distribuição de forma agregada, aleatória ou uniforme (Krebs, 1999). Para identificar o padrão que melhor representa a distribuição das fezes, vários modelos matemáticos de distribuição de frequência, índices de dispersão e o índice de Morisita Padronizado têm sido utilizados. A agregação de excrementos em locais restritos e isolados favorece a translocação dos nutrientes para áreas com pouca ou nenhuma importância para produção, sendo este fato de grande relevância no processo de reciclagem de nutrientes nos ecossistemas de pastagens (Braz et al., 2003).

Distribuições mais uniformes, com menor agregação dos animais, podem ser obtidas com a diminuição da oportunidade de descanso, elevadas taxas de lotação e menor período de pastejo. Em condições de lotação intermitente, uma alta taxa de lotação pode promover menor tendência dos animais em se agruparem, proporcionando melhor distribuição das excretas (Ferreira et al., 2004). Dubeux (2005) verificou que a distribuição de excretas no sistema intermitente de curta duração apresentou distribuição aleatória, seguindo o modelo de distribuição de Poisson, enquanto que o intermitente de longa duração e o contínuo apresentaram distribuição das fezes de forma agregada, seguindo uma distribuição binomial negativa.

Moir et al. (2010) utilizaram a forma visual para identificação das manchas de urina, sugerindo que as áreas de exuberante crescimento da pastagem, densa, típica da resposta do pasto a deposição de nitrogênio, seria a área de deposição de urina. Através do uso de GPS, com uma densidade de 4,3 vacas ha⁻¹ e área média por mancha de urina de 0,35 m², estimou-se média de 1.520 manchas de urina ha⁻¹, indicando cobertura anual média de urina por piquete de 23,1 ± 2,2%. Tentando minimizar a obrigação do acompanhamento dos animais na pastagem para observar o local da deposição de urina, Morton e Baird (1990) utilizaram a metodologia do fornecimento de fluoresceína de sódio aos animais, o que facilita a identificação das manchas de urina na pastagem, pois, ao serem formadas as manchas, essas áreas contendo urina na pastagem são facilmente identificadas, à noite, por meio do uso de lâmpada ultravioleta.

Um estudo para determinar a distribuição espacial das áreas de concentrações de animais, juntamente com a escala de distribuição de nutrientes, foi desenvolvido por Sanderson et al. (2010), em cinco fazendas nos Estados Unidos. Constatou-se que as áreas de alimentação representam a maior área da pastagem afetada pelos animais, tendo maior acúmulo de nutrientes no solo. Para reduzir os extremos de acúmulo e consequentes perdas de nutrientes no solo, os autores recomendam modificar os locais de sombra, cocho de alimentação e bebedouro, de preferência para áreas não susceptíveis a lixiviação.

A intensidade com que os animais procuram sombra é definida pela frequência e tempo de permanência no local, normalmente nas atividades de ruminção ou ócio. Dessa forma, é importante tentar relacionar a distribuição de excretas com o comportamento dos animais em pastejo, tendo em vista associações positivas encontradas entre a frequência de defecação e alimentação (Hirata et al., 1990; 2011).

Santos et al. (2011), estudando o comportamento de novilhas em pastagens de *B. Decumbens*, consorciada com leguminosas arbustivas na Zona da Mata Norte de Pernambuco, observaram que 64,9% e 64,7% das atividades ruminção e ócio, respectivamente, eram em áreas sombreadas de Gliricídia, o que pode ter levado a uma maior deposição de excretas próxima a essas áreas.

Hirata et al. (1987) observaram que os animais permaneceram grande parte do tempo em área próxima ao bebedouro, em sombras de árvores, registrando entre 11,4 e 29,5% das deposições das fezes nestas áreas. Corsi & Martha Jr. (1997) verificaram que, nos dias quentes (temperatura de, aproximadamente, 27 °C), 44 a 53% das micções e 26 a 29% das defecações ocorreram nas áreas de sombra. Rodriguez et. al. (2002) verificaram que, na época chuvosa, o percentual de fezes depositadas foi de 53% na pastagem, 41% na área de sombra e 6% na sala de ordenha. Na estação pouco chuvosa, os percentuais foram de 39%, 51% e 10% aproximadamente. Nesse caso, os autores recomendaram a máxima permanência dos animais nas pastagens para aumentar a reciclagem de nutrientes.

As condições térmicas menos estressantes, obtidas no microclima existente no SSP, normalmente se observa a superioridade do padrão de distribuição diurna dos animais, mantendo maior continuidade espacial na distribuição das fezes pela área, em relação ao piquete sem a presença de árvores no pasto (Silva Neto et al., 2011; Karki e Goodman, 2010). Segundo Braz et al. (2003), em pastagem cultivada de *B. decumbens* sem arborização, 33% das placas de fezes encontravam-se em pontos específicos (malhadouros, pontos de água, próximos a cercas), que representaram, em média, 12% do total das pastagens.

A forma de distribuição das árvores na área da pastagem influencia a dispersão dos excrementos (Ferreira et al., 2011; Kruschewsky, 2009). Ferreira et al. (2011) constataram que o SSP com sombra dispersa em bosque apresentaram distribuição dos animais e das fezes de forma homogênea na pastagem, comparada com pastagens sem sombra com concentração maior nas proximidades do bebedouro e da saída do piquete.

Situação diferente foi encontrada por Rodríguez et al. (2002), trabalhando com vacas em pastagem de *Cynodon nlemfuensis*, que observaram uma distribuição de forma aleatória das fezes no piquete não arborizado, enquanto que no SSP as sombras das árvores influenciaram na agregação das fezes. Assim, os autores relataram que a distribuição das fezes está relacionada com a porcentagem de área sombreada, indicando que o número de árvores era inferior ao recomendado. Coimbra et al. (2007) observaram que a localização do bebedouro influenciou a utilização da sombra pelos animais. Desta forma, recomenda-se bebedouro mais distante, possibilitando uma melhor distribuição da zona de conforto térmico (bebedouro e sombra).

5. Deposição e decomposição de excretas bovinas em pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas

A produção e deposição de excretas no pasto estão relacionadas com fatores ambientais, como temperatura e umidade, estágio fisiológico e produção dos animais, além de fatores ligados à forragem consumida, como teores de matéria seca, proteína e a digestibilidade do alimento. A reciclagem de nutriente, proveniente das excreções com distribuição homogênea, alia-se à serrapilheira de leguminosas e são consideradas as principais formas para manter a nutrição das plantas sem a aplicação de adubos.

5.1. Produção de excreta bovina na pastagem

A defecação dos bovinos nas pastagens varia em função das condições climáticas, da quantidade do alimento ingerido e das características inerentes ao próprio animal, alterando o volume excretado e a frequência com que ocorre a defecação. Grande parte dos trabalhos que quantificam as excretas de bovinos em pastejo, revelam uma variação de 9 a 19 defecações dia⁻¹ e 5,9 a 9,3 vezes de urina dia⁻¹ (Arnold & Dudzinski, 1978; Braz et al., 2003; Hirata et al., 2009; 2011; Orr et al., 2012)

As médias de superfície coberta e peso de cada placa de fezes também apresentam variações. Teixeira (2010), avaliando diferentes taxas de lotação (1,9; 3,2 e 4,2 UA/ha) de novilhas/vacas em pastagens de *B. decumbens*, encontrou variações de 0,030 a 0,070 m² e peso fresco de 960,3 a 2249,6 g para cada placa de fezes. O autor verificou que a excreção total variou com a lotação animal e épocas do ano, obtendo-se médias de 8,3; 16,4 e 24,7 kg de MS⁻¹ ha⁻¹ dia⁻¹, respectivamente para os tratamentos com 1,9; 3,2 e 4,2 UA/ha. Saraiva (2010) encontrou produção média de 4,17 kg MS fecal animal⁻¹ dia⁻¹ em pastagem de diferentes intensidades de pastejo.

Em uma área de 12100 m² de *B. decumbens* com três animais e 0,05 m² por placa, Braz et al. (2003) constataram que 0,81% da área estava coberta pelas fezes. Ferreira et al. (2011) observaram área média de cada placa de 0,07 m², com peso médio de 1,9 kg de matéria verde por placa, tendo, ao final de cada ciclo, cerca de 23,5 m² de pasto recebido fezes bovinas, totalizando de 0,7% da área total do piquete.

Assim, a variação da produção de excretas de bovinos em pastagem está relacionada com as condições climáticas, volume e qualidade do material que é ingerido

pelo animal, idade e estágio fisiológico e produção do animal, podendo apresentar variações distintas para a produção de fezes e urina.

5.2. Disponibilidade de nutrientes nas excretas bovinas

A ciclagem de nutrientes pode ser definida como o movimento dos elementos entre os diversos compartimentos do sistema solo, planta e animal (Roze et al., 2004). Estima-se que cerca de 60% a 90% dos nutrientes ingeridos pelos animais retornam aos pastos na forma de fezes e urina (Barrow, 1967)

A remoção de nutrientes por um animal em pastejo está relacionada, dentre outros fatores, ao tempo de pastejo, à taxa de ingestão e à concentração de nutrientes da dieta. Já a deposição de nutrientes pelo animal, via excretas, relaciona-se com o tempo de residência na área, a frequência de excreção, a liberação de nutrientes pela excreção e a concentração de nutrientes da excreta (Hirata et al., 2011).

As fezes são constituídas de água, resíduos não digeridos da forragem, produtos do metabolismo animal e uma variada população microbiana (referência). Comumente o material fibroso representa de 47% a 68% das fezes (Haynes & Williams, 1993).

Lira et al. (2006) estimaram as proporções de nutrientes retornados via excreta, via serrapilheira, proporção de N reciclado e remobilização interna de N, de acordo com a porcentagem de utilização de forragem na pastagem. À medida que aumentou a eficiência de pastejo, maior proporção de nutrientes retornou via excreta, reduzindo a proporção retornada via serrapilheira.

As proporções de macro e micronutrientes retornados por fezes e urina são diferentes. Braz et al. (2002), estudando o retorno diário de nutrientes em pastagem de

B. Decumbens, através das fezes de três novilhas mestiças holandês x zebu, durante 10 semanas, observaram que 93,3% do N, 76,7% do P, 18,0% do K, 72,9% do Ca e 62,5% do Mg ingeridos pelos animais retornaram à pastagem. Aguiar et al. (2006) encontraram valores de 1,4% de N, 0,39% de P, 0,67% de K, 1,26% de Ca, 0,47% de Mg, 0,23% de S e 18,4% de MS para composição das fezes de bovinos.

A proporção de nutrientes retornados poderá apresentar valores diferentes quanto à raça, idade e categoria animal. Humphreys (1991) afirma que o N excretado varia de 90% a 96% do total ingerido, para bovinos de corte, e de 72% a 87%, para bovinos leiteiros, considerando que os animais defecam de 10-19 vezes $\text{cab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, produzindo fezes de 2,2-3,5 kg de MS e de 33-73 g de N por placa de fezes. Hirata et al. (2009) observaram que as concentrações de MS e N de fezes variaram entre 157 e 207 g kg^{-1} MS e 14,8 a 23,1 g (kg MS)^{-1} , respectivamente.

Rodrigues et al. (2008), trabalhando com pastagens de capim mombaça (*Panicum maximum*), pastejadas por novilhos Nelore, de peso vivo médio de 300 kg e lotação média de 4,27 animais/ha, por 140 dias, verificaram o retorno para a pastagem de 28 kg de N e 3,8 kg de P. Orr et al. (2012), avaliando o comportamento animal, quanto à deposição de fezes e urina, constataram uma concentração de 22kg MS^{-1} de N e 2,3kg MS^{-1} de P, com 90% do P ingerido tendo sido eliminado via excretas.

Os nutrientes contidos nas fezes se apresentam de forma prontamente disponível para as plantas próximas das placas, possibilitando um incremento na massa de forragem nessas áreas. Santos et al. (2010), trabalhando em pastagens *B. decumbens* e bovinos com peso médio de 200 kg, observaram maior massa de forragem na área próxima à placa de fezes (7.403 kg/ha de MS), quando comparado com a área afastada

de tais placas (6.168 kg/ha de MS), segundo os autores, indicando rejeição da forragem próxima às placas de fezes.

Santos et al. (2011) observaram maiores taxas de alongamento de folhas e colmos nos perfilhos próximos das placas de fezes, justificando tal resultado pela formação de um microclima diferenciado em torno das placas, o que poderia favorecer, principalmente, as condições de umidade do solo. Esta maior umidade poderia otimizar a absorção de nutrientes pela forrageira, especialmente daqueles cujo mecanismo de transporte no solo ocorre por fluxo de massa, como o N. No entanto, os perfilhos localizados próximos das fezes foram visitados e desfolhados pelos bovinos de forma menos frequente, quando comparados aos perfilhos distantes das fezes, confirmando a rejeição citada por Santos et al. (2010) e Teixeira et al (2010).

5.3 Decomposição e perdas de excretas bovinas

A decomposição pode ser considerada como a quebra do material orgânico particulado em materiais solúveis, que são absorvidos pelas células microbianas, culminando com o desaparecimento da placa de fezes. A quantidade e o tipo de substrato poderão influenciar na população ou no grupo de microrganismos, afetando a decomposição. O aproveitamento de seus nutrientes pelas plantas dependerá de fatores como a oxidação do carbono, pela ação de agentes físicos, que dependerá da atividade da microfauna, principalmente dos fungos e bactérias (Braz et al., 2002).

A velocidade de decomposição das excretas normalmente está relacionada, dentre outros fatores, com aspectos climáticos, cobertura vegetal, características morfológicas do excremento, estrutura do solo, composição química e consistência das fezes. Todos esses fatores reunidos irão determinar o tempo de permanência dos

resíduos adicionados ao solo, bem como a taxa de liberação de nutrientes (Souto et al., 2005). Segundo Costa et al. (1992), a desintegração das excretas é variável, podendo levar até nove meses para ocorrer.

Brady e Weill (2002) citam que os valores de degradação ou desaparecimento podem variar de acordo com condições ambientais, variando de 30 dias até 17 meses (Weeda, 1967). Páscoa (2001), em área sob sistema intermitente com vacas Nelore, com lotação de 5 UA/ha, observou tempo médio de degradação das placas de fezes de 65,59 \pm 39,78 dias.

Hirata et al. (2009) observaram que, em sistema silvipastoril, a decomposição de fezes foi consideravelmente lenta, demonstrando taxas de 1,37-3,05 mg de MS dia⁻¹, com variação de 0,51-1,63 mg⁻¹ g⁻¹ dia⁻¹ de N. Fontes et al. (2011), em ensaio realizado em laboratório, observaram taxa de decomposição da matéria orgânica de esterco bovino de 1,7mg kg⁻¹ dia⁻¹ de N. Em ensaio realizado no campo, a taxa foi menor (0,98mg kg⁻¹ dia⁻¹). Nesses ensaios, os autores verificaram contribuição de 65 kg ha⁻¹ de N e 0,5kg ha⁻¹ de N são perdidos pelo processo de lixiviação.

Li et al. (2002) destacaram uma perda de 2,02% N-NO₃ lixiviado, quando utilizaram esterco bovino como fonte de adubo orgânico, com o equivalente a 150 kg ha⁻¹ de N. Frost e Hunter (2004) registraram cerca de 20% para as perdas por lixiviação das fezes. Por volatilização, segundo Haynes & Williams (1993), observa-se variações de 0,10% a 0,16% para o N depositado via fezes. Hao et al. (2011) estimaram 0,29% de N₂O via denitrificação, no processo de compostagem de esterco bovino.

O potencial de perdas por denitrificação em situações de pastejo é favorecido pela anaerobiose, provocada muitas vezes em solos com baixa drenagem ou elevados

níveis de carbono prontamente oxidável na superfície do solo, bem como altas concentrações de NO_3^- no solo sob as excretas (Parsons & Keller, 1995). Segundo esses autores as perdas de N por denitrificação em solos com alta umidade podem ser duas a quatro vezes maior que aquelas, devido à imobilização.

Um outro fator determinante no retorno dos nutrientes ao solo seria a concentração dos mesmos na dieta animal. Com o aumento da concentração de N na dieta, o retorno via excreta tenderá a aumentar, já que a composição química das fezes bovinas está relacionada, dentre outros fatores, com a composição química da dieta do animal (Torres et al., 2007). Assim, a introdução de leguminosas na dieta poderá favorecer a decomposição das fezes, tendo em vista que esse grupo de plantas tende a reduzir a relação C:N da dieta e, conseqüentemente, das fezes (Haynes & Williams, 1993).

Nos sistemas SSPs, o microclima criado abaixo da copa das árvores proporciona maior umidade e temperatura mais amena, favoráveis à proliferação de micro e macro organismos trituradores e decompositores. Em pastos de *B. decumbens* consorciados com leguminosas foram registradas maiores quantidades de minhocas e insetos decompositores por placa de fezes, quando comparadas com as placas presentes em pastagens monoespecíficas e pastagens nativas (Fisher et al., 1997).

Para Moreira e Siqueira (2002), umidade relativa do ar entre 60% e 100%, temperatura de 25 a 30°C, relação C/N próxima de 25:1 e pH na faixa ácida, favorecem a decomposição de lignina. Silva et al. (2013) observaram baixo pH no solo, aliado com baixas relações C:P, C:N e Lignina:N na serrapilheira depositada sob a copa de gliricídia e sabiá, em SSP com capim braquiária. Desta forma, as excretas ali

depositadas poderão sofrer uma degradação inicialmente mais acelerada, quando comparada às depositadas em áreas não sombreadas.

Entretanto, conforme Hirata et al. (2009), a introdução de ruminantes em uma floresta, pode limitar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, pela redistribuição de nutrientes em áreas sem vegetação e pelo estabelecimento do desequilíbrio entre deposição e liberação lenta. Este fator demonstra a necessidade de uma investigação detalhada para a decomposição de excretas em sistemas silvipastoris.

Referências Bibliográficas

ABRAF – Associação brasileira de produtoras de florestas plantas das. **Anuário estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009**. Brasília: ABRAF, 2010. 140 p.

AGUIAR AGUIAR et al DINÂMICA DA DISTRIBUIÇÃO DE FEZES BOVINAS EM UMA PASTAGEM MANEJADA INTENSIVAMENTE1 ZOOTEC 2006 - 22 a 26 de maio de 2006 - Centro de Convenções de Pernambuco.

ARNOLD, G.W.; DUDZINSK, L. Ethology of free ranging domestic animals.

Elsevier: Amsterdam, 1978. 196 p.

BARBOSA, O. R. et al. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum**, v. 26, n. 1, p.115-122, 2004.

BACCARI, J.R.F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em clima quente**. Londrina: Editora UEL, 2001. 142 p.

BARCELLOS, A. de O. **Avaliação agrônômica de híbrido interespecífico de Leucaena e sua qualidade em associação com Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 217p. 2006

BARROW, N.J. Some aspects of the effects of grazing on the nutrition of pastures. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, v.33, p.254-262, 1967.

BARCELLOS, Alexandre de Oliveira et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPE, p. 51-67, 2008.

BRADY, N.C.; Weil, R.R. The Nature and Properties of Soil. 13th. ed. **New Jersey: Prentice- Hall**, 2002. 960 p.

BRAZ, S P. **Distribuição de fezes de bovinos e a reciclagem de nutrientes em pastagens de *Brachiaria decumbens***. TESE (Mestrado - Zootecnia). Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 77p. 2001

BRAZ, S. P. et al. Disponibilização dos nutrientes das fezes de bovinos em pastejo para a forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1614-1623, 2002.

BRAZ, S.P., et al. Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. **R. Bras. Zootec.**, July/Aug. 2003, vol.32, no.4, p.787-794

BUCKLIN, R. A. & BRAY, D. R. The American experience in dairy management in warm and hot climates. **Simpósio Brasileiro de Ambiência na Produção de Leite**, v. 1, p. 156-74, 1998.

CABRAL, F. de A. **Caracterização de pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. Em sistemas silvipastoris** / Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, 112p, Recife, 2013.

CARVALHO, M.M. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 37 p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 64).

CARVALHO, Margarida M.; FREITAS, V. de P.; ANDRADE, A. C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). **Pasturas Tropicales**, v. 17, n. 1, p. 24-30, 1995.

CARVALHO, M.M.; et al. Sistemas Silvopastoris – Consórcio de Árvores e Pastagens, Viçosa-MG, 128p. 2002.

CASTRO, Anderson Corrêa et al. Silvopastoral system in the Amazon region: tool to increase the productive performance of buffaloes. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2395-2402, 2008.

CHAER, Guilherme Montandon et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree physiology**, v. 31, n. 2, p. 139-149, 2011.

COIMBRA, P.A.D. et al. A influência da localização do bebedouro e da sombra no comportamento de bovinos em pastoreio **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, vol. 2, no 2, p. 825-829, 2007.

CORSI, M. & MARTHA JÚNIOR, G.B. **Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado**. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14. 60 / 71 Artigo - Pastejo Rotacionado Piracicaba, 1997 Anais...

COSTA, M. J. R. P. da et al. **Desintegration of dung pats in coastcross pastures grazed by holtein cows**. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE IFOAM. Organic Agriculture, a key to a sound developement an a sustainable environment. São Paulo: IFOAM, 1992. p. 226-232.

DE SOUZA CASTILHOS, Zelia Maria et al. Produção Arbórea e Animal em Sistema Silvopastoril com Acácia-negra (*Acacia mearnsii*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 39, 2010.

DUBEUX Jr., J.C.B. **Management strategies to improve nutrient cycling in grazed pensacola bahiagrass pastures**. Estados Unidos: University of Florida. 2005. 185p. Tese (Doutorado em Agronomia) – University of Florida, 2005.

DUBEUX Jr., J.C.B.; Sollenberger, L.E.; Mathews, B.W.; Scholberg, J.M.; Santos, H.Q. Nutrient Cycling In Warm-Climate Grasslands – A Review & Interpretation. **Crop Science**. v.47, p. 915-928, 2007.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. The State of Food and Agriculture. Livestock in the balance. Roma: FAO, 2009. 166 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>>. Acesso em:

FERREIRA, E., et al. Statistical models to study distribution of bovine excreta in tropical pastures and their importance in sustainability of environmental systems. **Livestock Res. Dev.** v., 2004.

FERREIRA, L. C. B.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HOETZEL, M J.; LABARRÈRE, J. G. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão das fezes dos bovinos nas pastagens Revista Brasileira de Agroecologia *Rev. Bras. de Agroecologia*. 6(1): 137-146 (2011)

FISHER, M. J.; RAO, I.M.; THOMAS, R.J. **Nutrient cycling in tropical pastures, with special reference the neotropical savannas**. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, Winnipeg/ Saskato, 1997. Proceedings... Winnipeg/ Saskato: Association management centre, 1997.

FONTES, J. C. et al. Nitrogen dynamics in volcanic soils under permanent pasture. **Geoderma**, v. 160, n. 3, p. 384-393, 2011.

FRANCO, A. A.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C. **Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade de sistemas agrofloretais**. In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Embrapa, 2003.

FROST, C. J.; HUNTER, M. D. Insect canopy herbivory and frass deposition affect soil nutrient dynamics and export in oak mesocosms. **Ecology**, v. 85, n. 12, p. 3335-3347, 2004.

GILBERT C. Sigua; Samuel W. Coleman; Joseph Albano • Mimi Williams. Spatial distribution of soil phosphorus and herbage mass in beef cattle pastures: effects of slope aspect and slope position **Nutr Cycl Agroecosyst** 89:59–70 (2011)

GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2008. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

HAO, Xiyang; LARNEY, Francis J. Reducing greenhouse gas emissions from animal manure. **Proceeding of manure management update**, p. 37-45, 2011.

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

HIRATA, Masahiko; HIGASHIYAMA, Masakazu; HASEGAWA, Nobumi. Diurnal pattern of excretion in grazing cattle. **Livestock Science**, v. 142, n. 1, p. 23-32, 2011.

HIRATA, Masahiko et al. Deposition and decomposition of cattle dung in forest grazing in southern Kyushu, Japan. **Ecological research**, v. 24, n. 1, p. 119-125, 2009.

HIRATA, M. et al. Return of dung to Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) pasture by dairy cattle. **Nippon Sochi Gakkaishi= Journal of Japanese Society of Grassland Science**, v. 35, n. 4, p. 350-357, 1990.

HIRATA, M.; SUGIMOTO, Y.; UENO, M. Distributions of dung pats and ungrazed áreas in Bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) pasture. *J. Japan Grassl. Sci.*, v.33, nº 2, p. 128-139, 1987.

HUMPHREYS, L.R. *Tropical Pasture Utilization*. Cambridge University Press, 1991.206p.

IBGE. **Censo demográfico 2010**: Características da população e dos domicílios Resultados do universo Brasil. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>

KARKI, Uma; GOODMAN, Mary S. Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture versus open-pasture. **Agroforestry systems**, v. 78, n. 2, p. 159-168, 2010.

KREBS, C J 1999 **Ecological Methodology**. 2nd edition, New York: Benjamin-Cumming, 620 p.

KREBS, C J 1999 **Ecological Methodology**. 2nd edition, New York: Benjamin-Cumming, 620 p.

KRUSCHEWSKY, G. C. **Distribuição Espacial de Fezes de Bovinos em Sistema Silvopastoril e em Convencional**: TESE (Mestrado – Ciências Agrárias) Estudo de Caso no Noroeste do Paraná. – 2009

KAUFMANN, Jillian et al. Cattle habitat selection and associated habitat characteristics under free-range grazing within heterogeneous Montane rangelands of Alberta. **Applied Animal Behaviour Science**, 2013.

LEME, T. M. S. P. et al. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.

LI, X.; INUBUSHI, K.; SAKAMOTO, K. Nitrous oxide concentrations in an Andisol profile and emissions to the atmosphere as influenced by the application of nitrogen fertilizers and manure. **Biology and fertility of soils**, v. 35, n. 2, p. 108-113, 2002.

LIRA, M.A., Santos, M.V.F., Dubeux Jr., J.C.B., Lira Jr., M.A., Mello, A.C.L. Sistemas de Produção de Forragem: Alternativas para Sustentabilidade da Pecuária. Revista Brasileira de Zootecnia / **Brazilian Journal of Animal Science**. , v.35, p.491 - 511, 2006.

MAPA. Programa ABC - **Agricultura de Baixo Carbono**. Plante sustentabilidade, colha resultados. 2010. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/abc/>>.

MORTON J. D; BAIRD D.B. Spatial distribution of dung patches under sheep grazing. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, 1990, vol. 33: 285-294

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2002. 626p

MOIR, Jim L. et al. Urine patch area coverage of an intensively stocked dairy pasture. In: **Soil Solutions for a Changing World: Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Brisbane, Australia**. 2010. p. 1-6.

NAVARINI, F. C. et al. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento ea pleno sol. **Engenharia Agrícola**, p. 508-517, 2009.

OLIVEIRA, R. P. M. Vantagens e desvantagens da utilização do sistema silvipastoril em ovinos: Ênfase na fisiologia animal. **PUBVET**, v. 2, n. 9, p. 1-27.2008

ORR, Robert J. et al. Defaecation and urination behaviour in beef cattle grazing semi-natural grassland. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 139, n. 1, p. 18-25, 2012.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural ea sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos et al. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Science**, v. 141, n. 2, p. 166-172, 2011a.

PACIULLO, Domingos Sávio Campos et al. The growth dynamics in Brachiaria species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011b.

PÁSCOA, A.G. **Padrões de desintegração das placas de fezes de bovinos da raça Nelore em dois sistemas intensivos de pastejo rotacionado**. 2001. 32f. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001

PÁSCOA et al. **Influência de alguns condicionadores de pastejo no uso do espaço por bovinos**. II Simpósio de Geoestatística em Ciências Agrárias. 2011

PARSONS, William FJ; KELLER, Michael. Controls on nitric oxide emissions from tropical pasture and rain forest soils. **Biology and fertility of soils**, v. 20, n. 3, p. 151-156, 1995.

RESH, Sigrid C.; BINKLEY, Dan; PARROTTA, John A. Greater soil carbon sequestration under nitrogen-fixing trees compared with Eucalyptus species. **Ecosystems**, v. 5, n. 3, p. 217-231, 2002.

RODRIGUES, AM, CECATO, U, FUKUMOTO, NM, Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaca fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.37, p.990-997, 2008.

RODRÍGUEZ, Idalmis; CRESPO, G.; FRAGA, S. Distribución espacial de las excreciones.. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 36, n. 3, p. 287, 2002.

ROTZ, C. A. Management to reduce nitrogen losses in animal production. **Journal of animal science**, v. 82, n. 13 suppl, p. E119-E137, 2004.

SANDERSON, M. A. et al. Spatial distribution of livestock concentration areas and soil nutrients in pastures. **Journal of soil and water conservation**, v. 65, n. 3, p. 180-189, 2010.

SANTOS, A. M. et al. Caracterização do pasto e da extrusa de novilhas Girolanda, em pastagem de *Brachiaria decumbens*, submetidas a diferentes taxas de lotação. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 2, p. 115-122, 2011.

SANTOS, M.E.R. et al.???? Características estruturais do pasto de capim-braquiária de acordo com a localização das fezes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.10, p.2116-2124, 2010.

SARAIVA, F.M. **Ciclagem de nutrientes em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob diferentes intensidades de pastejo**. Mestrado em Zootecnia-UFRPE (Dissertação). Recife, UFRPE, 2010. 73 p.

SCHUTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R. TURCKER, C. B. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior, and body temperature. **Rev. Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, p. 28-34, 2009.

SILVA NETO, Sabino Pereira da et al. Padrões espaciais de deposição de fezes por bovinos de corte em áreas de pastagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 2, 2011.

SILVA, André Barbosa et al. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 2013, vol.37, n.2, pp. 502-511.

SILVA, Andrezza Miguel da et al. Caracterização do pasto e da extrusa de novilhas Girolanda, em pastagem de *Brachiaria decumbens*, submetidas a diferentes taxas de lotação-[doi: 10.4025/actascianimsci.v33i2.9379](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i2.9379). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 115-122, 2011.

SILVA, C. S.1; et al. Efeito da incorporação de dejetos bovinos no solo pelo besouro africano *Digitontophagus gazella* sobre a cultura do milho, em casa de veteção* **FAZU em Revista, Uberaba**, n. 5, p.12-15, 2008.

SILVA, E. C. L. et al. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Rev. Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 3, p. 295-302, 2009.

SILVA, L. L. G.G.; et al. **Conforto térmico para novilhas mestiças em sistema silvipastoril**. EMBRAPA, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 34, p. 1-25, 2008.

SOUTO P. C. et al. decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:125-130, 2005.

SOUZA, B.B. et al. Parâmetros fisiológicos e índice de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindi no semi-árido paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.883-888, 2007.

TEIXEIRA, V.I. **Reciclagem de nutrientes em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. manejadas sob três lotações animais em Itambé-PE.** Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia – UFRPE/UFPB/UFC (Tese). Recife, UFRPE, 2010. 53 p.

TORRES, D.deA. et al. **Estratégias de manejo e alimentação visando a melhoria da pecuária leiteira familiar das Regiões Sul e Centro-Sul Fluminense.** (S.L.): EMBRAPA/CNPGL, 84p. 2007

KARKI, Uma; GOODMAN, Mary S. Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture versus open-pasture. **Agroforestry systems**, v. 78, n. 2, p. 159-168, 2010.

USDA. **United States Department of Agriculture.** Foreign Agricultural Service (FAS). Market and Trade Data: trade reports archives. Disponível em: http://www.fas.usda.gov/livestock_arc.asp. 2010.

WANG, Faming et al. Effects of nitrogen-fixing and non-nitrogen-fixing tree species on soil properties and nitrogen transformation during forest restoration in southern China. **Soil Science & Plant Nutrition**, v. 56, n. 2, p. 297-306, 2010.

WEEDA, W. C. The effect of cattle dung patches on pasture growth, botanical composition, and pasture utilisation. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 1, p. 150-159, 1967.

WILLIAMS, P.H.; HAYNES, R.J. Effect of sheep, deer and cattle dung on herbage production and soil nutrient content. **Grass and Forage Science**, v. 50, p.263-271, 1995.

CAPÍTULO 2

Decomposição de fezes de bovinos manejados em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. consorciadas com leguminosas arbustivas na Zona da Mata de Pernambuco

Decomposição de fezes de bovinos manejados em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. consorciadas com leguminosas arbustivas na Zona da Mata de Pernambuco

¹ Artigo seguindo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

Resumo

A taxa de mineralização das excretas de ruminantes pode influenciar o manejo de adubação das pastagens. Objetivou-se avaliar a decomposição de fezes de novilhas holandês x zebu em pastagens de *Brachiaria decumbens* (Braquiária) com adubação nitrogenada, sem adubação ou consorciada com as leguminosas *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (Sabiá), *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Leucena), *Bauhinia cheilantha* (Bong) Steud (Mororó) e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Gliricídia), na região da Zona da Mata Seca de Pernambuco. Foram realizados dois ensaios de decomposição de fezes: um, estimando a evolução de CO₂, por um período de 22 dias de incubação da mistura solo + fezes; e outro, determinando a decomposição de fezes em sacos de náilon, incubados no solo por quatro, oito, 16, 32, 64, 128 e 256 dias. O modelo matemático exponencial negativo simples mostrou-se adequado ($P \leq 0,0001$) para quantificar a evolução de CO₂ da mistura solo + fezes, indicando 78% de liberação de CO₂ no início da incubação, destacando-se as fezes coletadas em pastagens de Braquiária consorciadas com Gliricídia. A curva da biomassa remanescente na decomposição em saco de náilon foi adequada ao modelo exponencial negativo simples ($P < 0,001$) para os diferentes tratamentos. Foi observada maior taxa de desaparecimento relativo (k) da biomassa das fezes dos animais do tratamento Braquiária adubada ($k = 0,0031 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e menor taxa para as fezes do tratamento consorciado com Sabiá

($k=0,0018 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). A adubação nitrogenada em pastagem de braquiária favoreceu a decomposição das fezes de novilhas ao final de 256 dias de incubação.

Abstract

The mineralization rate of ruminant manure may influence the management of fertilization of pastures. This study aimed to evaluate the decomposition of feces of heifers grazing *Brachiaria decumbens* (Braquiária) with fertilization, unfertilized or intercropped with legumes in the dry forest region of Pernambuco. Two experiments were conducted on the decomposition of feces, one to determine the evolution of CO_2 within 22 days of incubation of a mixture of soil with feces, and other to determine decomposition of feces in nylon bags in time periods 4, 8, 16, 32, 64, 128 and 256 days after incubation in the soil. The simple negative exponential mathematical model was adequate ($P \leq 0.0001$) to quantify the evolution of CO_2 of mixed soil and feces, indicating 78% of CO_2 was released at the beginning of incubation, especially for the feces collected in the signal grass pastures intercropped with *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Gliricídia). The curve of the remaining biomass decomposition in the nylon bag was adequate to the simple negative exponential model ($P < 0.001$) for the treatments. We observed a higher relative rate of disappearance (k) of biomass of animal faeces in the fertilized signal grass treatment ($k = 0.0031 \text{ g}^{-1} \text{ day}^{-1}$) and a lower rate for the treatment intercropped with *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (Sabia) ($k = 0.0018 \text{ g}^{-1} \text{ day}^{-1}$). Nitrogen fertilization in *Brachiaria* pasture favored the decomposition of feces of heifers at the end of 256 days of incubation.

Introdução

A deposição de excretas de ruminantes em pastagens, associada ao material vegetal depositado, é considerada importante no fluxo de nutrientes neste ecossistema, seja em quantidade disponibilizada às plantas, ou pela sua distribuição na pastagem (Braz et al., 2003). Entretanto, a disponibilidade de nutrientes dependerá do processo de decomposição.

A mineralização das excretas do animal ocorre de forma rápida e sofre influência da diversidade de micro-organismos e também da velocidade de decomposição, aumentando a disponibilidade de nutrientes (Archer e Smeins, 1991). Entretanto, esta velocidade, na disponibilidade desses nutrientes retornados à pastagem através da excreta, pode acarretar em perdas, através de lixiviação, volatilização, erosão e lavagem pela água da chuva sobre a superfície do solo, além do processo de imobilização.

Organismos decompositores, tais como minhocas e besouros, afetam a taxa de decomposição das fezes e serrapilheira (Follett e Wilkinson, 1995). O clima também influencia a degradação física das fezes, podendo-se destacar a chuva como mais importante fator para este processo.

Durante o pastejo, os animais removem frações da planta que, após ingestão, são degradadas em partículas menores, através da mastigação e ruminação (Dubeux Jr. et al., 2009; Carvalho et al., 2010). Dessa forma, a composição das fezes varia, dentre outros fatores, com o requerimento de nutrientes do animal, a ingestão de água, o padrão de alimentação e a eficiência da conversão alimentar (Azeez et al., 2009). Segundo Haynes e Williams (1993), a quantidade de nutrientes retornados ao solo, via fezes e urina, pode ser estimada a partir do conhecimento do tipo de forrageira que o animal consumiu e o requerimento de nutrientes pelo mesmo.

A introdução de leguminosas nas pastagens, além dos possíveis ganhos na produção animal e nos benefícios da fixação de N no solo, possibilita uma serrapilheira de melhor qualidade. Teores de proteína bruta (PB) e coeficientes de digestibilidade da matéria seca normalmente são maiores que os das gramíneas tropicais, bem como menores relações C:N e Lignina:N (Bacellos et al., 2008; Aroeira et al., 2005), favorecem a ação dos microrganismos na mineralização dos resíduos vegetais e das fezes dos animais.

Diante da importância do retorno dos nutrientes através das excretas de ruminantes em pastagens, bem como o tempo de decomposição desses resíduos, objetivou-se avaliar a decomposição de fezes de novilhas em pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas arbustivas e em pastagens exclusivas de gramínea, na Zona da Mata Seca de Pernambuco.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), na Estação Experimental de Itambé, localizada a 07°25'S e 35°06' W, microrregião fisiográfica da Zona da Mata Seca de Pernambuco, a 190 m de altitude, com precipitação anual média de 1.300 mm e temperatura anual média de 25 °C (CPRH, 2003; ITEP, 2010). A precipitação e temperatura média mensal durante o período experimental (março de 2010 a março de 2011) foram de 73 mm e 26,4 °C, respectivamente (Figura 1) (Agritempo, 2012).

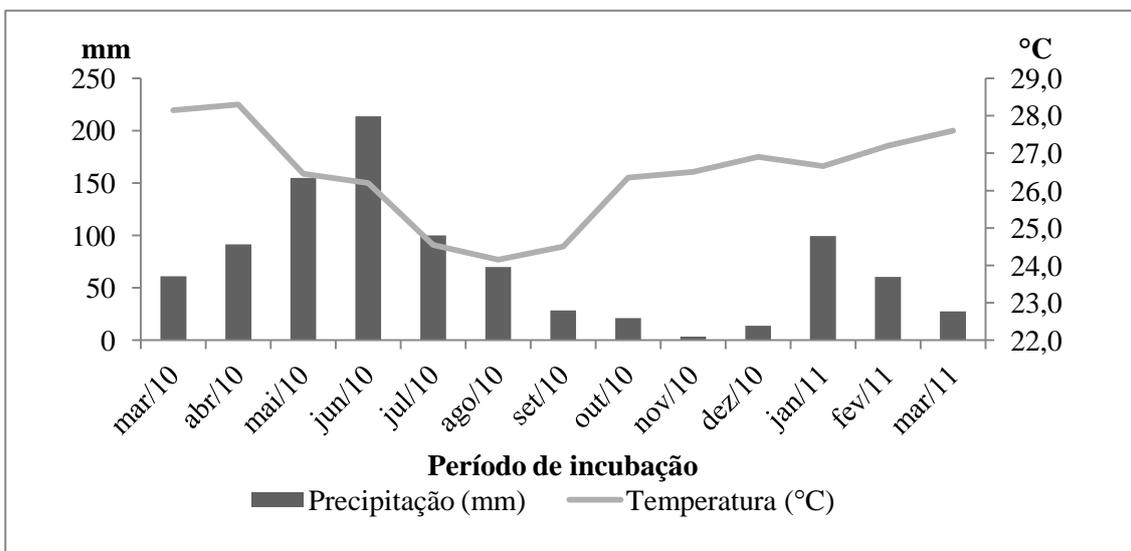


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal durante o período experimental, Itambé-PE.

Avaliou-se a decomposição de fezes de novilhas em pastos de monoespecíficos de Braquiária, bem como em pastos consorciados de Braquiária com leguminosas arbustivas (Sabiá, Leucena, Mororó e Gliricídia). As mudas das leguminosas foram transplantadas para pastagens de Braquiária já estabelecidas, em julho de 2008, plantadas em fileiras duplas com espaçamento de 10 m x 1,0 m x 0,5 m.

Além do consócio, avaliou-se o tratamento de Braquiária exclusiva sem adubação nitrogenada e outro tratamento formado pela gramínea adubada com 60 kg N/ha/ano. A aplicação de N foi realizada, parcelada em duas doses: a primeira, no início das primeiras chuvas (Março de 2010); e a segunda, 56 dias depois, na forma de ureia.

A área experimental consistiu em quatro blocos, cada um composto de seis parcelas de 660 m² (33 m x 20 m), sendo quatro consorciadas e duas exclusivas da gramínea. Cada parcela dos consórcios foi constituída por três filas duplas de cada respectiva leguminosa.

Os animais utilizados foram seis novilhas mestiças holandês/zebu, com peso corporal médio de $255 \pm 50,5$ kg e idade média de $22 \pm 6,4$ meses. A lotação foi fixa, sendo um animal por parcela experimental, com ciclo de pastejo de 28 dias (sete dias de pastejo e 21 de descanso). Em todas as parcelas as novilhas tiveram acesso à água e sal mineral à vontade. O mesmo animal foi utilizado em cada uma das combinações gramínea/leguminosa e para área exclusiva de gramínea. Desta forma, o animal permaneceu em uma parcela por sete dias e, no final desse período, o mesmo foi manejado para a mesma combinação do outro bloco.

Coleta das placas de fezes

A coleta de fezes foi realizada em março de 2010, no segundo dia de pastejo, pela manhã, coletando-se, diretamente no solo, três placas de fezes por parcela, logo após as defecações, tendo-se o cuidado para não contaminar com solo. As fezes foram colocadas em recipientes de alumínio, pesadas e depois levadas à estufa de circulação forçada de ar, a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 72 horas. Em seguida, foi realizada uma amostra composta das três placas por parcela. Uma subamostra destinou-se para o ensaio de decomposição em sacos de náilon em diferentes tempos de incubação no solo, enquanto outra subamostra foi moída para determinação da composição química e para o ensaio de evolução de CO_2 , determinada pela respiração basal da mistura de solo com fezes.

Determinação da respiração basal da mistura solo com fezes (RBSF)

O solo foi coletado na estação experimental a 0 - 20 cm de profundidade, peneirado em malha de 2 mm, retirando-se os fragmentos de animais e vegetais por meio de catação. Em seguida, pesaram-se 300 g, misturando-se 30 g de fezes moídas a dois mm, em béquer com capacidade de 400 mL. A umidade da mistura foi elevada a 80% da capacidade de campo, mantida com a reposição da água após cinco dias de

avaliação. Cada béquer, contendo o solo com fezes, foi acomodado em um pote de, aproximadamente, três litros, juntamente com um béquer de 50 mL, contendo 20 mL de solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹, sendo o pote hermeticamente fechado, para que não houvesse entrada de CO₂ do ar externo ou fuga do CO₂ internamente produzido.

A solução de NaOH 0,5 mol L⁻¹ foi responsável pela captura do CO₂ evoluído do processo de respiração, proveniente da decomposição pelos microrganismos. A cada tempo de avaliação, esta solução foi trocada para nova incubação. A quantificação do CO₂ evoluído foi realizada por titulometria, conforme metodologia de Silva et al. (2007).

O experimento foi composto por 24 potes divididos em seis tratamentos, cada um com quatro repetições, mais três potes contendo solução branca, utilizada como padrão de avaliação do CO₂. Os tratamentos foram os mesmos descritos para coleta das fezes. O período de incubação foi de 22 dias, com a troca da solução nos primeiros sete dias, realizada a cada 24 h; entre o 7° e o 12° dia, a cada 48 h; entre o 12° e o 17° dia, a cada 72 h e do 17° até ao 22° dia, a cada 96 h (Silva et al., 2007).

A evolução do CO₂ da mistura solo com fezes foi analisada utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS Inst., 2001), considerando medidas repetidas no tempo. Depois de verificar a análise de variância, foi aplicado o modelo exponencial negativo simples (Wagner & Wolf, 1999) para o carbono mineralizado na mistura solo com fezes.

Decomposição das fezes

O experimento de decomposição de fezes bovinas em sacos de náilon sob o solo foi realizado no período de 23 de junho de 2010 a 26 de fevereiro de 2011, em área próxima onde foram coletadas as fezes. As fezes foram incubadas por zero, quatro, oito, 16, 32, 64, 128 e 256 dias, com três repetições por tempo de incubação.

Para incubar as fezes, foram confeccionados sacos de náilon de 15 x 30 cm, com poros de, aproximadamente, 75 μm , sendo os mesmos colocados na estufa a 65 °C, por 72 h e pesados. Em seguida, os sacos foram preenchidos com 30 g de fezes. Após a secagem, as fezes foram quebradas em frações de 5 cm de diâmetro e incubadas. As fezes não foram moídas para tentar preservar a superfície original de exposição ao ataque dos microrganismos (Dubeux Jr. et al., 2006).

Os sacos com fezes pré-secas foram colocados na superfície do solo, junto com sacos vazios. A finalidade dos brancos foi para verificar a influência destes tempos de incubação no peso dos sacos, sendo com isso, realizada uma correção nos sacos com os materiais incubados. No final de cada tempo de incubação, os sacos coletados foram limpos com pincel para retirar solo, raízes ou outros materiais, sendo colocados em estufa a 65 °C, por 72 h e, novamente, pesados. Foram determinados os teores de minerais das fezes nos diferentes tempos de incubação, sendo possível calcular a mineralização líquida que ocorreu com o desaparecimento durante o tempo.

Foram analisados os teores de MS, matéria orgânica (MO) e N, conforme Silva e Queiroz (2002). O teor de C foi determinado pelo método descrito por Bezerra Neto e Barreto (2004), enquanto que o teor de lignina (LIG) foi analisado pelo método de Van Soest et al. (1991) em autoclave, conforme relatado por Pell & Schofield (1993). As amostras foram submetidas à digestão nitroperclórica (Bezerra Neto e Barreto, 2004)

para leitura do P, K, Ca e Mg. Os teores de P e K extraíveis com Mehlich-1 foram quantificados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente (Embrapa, 1979). O Ca e o Mg trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (Embrapa, 1979).

As médias para o tempo de decomposição nos diferentes tratamentos foram analisadas utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS Inst., 2001). Após análise de variância, foi utilizado o modelo exponencial simples (Wagner & Wolf, 1999), para determinar a porcentagem de desaparecimento de biomassa, na base da MO, percentual de N remanescente, relação C:N, C:P e LIG:N (%), que foram descritas pela equação:

$$Y = B0 e^{-kt}$$

onde Y = proporção de biomassa (ou nutriente) remanescente no T dias, B0 = constante de desaparecimento e o k = taxa relativa de decomposição. O modelo de dois estágios (“plateau linear”), descrito por McCartor e Rouquette (1977), foi utilizado para descrever o teor de LIG ao longo do período de incubação.

Resultados e discussão

A composição química das fezes apresentou variações apenas para os teores de P, K e LIG antes da incubação (Tabela 1). As fezes dos animais mantidos nas pastagens consorciadas com Leucena e Sabiá apresentaram teor inferior de P, quando comparadas com as dos animais mantidos na Braquiária adubada e no consórcio com Mororó. O teor de K das fezes dos animais na Braquiária adubada não diferiu do consórcio com Leucena, mas foi superior aos outros tratamentos. O teor de LIG nas fezes dos animais mantidos na pastagem consorciada com Sabiá foi superior ($P=0,05$) ao teor observado no consórcio com a Leucena, não diferindo dos demais tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Composição de macronutrientes, lignina (LIG) e das relações C:N e LIG:N das fezes de novilhas, em pastagens de braquiária exclusiva ou consorciadas com leguminosas antes do período de incubação.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	LIG	C:N	LIG:N
			g kg ⁻¹			%		
Braquiária	16,7a	5,2ab	14,0 b	6,4a	3,9a	6,0ab	22,5a	3,6 ^a
B.adubada	16,9a	6,8a	20,3a	8,5a	4,5a	6,3ab	23,4a	4,3 ^a
Gliricídia	18,5a	5,6ab	14,9 b	7,1a	4,0a	7,6ab	19,3a	4,1 ^a
Leucena	17,9a	4,8 b	15,0ab	6,3a	5,1a	3,0 b	19,8a	2,8 ^a
Mororó	16,3a	6,4a	14,6 b	7,9a	5,0a	5,9ab	22,3a	3,1 ^a
Sabiá	17,8a	3,4 b	10,5 b	8,4a	4,6a	9,4 a	20,4a	5,9 ^a
Erro padrão	1,35	0,77	1,74	1,30	0,49	1,38	0,79	1,25

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

O material fibroso representa de 47% a 68% das fezes (Haynes & Williams, 1993), podendo apresentar variações na sua composição, dependendo da dieta do animal.

Em estudos separados de comportamento animal em pastejo constatou-se, por meio da estimativa do tempo de pastejo por espécie, mínima preferência das novilhas pelas leguminosas, quando comparadas com a gramínea. Observou variações de 9,1-7,6%; 14,0-3,6%; 3,8-0,8% e 1,8-1,3% do tempo de pastejo para Sabiá, Leucena, Gliricídia e Mororó, respectivamente.

A baixa preferência das novilhas pelas leguminosas em relação à gramínea pode ser explicada pelo hábito alimentar, onde os bovinos preferem gramíneas. Celaya et al. (2007) observaram uma participação de 75-99% de componente herbáceo (basicamente gramíneas) para bovinos, e de 15-64% para os pequenos ruminantes. A melhoria da qualidade da dieta de ruminantes em pastagens consorciadas, no entanto, não decorre apenas do valor nutritivo da leguminosa, mas também da elevação dos teores de PB da gramínea associada, decorrente da maior disponibilidade de N no solo.

Determinação da respiração basal

A respiração basal é definida como a soma de todas as funções metabólicas nas quais o CO₂ é produzido, representando a taxa de decomposição total, uma vez que o CO₂ é liberado durante a biodegradação aeróbica da maioria das substâncias orgânicas (Silva et al., 2007). A avaliação da respiração microbiana é uma forma de estimar a atividade dos microrganismos do solo, a qual reflete a velocidade de decomposição da MO do solo ou de algum material a ele adicionado (Figueiredo et al., 2012). O modelo matemático exponencial negativo simples mostrou-se adequado para a curva da RBSF nos diferentes períodos de incubação.

A taxa de evolução de CO₂ constitui-se como índice da atividade microbiana na decomposição da MO nativa ou adicionada ao solo (Heal et al., 1997, Wagner & Wolf, 1999). Observou-se que todos os tratamentos apresentaram elevada liberação de CO₂ no início da incubação (Figura 2), contudo, a partir do 5º dia de incubação, a liberação sofre redução, comprovando que, no início, ocorre rápida decomposição do material mais lábil pelos microrganismos, com posterior redução da taxa de decomposição. Destaca-se uma decomposição de 78,6% com cinco dias para leucena, diminuindo acentuadamente com o avanço dos dias de incubação. Neste período, o total de CO₂ liberado na braquiária foi de 54,3%. Com o passar do tempo, este tratamento apresentou uma decomposição contínua, não diferindo dos demais.

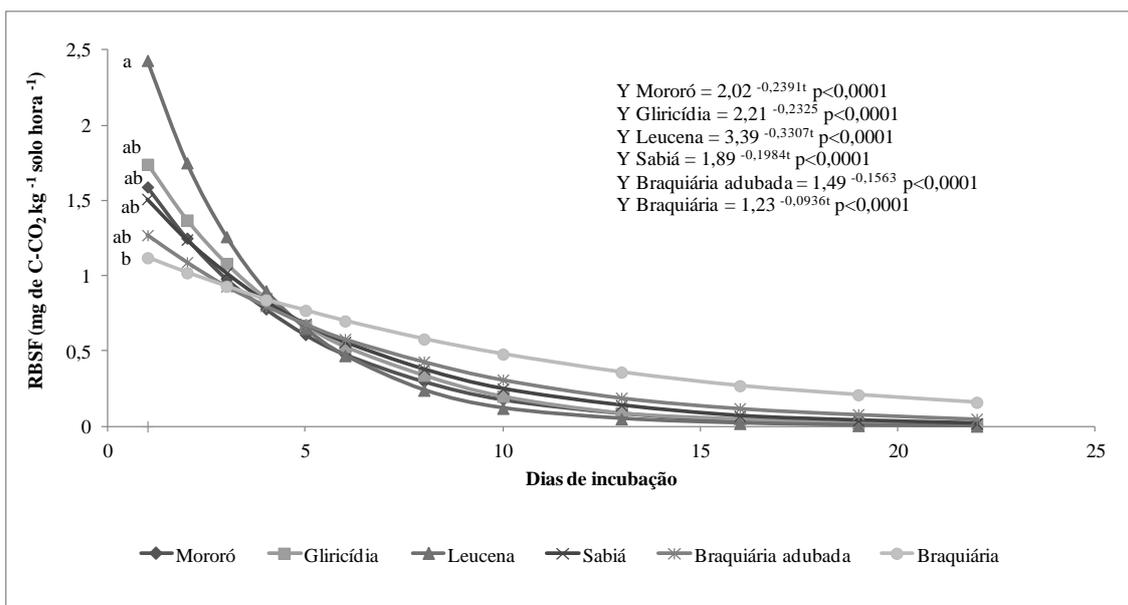


Figura 2. Respiração basal da mistura solo + fezes (RBSF) de novilhas em pastagens de *Brachiaria decumbens* exclusivas com ou sem adubação, além de consorciadas com *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Bauhinia cheilantha* (Mororó), e *Gliricidia sepium* (Gliricídia).

Diversos fatores podem ter interferido na diferença inicial da decomposição e mineralização do material incubado. A relação C:N das fezes, antes da incubação, pode ter interferido na decomposição nas primeiras 24 h, juntamente com os valores dos minerais.

As diferenças na composição bioquímica dos materiais podem alterar a estrutura da comunidade da biomassa microbiana e afetar a sua eficiência no uso do C, resultando em diferenças na mineralização do C de diferentes fontes orgânicas (Silva et al., 2010). Normalmente, resíduos com relação C:N menor que 20:1 têm uma taxa de decomposição mais rápida que materiais com valores acima desta relação. De acordo com Nicolardot et al. (2001), a relação C:N tem sido a característica mais usada em modelos para prever a disponibilidade de N no solo, durante a decomposição de materiais orgânicos.

Decomposição das fezes

Houve interação significativa ($P < 0,001$) entre tratamento e tempo de decomposição para o desaparecimento da MO das fezes coletadas e incubadas no solo. O modelo matemático exponencial negativo simples foi adequado para explicar a curva da biomassa remanescente das fezes ($P < 0,001$) (Figura 3).

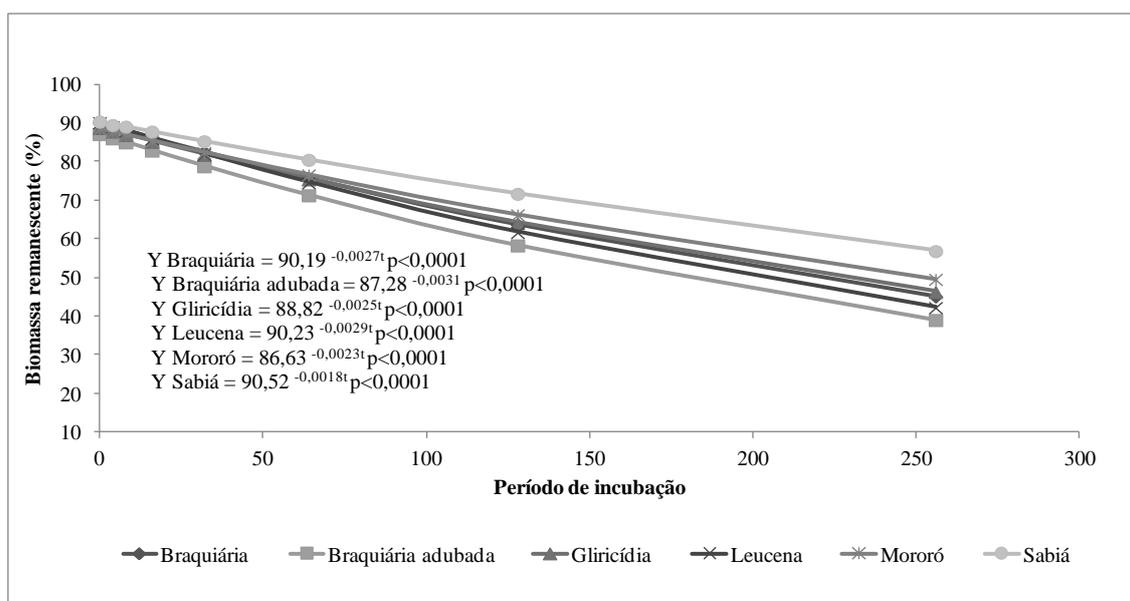


Figura 3. Porcentagem de biomassa remanescente de fezes de novilhas nas diferentes pastagens de *Brachiaria decumbens* com adubação, sem adubação ou consorciada com *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Bauhinia cheilantha* (Mororó), e *Gliricidia sepium* (Gliricídia).

Apesar de as perdas de biomassa entre os tratamentos estarem próximas no início do período de incubação (8% de desaparecimento até os 32 dias), com o passar dos dias, o tratamento de braquiária adubada apresentou maior taxa de desaparecimento relativa da biomassa ($k=0,0031 \text{gg}^{-1} \text{dia}^{-1}$), com decomposição de 55% da MO no período de 256 dias de incubação, sendo a média de $48 \pm 7\%$ para o desaparecimento da biomassa entre os tratamentos. Brady e Weill (2002) citam que os valores de degradação ou desaparecimento podem variar de acordo com as condições ambientais, apresentando

variações de 30 dias até 17 meses (Weeda, 1967), podendo chegar a 2,5 anos (Hoffmann et al., 2001).

A menor taxa de desaparecimento foi observada no consórcio com sabiá ($k=0,0018 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), com 37% do material decomposto durante o mesmo período. Este resultado provavelmente está relacionado ao teor de LIG (9,4%) dessas fezes antes da incubação (Tabela 1). No entanto, a concentração de LIG utilizada isoladamente pode não ser um bom indicador da velocidade de decomposição dos resíduos culturais (Aita & Giacomini, 2003).

A taxa de desaparecimento relativa (k) da biomassa depende de fatores como a qualidade do resíduo, temperatura ambiental, umidade do solo e microfauna existente (Heal et al., 1997; Wagner & Wolf, 1999). Assim, a distribuição da precipitação (Figura 1) durante o período de incubação pode ter influenciado na decomposição das fezes, principalmente entre os períodos de 64 e 128 dias de decomposição (média de precipitação de 16,67 mm e acúmulo de 66,7 mm). De acordo com Silva et al. (2010), a emissão de CO_2 das fontes de esterco, mediante o processo de decomposição, é bastante reduzida quando submetida ao estresse hídrico, devido à redução da atividade microbiana.

Souto et al. (2005), avaliando a decomposição de esterco no semiárido paraibano, verificaram decomposição de 15%, aos 30 dias de incubação, aumentando gradativamente, chegando aos 90 dias com decomposição de 28%, resultados estes influenciados pela pluviosidade. Além disso, a maior decomposição ocorreu quando as fezes foram incubadas a 10 cm de profundidade. A decomposição varia entre as profundidades de incorporação, devido à maior variação no teor de água na camada

superficial, que se mantém menos úmida, em função da perda por evaporação, conseqüentemente limitando a ação microbiana e a decomposição (Freitas et al., 2012).

A baixa preferência dos animais pelas leguminosas em relação à braquiária pode não ter influenciado a relação C:N das fezes, não apresentando diferença entre os tratamentos (P=0,4737). Além da relação C:N, a relação LIG:N seria um fator determinante na decomposição da biomassa, principalmente com o avanço no tempo de incubação das fezes no solo. No entanto, não foi verificada diferença entre os tratamentos (P = 0,5857), como também no decorrer do tempo de decomposição (P = 0,6863).

Para o teor de LIG nas fezes, o modelo de “plateau” linear foi significativo para os tratamentos braquiária, braquiária adubada, leucena e mororó (P = 0,039; P<0,0001; P<0,0003 e P = 0,0087, respectivamente). No entanto, não foi adequado para o tratamento gliricídia (P = 0,7848) e sabiá (P = 0,5629) (Figura 4).

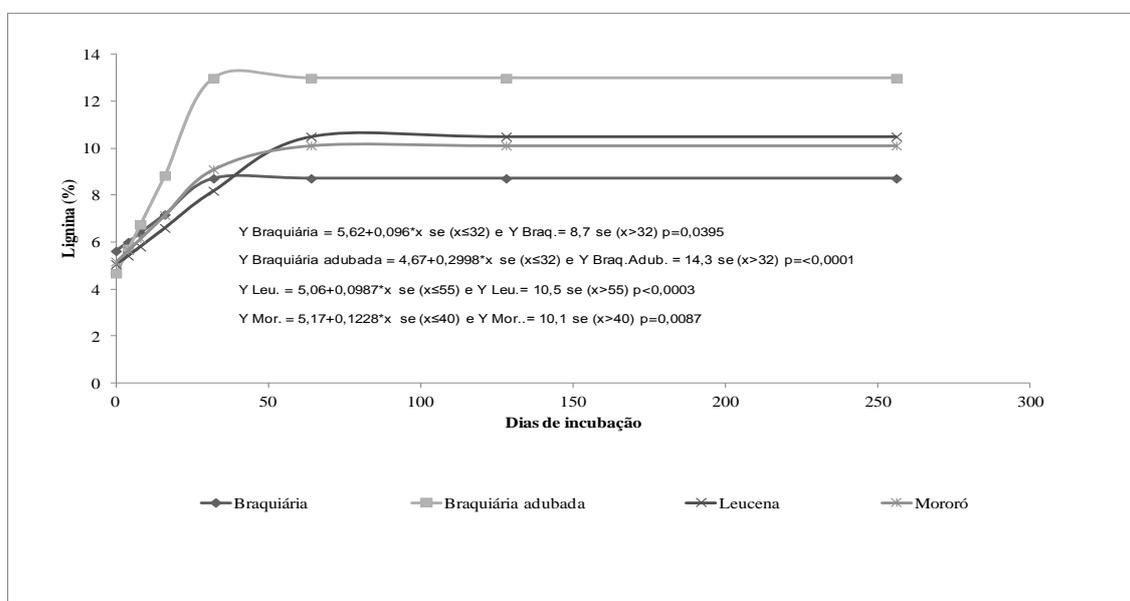


Figura 4. Porcentagem de lignina nas fezes de novilhas nas diferentes pastagens de *Brachiaria decumbens* com adubação, sem adubação ou consorciada com *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Bauhinia cheilantha* (Mororó), e *Gliricidia sepium* (Gliricídia).

Segundo Berg & McClaugherty (2008), o teor de LIG aumenta com o prolongamento do período de incubação, ocorrendo, em seguida, uma estabilidade diante do consumo inicial dos microrganismos pelo material lábio, restando o mais lignificado.

O teor de LIG na Braquiária adubada estabilizou aos 32 dias de incubação, com aumento de 8,31% do teor inicial. Já na Braquiária sem adubação, apesar de ter estabilizado no mesmo período, o aumento foi de 3,09%. Nas fezes do consórcio de leucena e no mororó a estabilidade da LIG foi aos 64 dias. Neste caso, possivelmente a adução nitrogenada favoreceu a decomposição do material, promovendo um resíduo com maior teor de LIG.

Os teores de N, P e K remanescentes apresentaram diferença significativa apenas para o tempo de decomposição, seguindo o modelo exponencial negativo simples para os tempos ($P < 0,001$) (Figura 5).

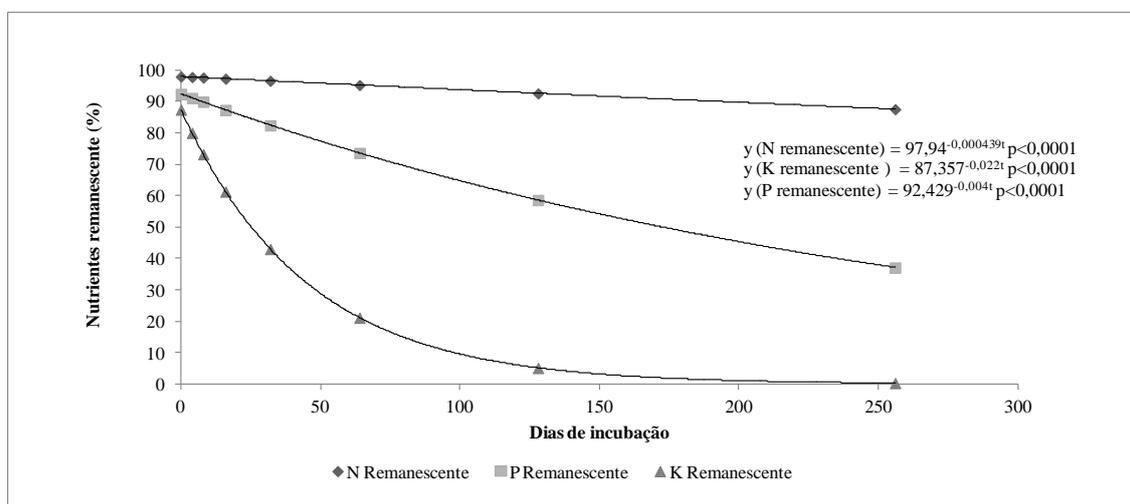


Figura 5. Porcentagem de N, P e K remanescente de fezes de novilhas nas diferentes pastagens de *Brachiaria decumbens* com adubação, sem adubação ou consorciada com *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Bauhinia cheilantha* (Mororó), e *Gliricidia sepium* (Gliricídia).

O coeficiente k para o N remanescente foi de $0,00043 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$, resultando em mineralização líquida de 16%, após 256 dias de incubação, em relação ao N inicialmente contido na amostra. Hirata et al. (2009), trabalhando no Japão com temperatura média de $17 \text{ }^\circ\text{C}$, observaram variação da taxa de desaparecimento de N nas fezes de $0,0005 - 0,0016 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$. Silva et al. (2012) observaram, para serrapilheira de *Brachiaria decumbens*, taxa de $0,00029 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, inferior à taxa relativa de desaparecimento da serrapilheira do *Calopogonium mucunoides* ($k = 0,0013 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e da mistura de *Brachiaria decumbens* + *Calopogonium mucunoides* ($k = 0,0024 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$). As fezes apresentam a mineralização do N mais lenta que nos resíduos vegetais, explicado não somente pela relação C:N, mas pela larga proporção do C presente nas fezes, proveniente do material fibroso e indigestível (Haynes & Williams, 1993).

Considerando que a decomposição de resíduos é influenciada pela precipitação pluviométrica, os reduzidos valores observados (Figura 1) podem ter influenciado na reduzida taxa de desaparecimento do N. Além disso, pode ter ocorrido processo de imobilização desse nutriente durante o período de incubação.

A imobilização do N é um processo que ocorre concomitantemente com a mineralização, porém no sentido inverso. A imobilização é definida como a transformação do N inorgânico em N orgânico (referência). O N assimilado pelos microrganismos volta a ser mineralizado após a morte dos mesmos, podendo ainda ser incorporado pelas células de outros microrganismos e seguir o caminho da síntese de compostos nitrogenados mais complexos que, gradualmente, formam a MO (Novais et al., 2007; Azeez et al., 2010).

O P apresentou uma liberação de 60% ($k = 0,004 \text{ gg}^{-1}\text{dia}^{-1}$), após 256 dias de incubação. Já o teor de K nas fezes apresentou acentuada redução (99,6%) ao final do

período de incubação, com k de $0,022 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Este resultado indica que este mineral não está relacionado a complexos orgânicos, sendo assim liberado mais facilmente por processo de lixiviação, diferentemente do N e P, que dependem da atividade microbiológica, convertendo para as formas inorgânicas (Braz et al., 2002).

Conclusões

A adubação nitrogenada em pastagem de braquiária favoreceu a decomposição das fezes de novilhas, ao final de 256 dias de incubação. O início da decomposição das fezes foi beneficiado pela presença de leguminosas na pastagem de braquiária, havendo maior emissão inicial de CO_2 . Com o avanço do tempo, a atividade microbiana diminuiu, tornando a decomposição das fezes mais constante.

Referências Bibliográficas

- AITA, C. & GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência dos Solos**, v. 27, p. 601-612, 2003.
- AROEIRA, L. J. M. et al. Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. **Pesq. agropec. bras.** . 2005, vol.40, n.4, pp.
- AZEEZ, J.O.; AVERBEKE, W.V. e OKOROGONA, A.O.M. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. *Bioresource Technology*, **Science direct**, v.101 p.2499–2505, 2010.
- BARCELLOS, A.O. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **R. Bras. Zootec.** 2008, vol.37, n.spe, pp. 51-67.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de Análises Químicas em Plantas**. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária. p,165.2004.
- BERG, B., AND C. MCCLAUGHERTY (2008). *Plant litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, PP. 338.
- BRAZ, S. P. et al. Disponibilização dos nutrientes das fezes de bovinos em pastejo para a forragem. **R. Bras. de Zootec.**, v. 31, n. 4, p. 1614-1623, 2002.
- BRAZ, S.P., et al. Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. **R. Bras. Zootec.**, v.32, no.4, p.787-794, 2003
- ARCHER, S, SMEINS, FE, (1991) **Ecosystem-level processes**, In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Eds.). *Grazing management: an ecological perspective*. Portland pp.109-139.

AZEEZ, J. O.; VAN AVERBEKE, W. Nitrogen mineralization potential in a sandy clay loam soil amended with three animal manures. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 5645-5651, 2009.

BRADY, N.C.; Weil, R.R. **The Nature and Properties of Soil**. 13th. ed. New Jersey: Prentice- Hall, 2002. 960 p.

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

CARVALHO et al Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutr Cycl Agroecosyst** (2010) 88:259–273

CELAYA R, Oliván M, Ferreira LMM, Martínez A, García U, Osoro K (2007) Comparison of grazing behaviour, dietary overlap and performance in non-lactating domestic ruminants grazing on marginal heathland areas. **Livest Sci** 106:217–278.

CPRH – **Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. Diagnóstico sócio ambiental do Litoral Norte de Pernambuco**. Recife, 2003, 214p.

DUBEUX, J.C.B., et al. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Sci.**, v. 46, p.1305-1310, 2006.

DUBEUX, Jr J.C.B. et al. Animal Behavior and Soil Nutrient Redistribution in Continuously Stocked Pensacola Bahiagrass Pastures Managed at Different Intensities **crop science**, vol. 49, july–august 2009.

FIGUEIREDO, Cícero Célio de; RAMOS, Maria Lucrecia G; MCMANUS, Concepta M and MENEZES, Adriana M de. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Hortic. Bras.** 2012, vol.30, n.1, pp. 175-179. ISSN 0102-0536.

FREITAS M.S.C., Decomposição e liberação de nutrientes de esterco em função da profundidade e do tempo de incorporação. **Revista Semiárido De Visu**, v.2, n.1, p.150-161, 2012.

HAYNES, R.J., AND P.H. WILLIAMS. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Adv. Agron.** 49:119-199.

HIRATA M, HASEGAWA N, NOMURA M, ITO H, NOGAMI K, SONODA T. Deposition and decomposition of cattle dung in forest grazing in southern Kyushu, **Japan. Ecol Res**, 2009, 24: 119-125.

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

HEAL, O.W. et al. **Plant litter quality and decomposition**: An historical overview. p. 3-30. In 1997 G. Cadisch and K.E Giller (ed.) *Driven by nature: Plant litter quality and decomposition*. CAB International, Wallingford, UK.

ITEP. **Instituto de Tecnologia de Pernambuco**. Disponível em: <http://www.itep.br>. Acesso em 15 de novembro de 2012.

MCCARTOR, M.M., ROUQUETTE, F.M.J. Grazing pressure and animal performance from pearl millet. **Agronomy Journal**, v. 69, p.983-987, 1977.

NICOLARDOT, B.; RECOUS, S. & MARY, B. Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on the C/N ratio of the residues. **Plant Soil**, 228:83-103, 2001.

NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. & NUNES, F.N. Fósforo. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.

SAS Institute. 2001. *Statistical analysis systems user's guide: version 8.2*. 6th ed. **Statistical Analysis System Institute**. Cary, NC. USA, 199.

SILVA, Wininton Mendes et al. Atividade microbiana e decomposição de diferentes resíduos orgânicos em um solo sob condições de campo e estresse hídrico simulado. **Agrarian**, v. 2, n. 6, p. 33-46, 2010.

SILVA H.M.S. et al., Signal Grass Litter Decomposition Rate Increases with Inclusion of Calopo. **crop science**, vol. 52, may–june 2012.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, E. E. et al. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p.

SOUTO P. C. et al. decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Bras. Ci. Solo**, 29:125-130, 2005.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WAGNER, G.H. & WOLF, D.C. **Carbon transformation and soil organic matter formations**. In: D.M. Sylvia et al. (Ed.) Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall: Englewood Cliffs, NJ. 1999. P218-258.

WEEDA, W. C. The effect of cattle dung patches on pasture growth, botanical composition, and pasture utilisation. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 1, p. 150-159, 1967.

<http://www.agritempo.gov.br/>

CAPÍTULO 3

Distribuição das fezes de novilhas em pastagens consorciadas com gramínea e leguminosas arbustivas na Zona da Mata de Pernambuco.

Distribuição das fezes de novilhas em pastagens consorciadas com gramínea e leguminosas arbustivas na Zona da Mata de Pernambuco¹.

¹ Artigo seguindo parcialmente as normas da Applied Animal Behaviour Science
<http://www.elsevier.com/journals/applied-animal-behaviour-science/0168-1591/guide-for-authors>

Resumo

A associação do retorno de nutrientes provenientes de fezes de bovinos e da forma como são distribuídos nas pastagens, possibilita criar estratégias para tornar essa distribuição mais uniforme. Este trabalho teve por objetivo avaliar o padrão de distribuição espacial das fezes e composição dos nutrientes da forragem e das fezes de novilhas, em pastagens de *Brachiaria decumbens* (Braquiária) consorciadas com *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (Sabiá) e *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Gliricídia) na Zona da Mata de Pernambuco. Além do consórcio, foram testados dois tratamentos adicionais: Braquiária em cultivo exclusiva com adição de 60 kg N/ha/ano e braquiária sem adubação. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos apresentaram diferença apenas para o teor de N nas fezes ($P = 0,008$), tendo o tratamento consórcio com Sabiá apresentado maior teor de N nas fezes dos animais (20 g kg^{-1}), quando comparado aos teores observados nas fezes dos animais dos tratamentos Gliricídia ($17,3 \text{ g kg}^{-1}$) e Braquiária ($18,3 \text{ g kg}^{-1}$). A concentração de 15N nas fezes dos animais no tratamento de Braquiária adubada ($5,98\%$) foi menor que a das fezes do tratamento de Gliricídia ($6,44\%$). As leguminosas apresentaram maiores valores de N na forragem (42 g kg^{-1} e 33 g kg^{-1} para Gliricídia e Sabiá, respectivamente), no entanto, o Sabiá não diferiu da Braquiária adubada. A concentração de 15N na Braquiária adubada foi de $3,29\%$ e de $2,7\%$ para a braquiária sem adubação, sendo menor que nas braquiárias consorciadas ($4,2\%$). A

distribuição das placas de fezes se deu de forma agregada, com maiores índices de dispersão (ID) em outubro/2010 (ID=1,54) e agosto/2011 (ID=1,53). A dependência espacial entre as placas foi considerada moderada, com índice (IDE) entre 25% e 75%, nos períodos de janeiro/2010 e maio/2011, respectivamente. Nos demais períodos foi observada forte dependência espacial (IDE \leq 25%). A presença de leguminosas arbustivas, distribuídas em fileiras duplas nas pastagens de Braquiária, não influenciou o padrão de distribuição das fezes.

Abstract

The association of nutrient return from cattle feces and how they are distributed in mixed grass-legume pastures, allows for the creation of strategies to make such distribution more uniform. This study aimed to evaluate the spatial distribution pattern of feces and nutrient composition of forage and feces of heifers grazing *Brachiaria decumbens* (Braquiária) intercropped with *Mimosa caesalpinifolia* Benth. (Sabia) and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Gliricidia) in the Dry Forest region of Pernambuco. Besides these combinations, we also tested two additional treatments: monocultured signal grass fertilized with of 60 kg N / ha / year and monocultured signal grass pasture without fertilization. The experimental design was a randomized block with four replications. The treatments differed only in the N content in feces (P = 0.008), and the N content in feces of animals in the Sabia treatment (20 g kg⁻¹) were higher compared to that observed in the animal feces of the Gliricidia treatment (17.3 g kg⁻¹) and monocultured signal grass (18.3 g kg⁻¹). The natural abundance of ¹⁵N in the feces of animals in the treatment of fertilized signal grass (5.98 ‰) was lower then in the Gliricidia treatment (6.44 ‰). Legumes had higher values of N (42 g kg⁻¹ and 33 g kg⁻¹ for Gliricidia and Sabia, respectively), however, the Sabia did not allow for the

fertilization of the signal grass. The natural abundance of ^{15}N in fertilized signal grass was 3.29 ‰ and was 2.7 ‰ for the unfertilized signal grass, and was lower than in the intercropped pasture treatments (4.2 ‰). Distribution of feces was aggregated, with larger dispersion index (DI) in October, 2010 (ID = 1.54) and August, 2011 (ID = 1.53). The spatial dependence between the feces was considered to be moderate spatial dependence with an index (FDI) of 25% to 75% in the periods January 2010 and May 2011, other periods showed a strong spatial dependence (IDE \leq 25%). The presence of leguminous shrub distributed in lines did not influence the distribution pattern of feces, being similar to monocultured grass pastures.

Introdução

O conhecimento da interação atmosfera x solo x planta x animal, bem como do fluxo de nutrientes em cada compartimento, dentre inúmeros outros fatores, são os que melhor explicam o retorno de nutrientes nas pastagens. A eficiência desse processo é determinante para sustentabilidade do ecossistema, principalmente quando não ocorre aplicação de fertilizantes. Assim, para estimar a capacidade do ecossistema da pastagem em suprir nutrientes para a planta e, em consequência, para os animais em pastejo, é importante não apenas avaliar a quantidade de nutrientes existente em cada compartimento, mas também a forma como esses nutrientes estão distribuídos na pastagem.

A presença de leguminosas arbustivas ou arbóreas fixadoras de N em consórcio com gramíneas, além do bem-estar proporcionado pela sombra aos animais e melhoria da qualidade da dieta, se encarrega da fixação de N no solo e fornecimento de nutrientes à planta, por meio da deposição e decomposição da serrapilheira. No entanto, os nutrientes retornados ao solo via decomposição da serrapilheira são, usualmente, menos disponíveis para as plantas que os retornados via fezes e urina. Por outro lado, a distribuição espacial das excretas nas pastagens normalmente não é homogênea (Dubeux Jr. et al., 2006; 2007). Assim, a magnitude da interferência dos animais na reciclagem dos nutrientes dependerá da distribuição das excreções na pastagem, da área afetada pelas excreções e pelos seus teores de nutrientes (Cantarutti et al., 2001).

As estimativas de transferências de nutrientes entre as diferentes áreas do ecossistema requerem conhecimento sobre os padrões diurnos das atividades de pastejo, bem como da área utilizada pelos animais (Hirata et al., 2011). Normalmente, a distribuição das fezes está correlacionada com o padrão de comportamento dos animais,

onde maior agregação das placas de fezes é encontrada em áreas de bebedouros, porteiras e sombras. A sombra para os bovinos, independentemente do estágio fisiológico ou categoria animal, é imprescindível para garantir o bem-estar e o conforto térmico (Navarini et al., 2009; Souza et al., 2010;), sobretudo durante as atividades de ruminção e ócio.

O sistema silvipastoril, devido às condições menos estressantes provocadas pelo microclima existente pelo sombreamento, favorece a superioridade do padrão de distribuição diurna dos animais, conseqüentemente das placas das excretas depositadas (Karki e Goodman, 2010).

Normalmente, para estudos de dispersão de fezes na pastagem, calcula-se a frequência de deposição das placas de fezes em determinada área, considerando os possíveis fatores que possam afetar essa distribuição, como presença de sombra, aguadas e acesso aos piquetes. Estudos que utilizam a estatística descritiva clássica inferem sobre a variabilidade e a condição média da deposição de fezes no pasto, porém, não demonstram como esta variabilidade está distribuída na pastagem de forma espacial (Silva Neto et al., 2011).

O índice de dispersão é uma função matemática que avalia a aleatoriedade da distribuição das placas de fezes que, juntamente com a avaliação de semivariogramas, estimam os diferentes tipos de distribuição. Enquanto o índice de dispersão analisa se a distribuição é agregada, aleatória ou uniforme, no semivariograma o resultado representa essas distribuições em relação ao espaço. Deste modo, a utilização dessas duas funções matemáticas possibilita melhor avaliação do comportamento da distribuição de fezes na pastagem.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o padrão de distribuição espacial das placas de fezes e a composição dos nutrientes da forragem e das fezes de novilhas, em pastagens de *Brachiaria decumbens* em cultivo solteiro ou consorciadas com leguminosas arbustivas, na Zona da Mata de Pernambuco.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Estação Experimental de Itambé, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, localizada na Zona da Mata Norte - PE. A Estação está situada a 07°25'S e 35°06' W, a 190 m de altitude, com precipitação anual média de 1.300 mm e temperatura anual média de 25 °C (CPRH, 2003; ITEP, 2010). As médias de temperatura e precipitação pluvial durante o período experimental podem ser observadas na Figura 1.

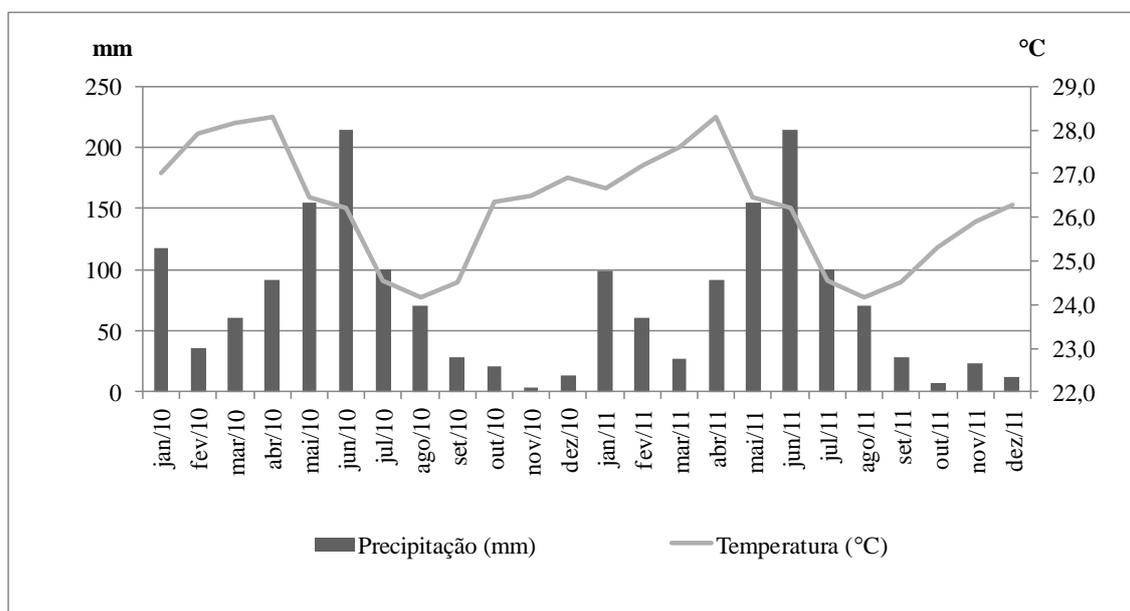


Figura 6. Médias de temperatura e precipitação pluvial durante o período experimental; Itambé-PE.

O experimento avaliou a distribuição das placas de fezes de novilhas, em pastagens de Braquiária em cultivo solteiro, adubada com N (60 kg/ha/ano) ou não, além de consorciadas com leguminosas arbustivas. As leguminosas consorciadas foram Sabiá e Gliricídia, transplantadas em julho de 2008, estabelecidas em fileiras duplas com espaçamento de 10 m x 1,0 m x 0,5 m. Cada parcela consorciada apresentava três filas duplas de leguminosa.

Nas parcelas de Braquiária adubada, a aplicação de N foi parcelada em duas adubações, sendo a primeira realizada no início das primeiras chuvas (nos meses de Março de 2010 e de 2011) e, a segunda, 56 dias após, sempre utilizando-se ureia.

A área experimental consistiu de quatro blocos, com parcelas de 660 m² (33 m x 20 m) (Figura 2). Os animais utilizados foram novilhas mestiças holandês x zebu, com peso corporal médio de 385 ± 53,5 kg e idade média de 32 ± 6,4 meses. A lotação foi fixa, com um animal por parcela experimental, com ciclo de pastejo de 35 dias (três dias de pastejo e 32 dias de descanso). Realizando 7 ciclos de pastejo para analisar distribuição de fezes e análise química das fezes e do pasto.

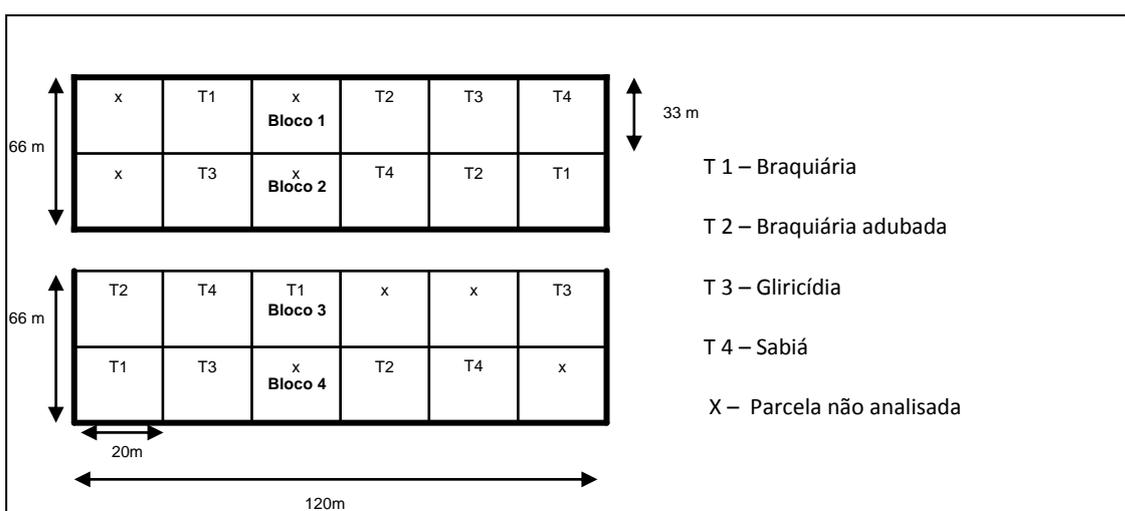


Figura 2. Croqui do experimento.

Análise das placas de fezes e pastejo simulado

As coletas de fezes foram realizadas em outubro/2010 e janeiro, março, maio, e agosto/2011, sempre no segundo dia de pastejo, pela manhã, coletando-se três placas por parcela. As placas foram coletadas diretamente sobre o solo, logo após as defecações, tendo-se o cuidado de coletar apenas a parte superficial da placa, evitando-se, desta forma, a contaminação com solo. Antes das coletas, foram realizadas medidas dos diâmetros maior (D) e menor (d), usadas para o cálculo da área da placa de fezes [$A = (Dd*\pi)/2$], assumindo a forma elíptica para as placas. Após as coletas, as fezes foram colocadas em recipientes de alumínio, pesadas e levadas à estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 55 °C, por 72 horas. Em seguida, reuniam-se as três placas coletadas em cada parcela, formando amostras compostas.

Para as coletas das amostras da forragem, utilizou-se o método do pastejo simulado (Cook, 1964), nos ciclos de pastejo, de agosto/2010 e janeiro, março, maio, e agosto/2011. Após as coletas, as amostras foram levadas para estufa de circulação forçada de ar à 55 °C, por 72h.

As amostras de fezes e forragem (pastejo simulado) foram submetidas à digestão nitroperclórica (Bezerra Neto e Barreto, 2004), para as leituras dos teores de P, K, Ca e Mg. Os teores de P e K extraíveis com Mehlich-1 foram quantificados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. O Ca e o Mg trocáveis foram extraídos com KCl, a 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (Embrapa, 1979). A determinação de N seguiu metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), enquanto que os teores de C foram determinados pelo método descrito por Bezerra Neto e Barreto (2004).

Foi analisado o $\delta^{15}\text{N}$ (abundância natural) para as amostras de pastejo simulado e para as fezes nos períodos de janeiro, março, e agosto/2011. A abundância natural de $\delta^{15}\text{N}$ baseia-se numa proporção de dois isótopos estáveis de N (^{14}N e ^{15}N). O ^{14}N é o isótopo mais leve e compõe 99,6337% do N_2 da atmosfera, enquanto que o ^{15}N representa o isótopo mais pesado, com 0,3663% do N atmosférico (Zuberer, 2005). Quanto menor o percentual de ^{15}N na amostra, maior o índice de fixação de N atmosférico (Sprent et al., 1996). Para essas análises, as amostras foram moídas em moinho de bolas (< 125 μm) e replicadas. Em seguida, foram colocadas em cápsulas de estanho (6 mm x 4 mm) e analisadas em Espectrômetro de Massa de Isótopos estáveis, seguindo o procedimento descrito por Myles Stocki, da Universidade de Saskatchewan. Após análise, foram determinados o $\delta^{15}\text{N}$ e o N derivados da atmosfera (%N_{dda}), de acordo com as equações:

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{\left[\left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{amostra}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{referência}} \right) - \left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{referência}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{referência}} \right) \right]}{\left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{referência}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}_{referência}} \right)} \times 1000$$

$$\%N_{dda} = \frac{(\delta^{15}\text{N}_r - \delta^{15}\text{N}_i)}{(\delta^{15}\text{N}_r - \delta^{15}\text{N}_{fr})} \times 100$$

Os dados da composição da forragem e das fezes foram analisados como medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Inst., 2001), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

Distribuição das placas de fezes

A metodologia utilizada para localizar as placas de fezes em cada parcela experimental foi de acordo com Dubeux Jr. (2005). Com o auxílio de três trenas de 50m, avaliou-se a distribuição das placas de fezes, após período de 48 h de permanência dos animais nas parcelas experimentais. Objetivando identificar as placas de fezes depositadas em cada ciclo de pastejo, sempre no dia que antecedia a entrada dos animais nas parcelas pré-pastejo, as placas de fezes existentes do ciclo anterior foram marcadas com tinta spray, para diferenciar quais as novas placas depositadas. Fixou-se duas trenas nas extremidades menores da parcela e a terceira foi conduzida de forma horizontal por dois observadores, os quais observavam a localização das placas de fezes sem marcação, compondo, assim, coordenadas “x”(trena móvel) e “y”(trenas fixas).

Os parâmetros estatísticos (σ^2 , \bar{x} , $\sum Xi$, $\sum Xi^2$) foram estimados com base no período de 48 horas de permanência. Foram, então, calculados os Índices de Dispersão ($ID = S^2/\bar{X}$), com conclusão pelo teste Qui-quadrado bilateral, onde a distribuição é aleatória, quando $ID=1$, $ID=0$ indica distribuição uniforme e distribuição agregada, quando $ID>1$ (Braz, 2001; Ferreira et al., 2004). Foi determinada a densidade dos bolos fecais na pastagem (D), a porção da área da pastagem coberta pelos bolos fecais sem sobreposição (PSS) e com sobreposição (PCS), descritos por:

$$P_{ss} = 100 \cdot D$$

$$P_{CS} = 100 - e^{-D}$$

Onde: D = densidade dos bolos fecais na pastagem, e = a base do logaritmo natural (e=2,7182).

Foi calculado o Índice de Morisita Padronizado (Smith-Gill, 1975, adaptado por Krebs, 1999), para caracterizar mais apropriadamente o modelo de distribuição. Através

dos cálculos dos Índices de Dispersão de Morisita (Id) (Morisita, 1972, citado por Krebs, 1999), de Uniformidade (Mu) e de Agregação (Mc), foi obtida a fórmula específica de cálculo do Índice de Morisita Padronizado (Ip). O modelo aleatório é caracterizado por Ip igual a zero, o modelo agregado, acima de zero e o modelo uniforme, abaixo de zero. Segundo Krebs (1999), pode-se concluir que, quando este índice é maior que 0,5, o modelo de distribuição das placas de fezes se dá de forma agregada, para um intervalo de confiança de 95%.

Após os cálculos da área de cada placa, ID, Ip e PCS, os dados foram analisados como medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Inst.,1996), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Método geoestatístico para avaliar a distribuição das fezes

Para a análise espacial da distribuição das placas de fezes nas pastagens, a organização dos quadrantes foi realizada através do Microsoft Excel, onde cada parcela observada foi dividida em 100 quadrantes de 6,6m², definindo quatro coordenadas por quadrante, determinando o número de placas de fezes por m², para calcular a semivariância e o semivariograma.

O padrão de dependência espacial foi caracterizado por meio de análise geoestatística, em que foi calculada a semivariância, com utilização de software GS+ (Robertson, 2008), cuja expressão pode ser encontrada em Vieira et al. (1983), de acordo com a equação abaixo:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Onde, $N(h)$ é o número de pares de valores experimentais medidos em $[Z(x_i), Z(x_i + h)]$, separados pelo vetor h . O valor de Z representa a quantidade de placas de fezes/m² em cada coordenada do local em estudo, enquanto os valores de x_i e $x_i + h$ foram definidos de acordo com a localização geográfica das amostras realizadas no campo.

O semivariograma é representado pelo efeito pepita (C_0) e pelo patamar ($C+C_0$). O C_0 corresponde ao ponto onde o semivariograma corta o eixo das ordenadas, refletindo os valores não captados pela menor escala. Já o $C+C_0$, indica o valor de onde a função estabiliza no campo aleatório. Quando o C_0 for aproximadamente igual ao $C+C_0$, denomina-se efeito pepita puro, demonstrando que a amostra não recebe influência espacial. Assim, foram definidos os valores do efeito pepita (C_0), do alcance (A) e do patamar ($C + C_0$). Foram testados os modelos gaussiano, esférico e exponencial, escolhendo-se aquele com adequado ajuste aos valores experimentais. A finalidade da distribuição de frequência e do histograma é permitir uma visualização do comportamento da variável em estudo, com relação à tendência de concentração dos dados (simétrica ou assimétrica).

No tocante ao grau de dependência espacial, utilizou-se a classificação proposta por Cambardella et al. (1994), na qual um determinado atributo pode ser considerado como exibindo forte, moderada ou fraca dependência espacial, em função da relação entre o efeito pepita e o patamar de seu semivariograma ajustado. Valores inferiores a 25% caracterizam forte dependência espacial, entre 25% e 75% moderada, enquanto que acima de 75%, fraca dependência.

A partir dos modelos obtidos para os semivariogramas, estimaram-se os valores da concentração de placas de fezes para os locais não amostrados, através do método de

interpolação de Krigagem. Com os valores estimados, foi possível construir mapas de isolinhas, os quais expressam a variabilidade da deposição de fezes nas pastagens, por meio do software Surfer 8.0. (Golden Sofrware, 2002).

Os resultados da análise estatística descritiva composta por média, mediana, variância, assimetria, curtose e coeficiente de variação, juntamente com os valores do efeito pepita (Co), patamar (C+Co), alcance (A) e o Índice de dependência espacial (IDE), obtidos do semivariograma de cada tratamento, foram analisados como medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Inst., 2001), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados

A Gliricídia apresentou o maior teor de N ($41,9 \text{ g kg}^{-1}$), seguida pelo Sabiá ($32,6 \text{ g kg}^{-1}$) e Braquiária adubada ($26,8 \text{ g kg}^{-1}$) (Tabela 1). Entre os períodos de avaliação não foram detectadas diferenças ($P=0,405$) para o teor de N.

A relação C:N foi superior para as Braquiárias em cultivos exclusivos, com médias de 26:1 e 28:1, para a adubada e não adubada, respectivamente. A menor relação foi observada para Gliricídia (10:1), seguida do sabiá (14:1). Valores inferiores de C:N foram observados nos períodos de agosto/2010 e janeiro/2011. No entanto o período de janeiro/2011 não diferiu de Maio/2011.

Nos períodos de janeiro e março/2011 foram observados menores teores de P para as amostras de pastejo simulado. Entre as espécies, o teor de P foi maior para o Sabiá ($2,4 \text{ g kg}^{-1}$), não diferindo da Braquiária sem adubação ($1,8 \text{ g kg}^{-1}$), nem da Braquiária consorciada com Gliricídia ($2,0 \text{ g kg}^{-1}$). Já o teor de K foi inferior no Sabiá ($20,5 \text{ g kg}^{-1}$), não havendo efeito entre os períodos ($P=0,67$). A Braquiária consorciada com Gliricídia

apresentou maiores teores de Ca (4,5 g kg⁻¹) e Mg (4,4 g kg⁻¹), no entanto o Ca também foi superior na Gliricídia (4,4 g kg⁻¹) e Braquiária (3,5 g kg⁻¹) sem adubação (Tabela 2).

Tabela 2- Concentração de nutrientes no pastejo simulado de vacas em pastagens consorciadas com leguminosa e exclusiva com gramínea em diferentes ciclos de avaliação

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	C:N
	g/kg					
Gliricídia	41,9 ^a	1,7 ^{cd}	33,3 ^{ab}	4,4 ^a	3,2 ^b	10 ^d
B. Gliricídia	20,6 ^c	2,0 ^{abc}	35,3 ^a	4,5 ^a	4,4 ^a	21 ^b
Sabiá	32,6 ^{ab}	2,4 ^a	20,5 ^c	2,1 ^b	3,2 ^b	14 ^c
B. Sabiá	20,9 ^c	1,6 ^d	35,3 ^a	2,6 ^b	3,3 ^b	22 ^b
B. Adubada	26,8 ^{bc}	1,8 ^{bcd}	31,0 ^b	2,5 ^b	2,9 ^b	26 ^a
Braquiária	16,1 ^c	2,1 ^{ab}	28,6 ^b	3,5 ^{ab}	3,2 ^b	28 ^a
Erro padrão	4,29	0,12	1,34	0,59	0,14	0,99
Períodos						
Agosto/2010	36,9 ^a	2,0 ^{ab}	32,3 ^a	5,0 ^a	4,0 ^a	16 ^d
Janeiro/2011	28,1 ^a	1,8 ^{bc}	29,7 ^a	3,0 ^b	3,8 ^a	17 ^{cd}
Março/2011	21,1 ^a	1,5 ^c	30,0 ^a	3,0 ^b	3,1 ^b	25 ^a
Mai/2011	25,5 ^a	2,3 ^a	31,2 ^a	3,1 ^b	2,8 ^b	20 ^{bc}
Agosto/2011	21,9 ^a	2,1 ^{ab}	30,1 ^a	2,4 ^b	3,0 ^b	22 ^{ab}
Erro padrão	4,05	0,11	1,44	0,54	0,13	1,25

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para períodos e tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Não houve efeito para os teores de Ca ($P=0,17$), Mg ($P=0,42$) e P ($P= 0,29$) nas fezes entre os tratamentos, com média de 6,4g kg⁻¹, 4g kg⁻¹ e 6g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Para os períodos de avaliação, valores superiores foram observados em agosto/2011, para Ca, março e agosto/2011, para Mg e maio/2011, para o P.

As fezes dos animais no tratamento Braquiária adubada apresentaram maior teor de K, quando comparado com os tratamentos de consórcio. Entre os períodos, janeiro (13,4g kg⁻¹) apresentou valor inferior, quando comparado a maio (19,4g kg⁻¹) (Tabela 3).

A relação C:N das fezes dos animais que estavam no consórcio Braquiária x Gliricídia (25:1) foi superior aos demais tratamentos, com 22:1 e 21:1 para as fezes na Braquiária adubada e Sabiá, respectivamente. No período de janeiro/2011 observou-se relação C:N de 25:1, superando os valores observados em maio e agosto/2011, com 21:1 (Tabela 3).

O ^{15}N nas fezes não apresentou efeito entre Gliricídia e Braquiária adubada para os períodos de avaliação ($P=0,19$), apenas entre os tratamentos ($P<0,05$). As fezes no tratamento braquiária adubada apresentou concentração de ^{15}N de 5,98 ‰, mostrando inferior ao teor encontrado no consórcio com Gliricídia.

Tabela 3. Concentração de nutrientes nas fezes de vacas em pastagens consorciadas com leguminosa e exclusiva com gramínea em diferentes ciclos de avaliação

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	C:N	^{15}N
	g/kg						
Gliricídia	17,4b	6,15a	15,7b	7,42a	4,7a	25a	6,44a
Sabiá	19,9a	5,4a	15,2b	6,0a	4,7a	21b	6,28ab
B.Adubada	18,8ab	6,6a	18,1a	5,9a	4,4a	22b	5,98b
Braquiária	18,3b	6,0a	17,8ab	6,5a	4,4a	22b	6,14ab
Erro padrão	0,48	0,4	0,92	0,46	0,17	0,7	0,1
Períodos							
Outubro/2010	14,8c	6,2b	16,0ab	6,1b	4,6b	24ab	-
Janeiro/2011	15,3c	4,2c	13,4b	6,0b	3,7b	25a	6,01a
Março/2011	19,8b	4,5c	17,7ab	5,3b	4,6a	23ab	5,88a
Mai/2011	22,4a	8,2a	19,4a	6,2b	4,9b	21b	-
Agosto/2011	20,7b	6,9b	16,9ab	8,7a	4,9a	21b	6,04a
Erro padrão	0,62	0,44	1,51	0,51	0,2	1,06	0,103

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para períodos e tratamentos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Houve efeito tratamento x período para a concentração de ^{15}N nas forragens provenientes do pastejo simulado (Tabela 4). Valor inferior de ^{15}N foi encontrado na Gliricídia (1,26‰) e Sabiá (1,72‰). A concentração de ^{15}N na Braquiária adubada foi de 3,29 ‰ e de 2,7‰ para a Braquiária sem adubação, sendo menor que nas Braquiárias consorciadas (4,2‰).

Tabela 4. Concentração de 15N no pastejo simulado e fezes de vacas em pastagens consorciadas com leguminosa e exclusiva com gramínea em diferentes ciclos de avaliação

Períodos	Consórcio 1		Consórcio 2		BA	B	Erro
	G	B	S	B			
			‰				
Janeiro/2010	1,2bA	3,4aB	1,3bA	3,4aB	2,9abB	2,3abB	0,39
Março/2011	0,95bA	3,5abB	2,2bA	4,0aB	2,0bB	1,5bB	0,45
Agosto/2011	1,3bA	5,5aA	1,6bA	5,6aA	5,0aA	4,4aA	0,45
Erro padrão	0,28	0,28	0,29	0,28	0,28	0,28	

Letras iguais, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5 %. C1=Consórcio Braquiária com Gliricídia, C2= consórcio Braquiária com Sabiá, G= Gliricídia, S= Sabiá, B= Braquiária e BA = Braquiária adubada.

Não foram observadas diferenças estatísticas para o 15N entre as leguminosas e as Braquiárias, tanto adubada como não adubada, nos períodos de janeiro e março de 2011. Observou-se um acréscimo de 15N no período de agosto/2011 para a Braquiária consorciada e exclusiva (Tabela 4).

Distribuição das placas de fezes

Os parâmetros matemáticos utilizados para conferir a distribuição das placas de fezes nas pastagens não apresentaram diferença entre os tratamentos. Foram observadas, em média, 22 placas de fezes por tratamento (0,034 placas/m²), no período de 48h, com área individual de 0,056m² com distribuição de forma agregada (ID>1 e o Ip>0,5), com ID de 1,37 para Gliricídia, 1,33 no Sabiá, 1,28 para Braquiária adubada e 1,38 na Braquiária sem adubação. O Ip apresentou média de 0,53 para os tratamentos.

O número de placas de fezes foi superior no período de agosto/2010, acarretando em maior porção da área da pastagem coberta pelas fezes. A distribuição também se deu de forma agregada, de acordo com o ID e o Ip (Tabela 5). Observou-se maior agregação nos períodos de agosto e outubro/2010 e agosto/2011.

Observou-se que os coeficientes de assimetria (Cs) e de curtose (Ck) para a distribuição de fezes para os tratamentos (Cs =1,99 e Ck= 4,75) e nos períodos, mostram tendência assimétrica positiva e leptocurtica das variáveis, indicando uma variação do valor da moda (Tabela 5).

Tabela 5. Média das análises descritivas e variáveis da análise geoestatística para distribuição de fezes nas pastagens consorciadas com leguminosa e exclusiva com gramínea e nos diferentes ciclos de pastejo.

Períodos	F/m ²	¹ PCS %	² ID	³ Ip	⁴ Co	⁵ Co+C	⁶ IDE %	⁷ Ao m	⁸ Cs	⁹ Ck
Jan /10	0,048b	0,27b	1,22b	0,52b	0,0025a	0,0071a	36,1a	30,3a	1,9bc	5,0b
Ago/10	0,062a	0,36a	1,33ab	0,51b	0,0007b	0,0075a	10,4c	19,9a	1,3d	1,6c
Out/10	0,030c	0,18c	1,54a	0,54a	0,0014b	0,0063a	20,4bc	31,4a	2,6a	8,0a
Jan/11	0,027c	0,14c	1,26b	0,52b	0,0007b	0,0028b	20,4bc	23,1a	1,8c	3,6bc
Mar/11	0,028c	0,16c	1,22b	0,52b	0,0004b	0,0028b	13,6bc	21,7a	1,7cd	2,9bc
Mai/11	0,018c	0,11c	1,26b	0,54a	0,0008b	0,0023b	26,7ab	33,6a	2,3ab	5,7b
Ago/11	0,028c	0,17c	1,53a	0,55a	0,0004b	0,0038b	10,9c	31,5a	2,4ab	7,4a
Erro	0,005	0,03	0,08	0,005	0,0003	0,0009	4,84	6,47	0,17	1,14

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% ¹PCS = com sobreposição, ²ID= índice de dispersão, ³ Ip = Índice de morista padronizado, ⁴Co = efeito pepita, ⁵Co+C = patamar, ⁶IDE = índice de dependência espacial, ⁷Ao = alcance, ⁸Cs=coeficiente de assimetria, ⁹Ck = coeficiente de curtose, F= fezes.

No período de janeiro/2010 foram observados valores superiores para o Co e para o C+Co, além deste período, agosto e outubro de 2010 também apresentaram valores elevados dos demais (Tabela 5). No entanto, observou-se influência espacial na deposição das placas na pastagem em todos os períodos. Para os tratamentos, não se observou efeito ($P=0,48$), com média para Co= 0,00095 e C+Co= 0,0046).

A dependência espacial entre as placas foi considerada moderada, com IDE entre 25% e 75%, nos períodos de janeiro/2010 e maio/2011, sendo considerada forte a dependência espacial ($IDE \leq 25\%$) nos demais períodos. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para o IDE, com 24% para Gliricídia, 20%

no Sabiá, 18% na Braquiária adubada e 19% na Braquiária sem adubação, mostrando forte dependência espacial entre as placas de fezes.

Não foram observadas diferenças para o nem entre os períodos ($P= 0,59$) (Tabela 5), nem entre os tratamentos ($P= 0,49$), com 24m, 30m, 23m e 32m para Gliricídia, Sabiá, Braquiária adubada e Braquiária sem adubação, respectivamente.

Para visualização dos mapas de distribuição de fezes nas pastagens, foi selecionado o tratamento de consórcio com Sabiá (bloco 2) para representar as variações dos períodos estudados. Na maioria dos períodos, a deposição das fezes se deu de forma aleatória, sobretudo nas extremidades do piquete e, em alguns pontos centrais, destacando-se os períodos de janeiro e agosto/2010, com maior distribuição das fezes na pastagem, diante no número de placas por m^2 (Tabela 5). Observou-se maior agregação das placas nos períodos de outubro/2010 e agosto/2011. No caso específico do tratamento sabiá (Figura 8), o ID e o I_p foram 1,48 e 0,53; 1,96 e 0,60 para os períodos citados, respectivamente.

Avaliando a soma dos sete períodos de 48 h, equivalente a 14 dias de deposição de fezes, os tratamentos não apresentaram diferença ($P > 0,05$), com média de 0,24 placa⁻¹ m^2 , com 11,18% de IDE, considerando uma dependência espacial forte, com alcance de 30 m, sendo as placas encontradas fora desse raio, distribuídas aleatoriamente.

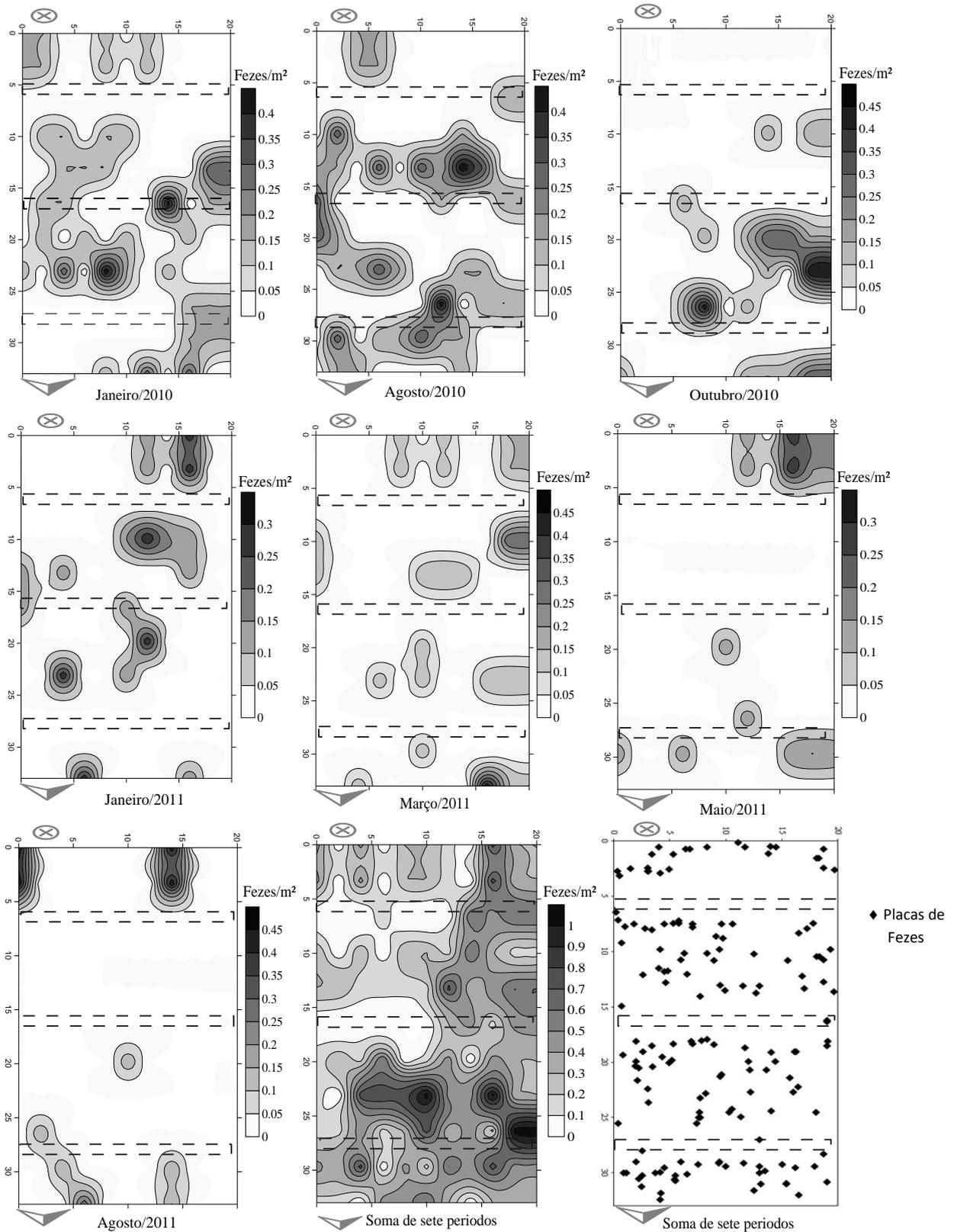


Figura 7. Distribuição de fezes na pastagem de *Brachiaria decumbens* consorciada com *Mimosa caesalpinifolia* Benth (Sabiá), nos diferentes períodos de avaliação e a soma das placas de fezes nos períodos. () Porteira, () Bebedouro, (- - -) Faixas de leguminosa.

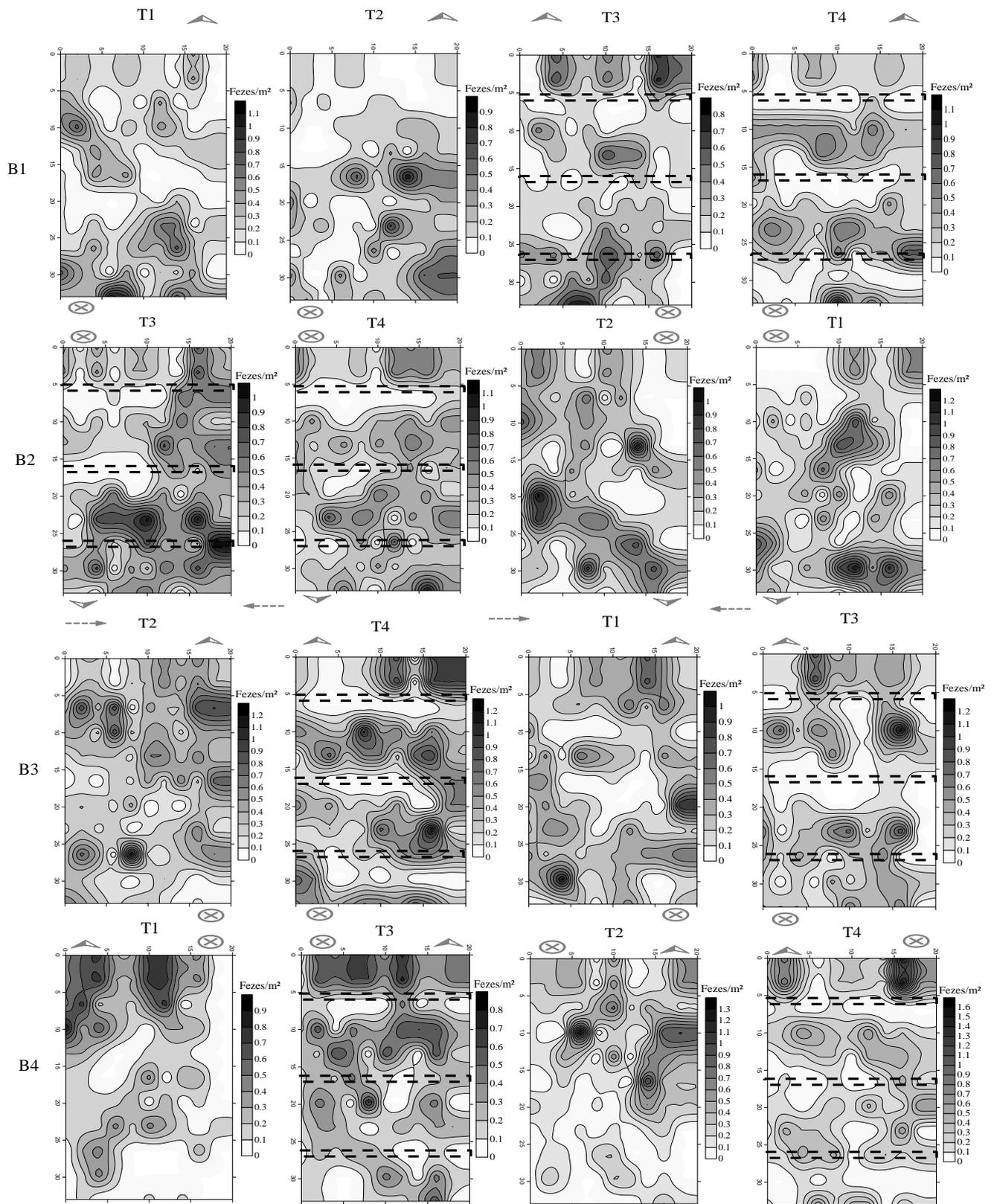


Figura 8. Mapa representativo da soma da distribuição de fezes em sete períodos na área experimental de pastagem consorciada *Brachiaria decumbens* e leguminosas arbustivas; B – Blocos (1, 2, 3 e 4), T 1 – *Brachiaria decumbens*, T 2 – *Brachiaria decumbens* (60kg de N), T 3 – *Gliricidia sepium*, T 4– *Mimosa caesalpinifolia* Benth, (▲) Porteira, (⊗) Bebedouro, (---->) Corredor de acesso, (- - -) Faixas de leguminosa

Discussão

As variações dos teores de minerais nas fezes entre os períodos podem estar relacionadas aos teores de minerais na forragem consumida, sendo importante identificar a composição botânica e química do pasto para melhor eficiência no uso de nutrientes (Orr et al., 2012b). Com o aumento de N na dieta, o retorno via excreta tenderá a aumentar (Torres et al., 2007), podendo chegar até a 79% do ingerido, sendo esse N muitas vezes indisponível (Cantarutti et al., 2002). O teor de P nas fezes é fortemente correlacionado com a quantidade de P ingerido, podendo chegar a 99% do P ingerido, eliminado pelas fezes (Bronfrld & Jones, 1970; Orr et al., 2012a).

A relação C:N na forragem também pode influenciar o retorno de N pela decomposição das fezes. No pastejo simulado foram encontradas maiores relações C:N nas Braquiárias (26:1, sem adubo e 28:1, adubada) e relações inferiores para as leguminosas (10:1, para Gliricídia e 14:1, para Sabiá). As Braquiárias consorciadas apresentaram valores intermediários, com relação C:N média de 21:1.

A amplitude de variação observada nas concentrações de N nas fezes foi de acordo com os valores reportados por Hirata et al. (2009), que variaram de 14,8-23,1g kg⁻¹ de N. A introdução de leguminosas em pastagens exclusivas de gramíneas promove aumento nos teores de nutrientes retornados por excretas de ruminantes. Apesar de a Gliricídia apresentar valores de N superiores à gramínea, o N nas fezes foi inferior neste tratamento, não diferindo do tratamento Braquiária.

Este fato pode explicar o maior teor de N nas fezes dos animais no tratamento de Sabiá (20g kg⁻¹) onde, além da preferência de 24,5% do Sabiá em relação ao tempo total de pastejo, a gramínea em consórcio também apresentou aumento no teor de N, quando

comparada com a gramínea sem adubação nitrogenada. De acordo com Jalonen et al. (2009), a fixação simbiótica de N por leguminosas arbustivas, representa uma entrada substancial de N em sistemas agroflorestais, o que pode beneficiar as culturas associadas.

Nygren e Leblanc (2009) observaram que o N fixado pela Gliricídia variou de 56% a 74%, sendo esta variação relacionada à precipitação, que é mais alta nos meses chuvosos. Estes autores observaram pequena variação na composição de 15N nos componentes da Gliricídia (0,13‰ em folhas jovens, 0,31‰ em folhas maduras e 0,53‰ nos ramos), sendo estes menores comparados ao presente trabalho (1,26‰). Valores ainda menores foram encontrados por Boddey et al. (2000) e Bueno dos Reis Jr. et al. (2010), com -1,28 ‰ e -1,24 ‰ para gliricídia e sabiá, respectivamente. Paulino et al. (2009) com 15N de $-0,2‰ \pm 0,18$ a Gliricídia apresentou $80\% \pm 7,3$ de N fixado.

O baixo valor de 15N na Braquiária adubada pode estar relacionado com a presença de bactérias diazotróficas, que podem contribuir para a fixação biológica de N, com variações de 10% a 42% de N fixado, dependendo da intensidade de pastejo (Silva et al., 2010), sendo esse valor elevado em condições de adubação nitrogenada. Entre as diferentes espécies de bactérias diazotróficas associadas a gramíneas, destacam-se as do gênero *Azospirillum*, que, além da fixação de N atmosférico, também podem produzir e fornecer às plantas auxinas, giberelinas, citocininas e vitaminas.

Apesar de a Gliricídia apresentar menor 15N, a baixa preferência dos animais por essa leguminosa pode ter implicado no aumento dos valores de 15N nas fezes dos animais desse tratamento, quando comparado com fezes dos animais no pasto de braquiária adubada. Segundo Silva et al. (2010), a *Brachiria decumbens* apresentou

32% de fixação de N, destacando uma variação da contribuição de fixação biológica de N

Distribuição de fezes

A defecação dos bovinos nas pastagens varia em função das condições climáticas, da quantidade do alimento ingerido e das características inerentes ao próprio animal, alterando o volume excretado e a frequência. O número diário de defecações por animal e a área média de cada placa (11 placas e 0,05fezes/m²), observados no presente experimento, foram próximos aos observados por Braz et al. (2003) (9,8 placas e 0,047fezes/m²) em pastagens exclusiva de *B. decumbens*. Mostrando que o número de fezes depositadas na pastagem não foi influenciado com a presença de leguminosas arbustivas.

Sollenberger et al. (2002) citaram que, em média, são excretadas de 11 a 16 placas de fezes por animal dia⁻¹, com peso médio de 1,5 a 2,7 kg e área de placa de 0,05 a 0,14 m². Hirata et al. (2009) e Orr et al. (2012) observaram variação de 10-19 e de 9-10, respectivamente para número de defecações diárias por animal. Para Aguiar et al. (2006), a área média de cada placa foi de 0,07 m², sendo superior ao observado neste experimento. A densidade média de excrementos varia diretamente com a duração do período de pastejo, o número de animais em pastejo e da área coberta por um excremento (Petersen et al., 1956a). De acordo com Sanderson et al. (2010), os locais de maior concentração de nutrientes coincidem com as áreas de maior concentração de animais.

De acordo com o número de placas de fezes observadas na pastagem, no período de 48h, pode-se estimar uma deposição média de 11 placas animal⁻¹dia⁻¹, ocupando uma

área média de 0,62m². Considerando 10 ciclos de pastejo de 35 dias (três dias de permanência e 32 dias de descanso), estima-se que 2,8% da superfície da pastagem foi coberta por fezes, equivalente a 0,2% ha⁻¹ano⁻¹, com retorno médio de 60,6 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N; 19,7 kg ha⁻¹ano⁻¹ de P; 54,5 kg ha⁻¹ano⁻¹ de K; 19,7 kg ha⁻¹ano⁻¹ de Ca e 12,1 kg ha⁻¹ano⁻¹ de Mg, estimados a partir do peso médio de 648,4 g MS por placa de fezes.

A deposição de excretas normalmente ocorre após ruminção e ócio, principalmente quando os animais desempenham essas atividades deitados. Ao levantarem, os animais urinam e/ou defecam, criando, assim, um ambiente com alta concentração de excretas nas áreas de descanso. Este fato também foi observado por Orr et al. (2012), onde, após 1 hora na atividade de ócio ou ruminando deitado, ao se levantar, os animais defecavam ou urinavam com um intervalo mínimo, iniciando o pastejo em seguida.

Observações comportamentais realizadas na área experimental destacaram que, em 10 horas de permanência dos animais na pastagem, em 38% desse período, os mesmos estavam ruminando ou em ócio. Nos tratamentos com leguminosas, observou-se que 70% dessas atividades foram na sombra. Santos et al. (2011), estudando o comportamento de novilhas em pastagens consorciadas de braquiária com leguminosas arbustivas, na Zona da Mata Norte de Pernambuco, observaram que 64,86% e 64,7% das atividades ruminando e ócio, respectivamente, eram em áreas sombreadas de Gliricídia, o que pode levar a uma deposição de excretas próxima a essas áreas.

Apesar de apresentar uma distribuição de fezes de forma agregada (ID>1), principalmente em agosto e outubro/2010 (ID=1,54; Ip=0,54 e ID=1,53; Ip=0,55, respectivamente), o consórcio de braquiária com leguminosas arbustivas não influenciou da distribuição das fezes, quando comparada com pastagem exclusiva da

gramínea. As variações da distribuição das fezes nos períodos pode ser explicada pela variação da precipitação e temperatura (Figura 1) (Rodriguez et. al., 2002), como também alterações na rotina comportamental animal, como mudança de piquete ou introdução de novos animais, também pode elevar o número de defecações e a agregação das placas perto de cercas e porteiras.

Silva Neto et al. (2011) observaram que a presença de árvores na pastagem mantém maior continuidade espacial na distribuição das fezes, enquanto que Karki et al. (2010) verificaram que o padrão de distribuição dos animais foi mais homogêneo no sistema silvipastoril. Assim, a forma de distribuição das árvores na área da pastagem pode ter influenciado na dispersão dos excrementos (Ferreira et al., 2011; Kruschewsky, 2009). O espaçamento (10m x 1,0 m x 0,5 m) das leguminosas proporcionou um sombreamento uniforme nas parcelas, dificultando a concentração de fezes em um ponto específico sombreado. Souza et al. (2010) também afirmam que a disposição das árvores em faixa não influenciaram a deposição das fezes, quando comparada com os tratamentos exclusivos de gramínea, devido à sombra homogênea.

Silva neto et al. (2011) encontraram valores superiores para pastagem arborizadas, com alcance de 310,90 m e moderada dependência espacial para área arborizada, e inferiores para sem arborização de 14,90 m com forte dependência. O alto valor de alcance (36,3m e 34,0m para o consórcio com Gliricídia e Sabiá, respectivamente) mostra que a presença de árvores na pastagem mantém maior continuidade espacial na distribuição das fezes pela área, em relação aos piquetes sem a presença de árvores com alcance de 26,2m e 22,5m para Braquiária adubada e Braquiária sem adubação. Esse atributo garante que todos os pontos dentro de um

círculo com este raio são tão similares que podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles.

Quanto menor o alcance, mais rapidamente se obtém a independência entre as placas de fezes (Journel & Huijbregts, 1991; Machado et al., 2007). Segundo Oliveira et al. (1999), o conhecimento do alcance é importante para o planejamento do manejo da adubação, tanto na agricultura convencional, como na agricultura de precisão. Desse modo, a análise espacial pode melhorar a eficiência e o controle do sistema de produção (Schaffath et al., 2008).

A geoestatística, junto com modelos matemáticos, pode ser aplicada positivamente para verificar a distribuição de fezes em pastagens consorciadas de *B. decumbens* com leguminosas arbustivas, cultivadas em linhas. Feng et al. (2004) afirmam que mapas de krigagem ordinária confeccionados, permitiram visualizar arranjos de distribuição espacial das placas de fezes característicos das áreas de pastagens e de descanso, o que proporcionou a identificação de zonas de deposição de fezes, em função das características de cada local da pastagem. Essas informações permitem definir práticas de manejo para reduzir os possíveis impactos ambientais dessa deposição de fezes.

Uma das formas de reduzir os extremos de acúmulos de nutrientes através da concentração das fezes, pode ser utilizando sombras, alimentadores e bebedores móveis, deslocando-os para áreas não susceptíveis a lixiviação (Sanderson et al., 2010). Ferreira et al. (2004) sugeriram que uma distribuição mais uniforme, com menor agregação dos animais, pode ser obtida com a diminuição da oportunidade de descanso, elevadas taxas de lotação e menor período de pastejo.

Conclusões

A utilização de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (Sabiá) e *Gliricidia sepium* (Gliricídia) consorciadas com *Brachiaria decumbens* (Braquiária) promoveu aumento no teor de N na gramínea, sendo pouco evidente nas fezes dos animais nestas pastagens.

A concentração de 15N na *Brachiaria decumbens* foi influenciada pela associação com as leguminosas e os meses de avaliação.

A presença de leguminosas arbustivas distribuídas em linhas não influenciou no padrão de distribuição das fezes.

Referências Bibliográficas

AGUIAR et al. **Dinâmica da distribuição de fezes bovinas em uma pastagem manejada intensivamente**¹ ZOOTEC 2006 - 22 a 26 de maio de 2006 - Centro de Convenções de Pernambuco.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de Análises Químicas em Plantas**. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária. p,165.2004.

BRAZ, S P. **Distribuição de fezes de bovinos e a reciclagem de nutrientes em pastagens de Brachiaria decumbens**. TESE (Mestrado - Zootecnia). Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 77p. 2001

BRAZ, S.P., et al. Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. **R. Bras. Zootec.**, July/Aug. 2003, vol.32, no.4, p.787-794

BODDEY, R.M. et al. Use of the 15N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.57, p.235-270, 2000.

BUENO DOS REIS JR., F., M.F. Simon, E. Gross, R.M. Boddey, G.N. Elliot, N.E. Neto, M. de Fatima Loureiro, L.P. de Queiroz, M.R. Scotti, W.M. Chen, A. Norén, M.C. Rubio, S.M. de Faria, C. Bontemps, S.R. Goi, J.P.W. Young, J.I. Sprent and E.K. James. 2010. Nodulation and nitrogen fixation by *Mimosa* spp. in the Cerrado and Catinga biomes of Brazil. *New Phytologist* 186: 934-946.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CANTARUTTI, R.B.; NASCIMENTO Jr., D.; COSTA; O.V. **Impacto do animal sobre o solo: Compactação e reciclagem de nutrientes. In: Produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 2001. p.826-837.**

COSTA, M. J. R. P. da et al. **Desintegration of dung pats in coastcross pastures grazed by holtein cows.** In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE IFOAM. Organic Agriculture, a key to a sound developement an a sustainable environment. São Paulo: IFOAM, 1992. p. 226-232.

Cook, C. W. 1964. Collecting forage samples representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies. **Journal of Animal Science**, 23:265-270

CPRH – **Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. Diagnóstico sócio ambiental do Litoral Norte de Pernambuco.** Recife, 2003, 214p.

DOS REIS JR, Fábio Bueno et al. Nodulation and nitrogen fixation by *Mimosa* spp. in the Cerrado and Caatinga biomes of Brazil. **New Phytologist**, v. 186, n. 4, p. 934-946, 2010.

DUBEUX Jr., J.C.B. **Management strategies to improve nutrient cycling in grazed pensacola bahiagrass pastures.** Estados Unidos: University of Florida. 2005. 185p. Tese (Doutorado em Agronomia) – University of Florida, 2005.

DUBEUX Jr., J.C.B.; Sollenberger, L.E.; Mathews, B.W.; Scholberg, J.M.; Santos, H.Q. Nutrient Cycling In Warm-Climature Grasslands – A Review & Interpretation. **Crop Science**. v.47, p. 915-928, 2007.

DUBEUX, J.C.B., et al. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Sci.**, v. 46, p.1305-1310, 2006.

DUBEUX, Jr J.C.B. et al. Animal Behavior and Soil Nutrient Redistribution in Continuously Stocked Pensacola Bahiagrass Pastures Managed at Different Intensities **crop science**, vol. 49, july–august 2009.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 1979. **National Soil Research Center, National service for soil survey and soil conservation**. Manual of methods for soil analyses. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, Brazil.

FERREIRA, E., et al. Statistical models to study distribution of bovine excreta in tropical pastures and their importance in sustainability of environmental systems. *Livestock Res. Dev.* v., 2004.

FERREIRA, L. C. B.; MACHADO FILHO, L. C. P.; HOETZEL, M J.; LABARRÈRE, J. G. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão das fezes dos bovinos nas pastagens *Revista Brasileira de Agroecologia Rev. Bras. de Agroecologia*. 6(1): 137-146 (2011)

FENG, Q.; LIU, Y.; MIKAMI, M. Geostatistical analysis of soil moisture variability in grassland. *Journal of Arid Environments*, v.58, p.357-372, 2004.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer for Windows version 8.0**. Colorado: Golden, 2002.

GUERRA, P. A. G. **Geoestatística operacional**. Brasília, MME/DNPM, 1988. 145p.

HIRATA M, HASEGAWA N, NOMURA M, ITO H, NOGAMI K, SONODA T. Deposition and decomposition of cattle dung in forest grazing in southern Kyushu, Japan. *Ecol Res*, 2009, 24: 119-125.

HIRATA, Masahiko; HIGASHIYAMA, Masakazu; HASEGAWA, Nobumi. Diurnal pattern of excretion in grazing cattle. *Livestock Science*, v. 142, n. 1, p. 23-32, 2011.

<http://www.agritempo.gov.br/>

ITEP. **Instituto de Tecnologia de Pernambuco**. Disponível em: <http://www.itep.br>. Acesso em 15 de novembro de 2012.

KARKI, Uma; GOODMAN, Mary S. Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture versus open-pasture. *Agroforestry systems*, v. 78, n. 2, p. 159-168, 2010.

KREBS, C J 1999 **Ecological Methodology**. 2nd edition, New York: Benjamin-Cumming, 620 p.

Jalonen, R., P. Nygren and J. Sierra. 2009. Root exudates of a legume tree as a nitrogen source for a tropical fodder grass. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 85(2): 203-213.

Journel A.G., Huijbregts C.J. 1978. Mining Geostatistics. London: Academic Press. 600p.

KRUSCHEWSKY, G. C. **Distribuição Espacial de Fezes de Bovinos em Sistema Silvopastoril e em Convencional**: TESE (Mestrado – Ciências Agrárias) Estudo de Caso no Noroeste do Paraná. – 2009

MACHADO, L.O.; LANA, A.M.Q.; LANA, R.M.Q.; GUIMARÃES, E.C.; FERREIRA, C.V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.3, p.591-599, 2007.

NAVARINI, F. C. et al. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento ea pleno sol. **Engenharia Agrícola**, p. 508-517, 2009.

NYGREN, Pekka; LEBLANC, Humberto A. Natural abundance of 15N in two cacao plantations with legume and non-legume shade trees. **Agroforestry systems**, v. 76, n. 2, p. 303-315, 2009.

OLIVEIRA, R.P.M. Vantagens e desvantagens da utilização do sistema silvipastoril em ovinos: Ênfase na fisiologia animal. **PUBVET**, V.2, N.9, 2008.

ORR, Robert J. et al. Defaecation and urination behaviour in beef cattle grazing semi-natural grassland. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 139, n. 1, p. 18-25, 2012.

PETERSEN R.G.; WOODHOUSE, W.W.; LUCAS, H.L. The distribution of excreta by freely grazing cattle and its effect on pasture fertility: I. Excretai distribution. **Agronomy Journal**, v. 48, n. 10, p.440-444, 1956.

ROBERTSON, G.P. GS+: **Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User’s guide**. Plainwell: Gamma Design Software, 2008. 152p.

RODRIGUES, AM, CECATO, U, FUKUMOTO, NM, Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaca fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.37, p.990-997, 2008.

RODRÍGUEZ, Idalmis; CRESPO, G.; FRAGA, S. Distribución espacial de las excreciones.. **Revista Cubana de Ciência Agrícola**, v. 36, n. 3, p. 287, 2002.

SANDERSON, M. A. et al. Spatial distribution of livestock concentration areas and soil nutrients in pastures. **Journal of soil and water conservation**, v. 65, n. 3, p. 180-189, 2010.

SANTOS A. M. et al. Caracterização do pasto e da extrusa de novilhas Girolanda, em pastagem de *Brachiaria decumbens*, submetidas a diferentes taxas de lotação Acta Scientiarum. **Animal Sciences Maringá**, v. 33, n. 2, p. 115-122, 2011

SAS Institute. 2001. Statistical analysis systems user's guide: version 8.2. 6th ed. **Statistical Analysis System Institute**. Cary, NC. USA, 199.

SCHAFFRATH, V. R.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GONCALVES, A. C. A. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1369-1377, 2008.

SILVA H.M.S. et al., Signal Grass Litter Decomposition Rate Increases with Inclusion of Calopo **crop science**, vol. 52, may–june 2012.

SILVA NETO, Sabino Pereira da et al. Padrões espaciais de deposição de fezes por bovinos de corte em áreas de pastagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 2, 2011.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SOUZA B.B. avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas. Artigo Científico ACSA - **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.06, n 02 abril/junho 2010 p. 59 - 65

SOLLENBERGER, L. E. et al., **Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 39. Recife, 29 de jul. a 01 de ago, 2002. Anais ... Recife: Edição dos Editores, 2002. 566 p. p. 151-179.

TORRES, D.deA. et al. **Estratégias de manejo e alimentação visando a melhoria da pecuária leiteira familiar das Regiões Sul e Centro-Sul Fluminense**. (S.L.): EMBRAPA/CNPGL, 84p. 2007

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, v.51, n.3, p.1-75, 1983.

ZUBERER D.A. 2005. "Biological Dinitrogen Fixation: Introduction and Nonsymbiotic" In: D.M. Sylvia, P.G. Hartel, J.J. Fuhrmann and D.A. Zuberer Principles and Application of Soil Microbiology: Second Edition pp. 373-404. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc.