



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Atributos do solo e decomposição de fezes bovinas
em sistemas silvipastoris**

Hugo Neves de Barros Lima

Recife – PE
Agosto, 2014

Hugo Neves de Barros Lima

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Comitê de Orientação:

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

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

Coorientador – Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello

HUGO NEVES DE BARROS LIMA

Atributos do solo e decomposição de fezes bovinas em sistemas silvipastoris

Dissertação defendida e aprovada em 04 de Agosto de 2014.

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Mário de Andrade Lira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. Márcio Vieira da Cunha
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. James Pierre Muir
Agrilife Research, Texas A&M

Profa. Dra. Mércia Virgínia Ferreira dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia
Presidente

Recife – PE
Agosto, 2014

Aos meus pais,

Ney Barros Lima e Glauce Maria Neves de Barros Lima,

Por todo apoio e contribuição que destinaram a minha formação educacional.

À minha esposa e meu filho,

Jakeline Barros Lima e Miguel Barros Lima,

Pelo amor, companheirismo, carinho e desafogo nas horas necessárias.

Á minha querida avó,

Hebe Barros Lima,

Minha maior incentivadora de todos os momentos.

DEDICO

A todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao IPA – Instituto Agrônomo de Pernambuco, pela parceria, acolhimento e disponibilização de meios para realização dos experimentos.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de e financiamento do projeto.

Ao professor, José Carlos Batista Dubeux Jr., não só pelos muitos ensinamentos pedagógicos e específicos da área, mas pela oportunidade de convivência com uma das pessoas mais sensatas, objetivas e educadas que tive a satisfação de conhecer.

À professora Mércia Virgínia Ferreira dos Santos e ao professor Alexandre Carneiro Leão de Mello, pelos ensinamentos, colaborações e incentivos que me ajudaram a seguir e concluir a pós-graduação.

Ao professor, Mário de Andrade Lira pelos aconselhamentos e sugestões, importantíssimos para o melhoramento deste trabalho.

Aos demais professores e todos os demais funcionários do Departamento de Zootecnia, por toda colaboração no decorrer do Curso.

Ao Dr. Aluísio Simões e toda equipe diretora da Estação Experimental de Itambé (IPA), pela atenção oferecida e necessária para a boa execução da fase experimental desta pesquisa.

Aos funcionários do IPA de Itambé (Nego, Deca, Gagai e Biu) e a Max por todo suor derramado e pela paciência de ficarmos em campo muitas vezes até o por do sol, a fim de aproveitar todas as horas disponíveis.

Aos colegas Valéria Xavier, Felipe Martins, Hiran Silva, Carolina Lira, Diego Coelho, Marcelo Santana e Tomás Guilherme pelas ajudas e contribuições para a realização deste trabalho.

À doutoranda Suellen Miranda, por me nortear na fase inicial da pós-graduação, amiga que verdadeiramente me ajudou e incentivou no início desta jornada.

Ao mestrando Janerson Coelho, pela grande amizade construída, pelos momentos de descontração e pelas ajudas “noites adentro” nas avaliações laboratoriais.

À professora Betânia Freire, pela atenção de nos receber no Laboratório de Química do Solo, e a Jhonatha David pela ajuda e disponibilidade durante as avaliações.

Ao professor Clístenes Nascimento e todos que fazem o Laboratório de Fertilidade do Solo no Departamento de Agronomia da UFRPE, por estarem sempre prontos a nos atender, especialmente nas ocasiões mais urgentes.

Agradeço a minha família e amigos, pela força, compreensão e incentivo durante essa difícil, porém proveitosa etapa da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço a Deus por esta oportunidade e por ter colocado todas as pessoas mencionadas acima no meu caminho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Hugo Neves de Barros Lima, filho de Ney Borges de Barros Lima e Glauce Maria Neves de Barros Lima, nasceu em 30 de Dezembro de 1977, na cidade de Recife, Pernambuco. Formou-se em Biologia pela Faculdade de Formação de Professores da Mata Sul, no município de Palmares – PE, no ano de 2006 e atua como professor de Ciências Biológicas no município de Cortês desde 2009. Em 2012 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGZ/UFRPE) na área de concentração em Forragicultura, concluindo o curso de mestrado em Agosto de 2014.

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e nunca se arrepende.”

Leonardo da Vinci

“Todos pensando em deixar um planeta melhor para seus filhos...
... quando pensarão em deixar filhos melhores para o planeta?”

Autor desconhecido

Sumário

Lista de Tabelas.....	11
Lista de Figuras.....	12
Resumo Geral.....	13
Abstract.....	15

Capítulo I

Revisão de Literatura

Pecuária uma visão econômica.....	18
Sistemas silvipastoris.....	21
Ciclagem de nutrientes via serrapilheira.....	23
Ciclagem de nutrientes via excreta animal.....	24
Referências bibliográficas.....	27

Capítulo II

Resumo.....	34
Abstract.....	36
Introdução.....	37
Materiais e métodos.....	42
Resultados e discussões.....	46
Conclusões.....	60
Referências bibliográficas.....	61

Capítulo III

Resumo.....	73
Abstract.....	74
Introdução.....	75
Materiais e métodos.....	77
Resultados e discussões.....	80
Conclusões.....	91
Referências bibliográficas.....	92
Anexos.....	98

Lista de Tabelas

Capítulo 2

Tabela 1. Caracterização do solo da área experimental antes da introdução das espécies leguminosas, em 2008.....	43
Tabela 2. Caracterização do solo na área experimental no início do experimento (2013).....	44
Tabela 3. Análise química do solo em pastagens de Braquiaria exclusiva, Braquiaria consorciada com Gliricídia e Braquiaria em consórcio com Sabiá, em profundidade de 0-20 cm (2012).....	46
Tabela 4. Velocidade de infiltração em solos de pastagem de Braquiaria exclusiva, consorciada com Gliricídia, consorciada com Sabiá, entre linhas de Gliricídia e entre linhas de Sabiá.....	49
Tabela 5. Umidade do solo em profundidade de 0 a 20 cm em pastagens de Braquiaria exclusiva, Braquiaria consorciada com Gliricídia e Braquiaria em consórcio com Sabiá.....	52
Tabela 6. Umidade do solo em profundidade de 0 a 20 cm em distintos pontos do transecto em relação à distância (m) da linha de leguminosas em pastagens de Braquiaria consorciada com Gliricídia e Sabiá.....	53
Tabela 7. Densidade do solo em profundidade de 0 a 20 cm em pastagens de Braquiaria exclusiva, Braquiaria consorciada com Gliricídia e Braquiaria em consórcio com Sabiá.....	54
Tabela 8. Densidade do solo em profundidade de 0 a 20 cm em pontos do transecto em relação à distância (m) da linha de leguminosas em pastagens de Braquiaria consorciada com Gliricídia e Sabiá.....	56
Tabela 9. Fração leve da matéria orgânica em pastagens de Braquiaria exclusiva, Braquiaria consorciada com Gliricídia e Braquiaria em consórcio com Sabiá.....	57
Tabela 10. Fração leve da matéria orgânica em pontos do transecto em relação à distância (m) da linha de leguminosas em pastagens de Braquiaria consorciada com Gliricídia e Sabiá (0 – 20 cm).....	59

Capítulo 3

Tabela 1. Concentrações iniciais de nutrientes em fezes de bovinos pastejando Braquiaria decumbens exclusiva e consorciada com Gliricídia e Sabiá.....	80
Tabela 2. Médias entre os tratamentos para o N, Mg, Ca e relação C:N nas estações seca e chuvosa.....	90

Lista de Figuras

Capítulo 2

Figura 1. Índice pluviométrico do Campo Experimental do IPA – Itambé, nos anos de experimento.....	42
Figura 2. Distância dos pontos de coleta de solo em relação aos transectos de leguminosas nas áreas experimentais.....	43
Figura 3. Elevação do pH do solo em relação à distância do transecto das leguminosas das áreas consorciadas.....	47

Lista de Figuras

Capítulo 3

Figura 1. Índice pluviométrico do Campo Experimental do IPA – Itambé nos anos de experimento e durante o período experimental.....	77
Figura 2. Porcentagem de biomassa remanescente em fezes de bovinos em pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> exclusiva e consorciada com <i>Gliricídia</i> e <i>Sabiá</i>	81
Figura 3. Porcentagem de nutrientes com base na MO remanescente em fezes de bovinos em pastagem de <i>Braquiaria decumbens</i> exclusiva, consorciada com <i>Gliricídia</i> e <i>Sabiá</i>	84
Figura 4. Relação C:N em fezes de bovinos em pastagem de <i>Braquiaria decumbens</i> exclusiva, consorciada com <i>Gliricídia</i> e <i>Sabiá</i>	86
Figura 5. Porcentagem de Ca remanescente em fezes de bovinos em pastagem de <i>Braquiaria decumbens</i> exclusiva, consorciada com <i>Gliricídia</i> e <i>Sabiá</i> em diferentes épocas de coleta das fezes. (ES = Estação seca, EC = Estação chuvosa).....	89
Figura 6. Porcentagem de Mg remanescente em fezes de bovinos em pastagem de <i>Braquiaria</i> exclusiva, consorciada com <i>Gliricídia</i> e <i>Sabiá</i> em diferentes épocas de coleta das fezes. (ES = Estação seca, EC = Estação chuvosa).....	89

RESUMO GERAL

As características do solo e a decomposição das fezes são fatores que influenciam marcadamente o sistema de produção. A consorciação de espécies forrageiras melhora os aspectos físicos do solo e a ciclagem de nutrientes no sistema. Objetivou-se avaliar os efeitos da introdução de um sistema silvipastoril em áreas de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf, nos atributos físicos e químicos do solo e a ciclagem de nutrientes advindos da taxa de decomposição e liberação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e Na em excretas de bovinos coletadas em épocas distintas. Os tratamentos utilizados foram *Brachiaria decumbens* Stapf. exclusiva ou em consórcio com Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) e Gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.]. Para avaliação dos atributos do solo, a unidade experimental mediu 660 m² (33 x 20 m), e as leguminosas arbustivas foram estabelecidas em 2008, tendo sido plantadas em fileiras duplas com espaçamento de 10,0 x 1,0 x 0,5 m. As amostras de solo foram coletadas em duas linhas de cada transecto em cinco diferentes pontos, obedecendo-se os espaçamentos de 0, 1, 2, 3 e 4 metros, em profundidade de 0 – 20 cm. Nas amostras de solo, foram determinados o pH e os teores de P, Na, K, Ca, Mg, Al, H+Al, carbono e matéria orgânica (MO). Para avaliação dos atributos físicos do solo foram mensurados umidade, densidade, velocidade de infiltração de água e fração leve da MO. Foram utilizadas análises em delineamento de blocos casualizados em parcelas subdivididas. A fertilidade do solo apresentou maior concentração de Ca nas áreas consorciadas ($p = 0,001$) e maior concentração de Na na área consorciada com Sabiá, não evidenciando diferença para os demais nutrientes. A velocidade de infiltração de água (VIB) foi maior entre as linhas de leguminosas (366 mm/h) ($p = 0,02$). A densidade do solo não apresentou diferença entre os tratamentos ($p = 0,74$), porém foi observada menor densidade nos pontos mais próximos das fileiras das

árvores. A umidade do solo foi maior nas áreas de Braquiaria exclusiva (15,9%) ($p = 0,0020$), enquanto que nos transectos a maior umidade foi alcançada nos pontos mais distantes das fileiras das árvores. A fração leve da MO não diferiu entre as espécies ($p = 0,2216$), sendo maior ($p = 0,0019$) no ponto 0 dos transectos ($0,071 \text{ mg kg}^{-1}$) quando comparado com pontos mais distantes das árvores ($0,051 \text{ mg kg}^{-1}$, $0,056 \text{ mg kg}^{-1}$, $0,052 \text{ mg kg}^{-1}$, $0,042 \text{ mg kg}^{-1}$). Os ensaios de decomposição de fezes bovinas foram realizados em uma área experimental de 1 ha, perfazendo área total de 9 hectares, onde as leguminosas foram plantadas em filas duplas espaçadas em $15,0 \times 1,0 \times 0,5 \text{ m}$. As fezes foram coletadas em duas épocas distintas, caracterizadas de estação seca e chuvosa. As excretas foram incubadas em tempos de 0, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias. Foi observada maior taxa de decomposição de fezes oriunda de bovinos pastejando em Braquiaria exclusiva ($k = 0,00284 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), seguida da Sabiá ($k = 0,00233 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e da Gliricídia ($k = 0,00200 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). A taxa de liberação dos nutrientes apresentou efeito para tempo em todas as variáveis analisadas e interação entre tempo e estação para o Ca ($p = 0,0042$) e o Mg ($p = 0,0013$) e interação entre tratamento e estação para N ($p = 0,0096$), Mg ($p = 0,0006$) e Ca ($p < 0,0001$). Os estudos demonstraram que a introdução de um ambiente silvipastoril em pastagem melhorou os aspectos físicos do solo, e que mais tempo de avaliação é necessário para comprovar sua influência sobre a composição química do solo. O ensaio de decomposição de fezes, embora não tenha apresentado diferença entre os tratamentos, confirma a importância dessa via de entrada para a ciclagem de nutrientes.

Palavras-chave: Ciclagem, Decomposição, Nutrientes, Silvipastoril, Solo.

ABSTRACT

Characteristics of soil and the decomposition of the feces are factors that influence markedly on the production system. The intercropping of forage species improves physical aspects of soil and nutrient cycling in the system. This research evaluated the effects of introducing a silvopastoral system in pastures of *Brachiaria decumbens* Stapf. on soil physical and chemical properties and nutrient cycling deriving from the decomposition and release of nutrients N, P, K, Ca, Mg and Na in the feces of cattle collected at different times. The treatments were *Brachiaria decumbens* Stapf. solely or in consortium with Sabia (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) and Gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp Kunthex.]. The experimental unit measured 660 m² (33 x 20 m), and shrubby legumes were established in 2008, planted in double rows, and spaced 10.0 x 1.0 x 0.5 m. Soil samples were collected in two lines of each transect at five different points (0, 1, 2, 3 and 4 m from the tree line) at 0 - 20 cm soil depth. In soil samples, the following responses were determined: pH in water, Mehlich I P, Na, K, Ca, Mg, Al, H + Al, carbon and organic matter (OM). Soil physical attributes determined included soil moisture, soil density, water infiltration rate, and light fraction of SOM. The experimental design was a split-plot in a randomized block design. Soil fertility showed a greater concentration of Ca in intercropped areas ($p = 0.001$) and greater Na concentration in consortium with Sabia, showing no differences for the other nutrients. The rate of water infiltration (VIB) was greater within legume rows (366 mm / h) ($p = 0.02$). Soil density did not differ among treatments ($p = 0.74$), but lower soil density was observed near the tree rows. Soil moisture was greater in areas of exclusive Braquiaria (15.9%) ($p = 0.0020$), while along the transects, greater soil moisture was observed in the points away from the tree rows. The light fraction of SOM did not differ among treatments ($p = 0.2216$), but it was greater within the tree rows ($p = 0.0019$) (0.071 mg

kg⁻¹) compared to samples collected away from the tree line (0.051 mg kg⁻¹, 0.056 mg kg⁻¹, 0.052 mg kg⁻¹, 0.042 mg kg⁻¹). The decomposition of cattle dung trial was performed in another experimental area. Experimental units measured 1 ha, making a total area of 9 hectares, and legumes were planted in double rows spaced at 15.0 x 1.0 x 0.5 m. Cattle feces were collected at two different times, during the dry and rainy seasons. The excreta were incubated for 0, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 and 256 days. Greater dung decomposition was observed for the feces from cattle grazing *Brachiaria* ($k = 0.00284 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$), followed by *Sabia* ($k = 0.00233 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$) and *Gliricidia* ($k = 0.00200 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$). The rate of release of nutrients showed a time effect for all variables and interaction between time and season for Ca ($p = 0.0042$) and Mg ($p = 0.0013$) and interaction between treatment and season to N ($p = 0.0096$), Mg ($p = 0.0006$) and Ca ($p < 0.0001$). The results of this study showed that silvopasture improved soil physical properties, but more prolonged evaluation is required to determine the effect of silvopasture on soil chemical composition. Feces decomposition showed the importance of excreta as a pathway of nutrient return and cycling.

Keywords: Cycling, Decomposition, Nutrients, Silvopasture, Soil.

Capítulo 1

Revisão de literatura

PECUÁRIA: UMA VISÃO ECONÔMICA

A pecuária é uma das mais importantes atividades econômicas do Brasil (MAPA, 2012). De acordo com índices do SIC, CNA e CEPEA, a pecuária nacional gera em torno de 7 milhões de empregos diretos e o agronegócio pecuário responde por mais de 7% do PIB brasileiro. Os derivados bovinos abastecem 49 segmentos industriais diferentes, dentre eles, indústria de alimentos, têxteis, calçadistas, de cosméticos, farmacêuticas, de biocombustíveis e química. Segundo dados do IBGE (2012) o Brasil é o maior exportador mundial de carne bovina. De acordo com a FAO (2011), em 2008 o país exportou cerca de 5 bilhões de dólares em carne bovina. Totalizando o lucro gerado pelas cadeias produtivas de carne e leite bovinos, estima-se o valor bruto de 67 bilhões de Reais (IBGE, 2012).

Outra questão diretamente relacionada à pecuária é o fator ecológico. O aumento da demanda mundial por alimentos, entre eles a carne e o leite, vem forçando o setor pecuário a expandir suas áreas de pastagens, invadindo assim áreas que deveriam ser de preservação ambiental. A devastação de áreas de mata e cerrado, para dar lugar a pastagens (Laurance et al. 2004), vem causando, entre outros problemas, a degradação do solo e redução na matéria orgânica em função do pastejo intensivo e de sistemas ineficientes de manejo da pastagem (Dias et al., 2007). Áreas de pastagens em processo de degradação são usualmente abandonadas pelo produtor. Essas áreas normalmente apresentam algum grau de erosão de solo, baixa fertilidade do solo e elevada proporção de plantas indesejáveis.

Pereira et al. (2013) apontaram que quando modificados pela ação humana, os sistemas naturais tendem a ter sua capacidade de conservação diminuída. De acordo com Silva (2011), esta alteração leva a perda da capacidade produtiva da atividade rural,

dizendo-se assim que a área está degradada ou em processo de degradação. Cordeiro et al. (2004) mencionam que o uso excessivo e inapropriado de áreas exploradas por atividades pecuárias pode ocasionar o declínio da fertilidade natural do solo, levando a possibilidade de degradação da área.

A baixa adoção de métodos conservacionistas nos solos brasileiros vem causando grandes impactos na economia agropecuária nacional, bem como no aspecto ambiental. A degradação das pastagens tem se mostrado um fator preponderante na redução do potencial brasileiro para a criação extensiva de bovinos. Segundo Peron e Evangelista (2004), a falta de comprometimento da maioria dos produtores rurais em realizar um sistema de manejo com técnicas voltadas para a manutenção do solo, devido ao alto custo da adubação química, da dificuldade de mão-de-obra e da impossibilidade de acesso a equipamentos como maquinário especializado, ou ainda devido a simples desinformação, leva o solo em produção a um rápido empobrecimento e perda de nutrientes.

Para Gonçalves (2007) e Carvalho (2009), o manejo incorreto de pastagens por meio de elevada pressão de pastejo, é fator decisivo para acelerar o processo de degradação da área, possibilitando maior invasão de plantas indesejáveis, erosão e perda da produtividade. Uma destas ineficiências no sistema de manejo da pecuária brasileira é a tendência em manter a gramínea como cultura exclusiva em área de pastagem. Este sistema de monocultura, conhecidamente contribui para o empobrecimento mineral do solo, principalmente quando em associação com outras técnicas inapropriadas de manejo. Segundo Sollenberger et al. (2002), técnicas de manejo como adubação, pressão de pastejo, uso do fogo, irrigação, consórcio de diferentes espécies, método de pastejo e suplementação mineral, interferem no processo de ciclagem de nutrientes por diferentes processos.

O alto custo da adubação química, é fator limitante para grande parte dos produtores do Brasil. Estima-se que aproximadamente 5 kg de N-P-K são adicionados anualmente em cada hectare de pastagem cultivada no Brasil (Dubeux Jr. et al, 2006b).

Todavia, existem casos em que a intensificação da atividade agropecuária leva ao aumento das quantidades de fertilizantes aplicadas no solo, visando o aumento da produtividade (Ayala e Rao, 2002). Por outro lado, a absorção destes nutrientes pela planta, dificilmente ultrapassa 50% do fertilizante aplicado (Abbasi et al., 2003). O restante pode ser perdido por processos como lixiviação e escoamento superficial, causando a contaminação dos solos, dos rios e das águas subterrâneas, (Móznér et al. 2012).

Além dos prejuízos econômicos, ambientais e produtivos, o excesso de fertilizantes pode levar ao desequilíbrio das funções nutricionais do solo e da planta. Alguns exemplos são solos com teor de fósforo elevado, que podem causar problemas de antagonismo, como a não absorção do zinco devido ao excesso de fósforo (Melo, 2006).

Muitas vezes o produtor desconhece procedimentos simples como a análise de solo. A prática de amostragem de solos é um procedimento de grande relevância que tem o propósito de determinar a fertilidade do solo, para que se possa corrigir de forma mais precisa as características produtivas do solo, afetando assim o potencial de rendimento final da cultura a ser cultivada. Esta análise tem um custo operacional relativamente baixo quando comparado aos benefícios que poderá trazer ao produtor rural, maximizando a capacidade produtiva com fórmulas nutricionais corretas, e diminuindo gastos com fórmulas desnecessárias. Este processo pode evitar o desperdício de nutrientes que não são exigidos em determinados solos e culturas, e até mesmo contaminação do mesmo, ou de lençóis freáticos, por excesso de nutrientes.

Estima-se que, dos 210 milhões de hectares de pastagens existentes no Brasil (IBGE, 2012) aproximadamente 50% encontram-se degradadas ou em processo de degradação ou erosão (Zimmer et al., 2012). Segundo Peron et al. (2004), somente no Brasil Central, 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas encontram-se em algum estado de degradação. Em vista deste fato, características como a perda de fertilidade do solo, incapacidade de sustentação dos níveis de produção e qualidade exigida pelo rebanho, infestação de plantas indesejáveis e maior vulnerabilidade a pragas e doenças, tem se tornado motivo de estudos de cientistas comprometidos em solucionar os problemas mencionados. Isto possibilita a retomada do alto índice de produção bovina no Brasil. Segundo dados do IBGE (2012), o Brasil possui atualmente 212,8 milhões de bovinos, sendo cerca de 97% deste total, criado em regime extensivo. Ainda de acordo com o IBGE, o Brasil detém o maior rebanho comercial de bovinos do mundo.

SISTEMAS SILVIPASTORIS

A redução da capacidade produtiva das pastagens brasileiras tem trazido além dos impactos ambientais negativos, o comprometimento da sustentabilidade desta atividade. Questões como mudança climática, preservação de recursos naturais, hídricos e de biodiversidade, são amplamente associados à atual forma de uso do solo. Estima-se que cerca de 75 a 80% do desmatamento na Amazônia são atribuídos à formação de novas pastagens (FAO, 2006). Além das mudanças econômicas ocorridas nas últimas décadas, que vem exigindo dos produtores adequações a fim de assegurar maior eficiência de seus sistemas produtivos, visando a competitividade e a produtividade, a pressão da sociedade também vem forçando aceleradas mudanças nos comportamentos

e tendências deste setor. Novas alternativas estão sendo desenvolvidas para tentar minimizar estes impactos. O sistema silvipastoril é um método que envolve a integração de árvores com pastagens em uma mesma área, através da manutenção de árvores já existentes no local ou pelo plantio de novas espécies, para um determinado objetivo (Nepomuceno e Silva, 2009).

Para Leme et al. (2005) e Dias Filho (2006), a implantação deste sistema possibilita a intensificação da produção, através do incremento de nutrientes no solo, reduzindo assim os riscos de degradação. Dentre as suas principais vantagens estão o favorecimento das relações ecológicas naturais, que tendem a aumentar a ciclagem de nutrientes e conseqüentemente a produtividade dos solos por meio da conservação, manutenção e recuperação de seus recursos (Melado, 2002).

Para Rozt (2004), a ciclagem de nutrientes é a circulação dos elementos por entre os compartimentos solo – planta – animal. O uso de árvores neste sistema pode ter função complementar ou suplementar da atividade pecuária, contribuindo para o bem estar animal, quando no provimento de sombra para o rebanho e contribuindo na reposição de nutrientes do solo levando a melhoria das condições da pastagem. Esta prática também pode incrementar a renda de produtores rurais através da venda de madeira ou de produtos extraídos das árvores (Silva, 2004). Dias et al. (2007) também relacionam o aumento de macrofauna do solo com a adoção de sistemas silvipastoris sob pastagens.

Outra vantagem observada por Paciullo et al. (2007) foi o aumento dos teores de proteína bruta, redução dos teores de fibra em detergente neutro e incremento da digestibilidade *in vitro* da MS de braquiária decumbens cultivada em sistema silvipastoril. Os muitos modelos de implantação possíveis, assim como o grande número de combinações entre árvores, pastagens e animais trazem dúvidas ao produtor,

quanto à escolha do sistema a ser adotado, sendo necessário o aconselhamento e acompanhamento técnico para a realização de cálculos e análises de viabilidade do negócio (Vanzela, 2013). O sucesso do sistema depende da sustentabilidade das interações existentes entre os componentes que venham a integrá-lo, como a exigência nutricional dos animais e plantas envolvidos, do sistema solo e dos fatores naturais como nutrientes, luz e água (Pereira, 1998). Segundo Rezende et al. (1993), todas estas interações são influenciadas pelas condições edafoclimáticas da região.

Para Vanzela (2013), é fator essencial para que o sistema seja bem sucedido a escolha de espécies que se adaptem bem ao ecossistema da região onde será implantado. A mesma autora enfatiza ainda que espécies forrageiras devem ser adaptadas ao sombreamento moderado, às condições pluviométricas, à temperatura, às condições físicas e químicas do solo e ao manejo pecuário adotado.

CICLAGEM DE NUTRIENTES VIA SERRAPILHEIRA

Um sistema silvipastoril pode apresentar modificações no solo, como o aumento da diversidade vegetal, aumento do aporte de matéria orgânica do solo através da deposição de serrapilheira ou pela fixação de carbono pela fotossíntese, aumento do teor de N pela fixação biológica de plantas leguminosas e diminuição da taxa de mineralização da matéria orgânica devido ao aumento de sombra (Nair, 1993). As raízes das árvores e o aumento da MO proveniente da deposição e maior acúmulo de serrapilheira, tendem a exercer influência positiva para manutenção e melhoria das condições físicas (porosidade, estrutura, infiltração e retenção de umidade) e químicas do solo (temperatura, MO) (Rhoades et al., 1998).

Em pesquisa feita por Almeida (1995), em floresta de *E. Citriodora* durante os dois primeiros anos após a implantação, observou-se que a constante deposição de MO melhorou a qualidade do solo e reduziu os custos de manutenção. O aumento dos processos biológicos também pode ser influenciado pela implantação de sistemas silvipastoris. Exemplos desses processos incluem a troca de produtos assimilados entre raízes e organismos como bactérias, proporcionando fixação biológica de nitrogênio. Além disso, o microclima formado sob a copa das árvores pode permitir o estabelecimento e recuperação de microfauna e a maior liberação de nutrientes através do aumento da velocidade de decomposição de resíduos (Amiotti et al., 2000). Cabral et al. (2013) comprovaram o aumento de N em serrapilheira de sistemas silvipastoris formados por leguminosas arbóreas (2,1%) em relação ao de monocultivo de *Braquiária decumbens* (0,87%). Silva et al. (2011) observaram aumento nas taxas de decomposição da MO e na ciclagem de N e P de serrapilheiras em pastagens consorciadas com leguminosas arbóreas em comparação com *Braquiária decumbens*.

CICLAGEM DE NUTRIENTES VIA EXCRETA ANIMAL

A ciclagem de nutrientes no solo em sistemas silvipastoris também ocorre por meio dos animais em pastejo. Braz et al. (2002) enfatizam que o efeito do compartimento animal sobre a ciclagem de nutrientes em pastagens tem sido pouco estudado. Segundo Carran e Theobald (2000), os efeitos que as excreções acumuladas no solo podem exercer sobre sua propriedade não são bem descritos, devido à dificuldade de separá-los dos efeitos de outras propriedades advindas do sistema solo-planta-animal que compõe o sistema silvipastoril.

De acordo com Barrow (1967) cerca de 70% a 90% do que é consumido pelo rebanho tende a retornar ao solo na forma de fezes ou urina. Estudando as formas de entrada de nutrientes no sistema solo, Haynes e Williams (1993) preconizaram que o N e o S podem ser reciclados pelo animal em elevadas proporções tanto pelas fezes como pela urina, já P, Ca e Mg são excretados em maiores proporções nas fezes e o K é eliminado em maior proporção por via urinária. Para Dubeux Jr et al. (2009) as excretas animais tem um efeito bastante positivo na ciclagem de nutrientes e pode contribuir para melhorar a qualidade do solo. Vale salientar, no entanto, que apenas parte dos nutrientes é retornada via excreta, sendo uma parte retida no organismo animal além da exportação por meio de produtos como carne, leite e lã.

A liberação dos nutrientes contidos nas placas de fezes está diretamente relacionada à sua taxa de decomposição, como também do seu teor e da quantidade que se encontra disponível para planta (prontamente mineralizável). Fatores como a relação C:N tem importância fundamental neste processo (Alvarenga, 1993), assim como os nutrientes que se encontram indisponíveis, apresentando resistência à mineralização, que geralmente estão ligados à parede celular (Leite e Galvão, 2008).

Segundo Haynes e Williams (1993), a baixa taxa de liberação dos nutrientes está relacionada com a baixa velocidade de decomposição das fezes. Souto et al. (2005) relacionam a velocidade de decomposição das placas de fezes e a taxa de liberação dos nutrientes com as condições edafoclimáticas, o alimento consumido pelo animal, a sua composição química, a consistência das fezes, e a cobertura vegetal da área onde foi depositada.

É importante ressaltar que os teores nutricionais do alimento consumido pelo animal dependerão de fatores como digestibilidade e taxa de passagem, que por sua vez implicarão na concentração do nutriente nas fezes. Processos como tamanho do bocado,

mastigação e ruminação também terão sua devida importância, podendo aumentar a diversidade de microorganismos que terão contato com as placas no solo, acelerando a velocidade de decomposição e a disponibilização dos nutrientes para as plantas (Archer e Smeins, 1991). Em ensaio de decomposição de fezes de bovinos sob pastejo em sistemas silvipastoris compostos por leguminosas arbóreas, Dubeux Jr. et al. (2014) observaram que apenas uma pequena proporção do N contido nas fezes foi liberado durante os 256 dias de incubação, enquanto que grande parte do P e quase que a totalidade do K foram liberados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBASI, M. K.; SHAH, Z. ADAMS, W. A. **Effect of the nitrification inhibitor nitrapyrin on the fate of nitrogen applied to a soil incubated under laboratory condition.** J. Plant Nutr. Soil Sci. 166:513–518. 2003.
- ALMEIDA, N.O. **Crescimento inicial de eucaliptos consorciados com leguminosas na região de cerrado em Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1995. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- ALVARENGA, R. C. **Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos.** Viçosa, MG: UFV, 112 p. Tese de Doutorado. 1993.
- AMIOTTI, N. M.; ZALBA, P.; SÁNCHEZ, L. F.; PEINEMANN, N. **The impact of single trees on properties of loess-derived grassland soils in Argentina.** Ecology, v. 81, n. 12, p. 3283-3290, 2000.
- ARCHER, S.; SMEINS, F.E. **Ecosystem-level processes,** In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Eds.). **Grazing management: an ecological perspective.** Portland: Timber Press, p.109-139. 1991.
- AYALA S, RAO P. **Perspectives of soil fertility management with a focus on fertilizer use for crop productivity.** Current Science 82 (7):797-807. 2002.
- BRAZ, S. P.; JUNIOR, D. N.; CANTARUTTI, R. B.; REGAZZI, A. J.; MARTINS, C. A.; FONSECA, D. M. **Disponibilização dos nutrientes das fezes de bovinos em pastejo para a forragem.** R. Bras. de Zootec., v. 31, n. 4, p. 1614-1623, 2002.
- CABRAL, F. A. **Caracterização de pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf. em sistemas silvipastoris.** Dissertação de Mestrado, 112 f.: II. UFRPE, Departamento de Zootecnia. 2013.

CARRAN, R.A.; THEOBALD, P.W. **Effects of excreta return on properties of a grazed pasture soil.** Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.56, p.79-85, 2000.

CARVALHO, P.C.F. **Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: The natural grasslands dilemma.** Disponível em: <http://www.icarrd.org/en/eventos/tem/STS%20UFGRS%20Biome.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2014.

CORDEIRO, F. C.; DIAS, F. C.; MERLIM, A. O.; CORREIA, M. E. F., AQUINO, A. M.; BROWN, G. **Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção.** Revista Universidade Rural, Série Ciência da Vida, Seropédica, v. 24, n. 2, p. 29-34, 2004.

DIAS FILHO, M. B. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas.** In: Simpósios da Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43. João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBZ: UFPB. (Suplemento Especial da Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, 2006). p. 535-553. 2006.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A. **Leguminosas arbóreas introduzidas em pastagens.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. V, 42. P. 118 – 126. 2007.

DIAS, D. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. **Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Pesq. Agropec. Trop. 37(1): 38-44, mar. 2007.

DUBEUX JR., J.C.B., SOLLENBERGER, L.E.; INTERRANTE, S.M.; VENDRAMINI, J.M.B.; STEWART JR, R.L. **Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities.** Crop Sci., v. 46, p.1305-1310. 2006b.

DUBEUX JR, J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E.; GASTON, L.A.; VENDRAMINI, J.M.B.; INTERRANTE, S.M.; STEWART, J.R. **Animal behavior and soil nutrient**

redistribution in continuously stocked Pensacola bahiagrass pastures managed at different intensities. *Crop Science* 49:1503–1510. 2009.

DUBEUX JR., J. C. B.; LIRA, C. C.; FREITAS, E. V.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, A. M.; DYKSTRA, C.; SANTOS, E. R. S. e FILHO, F. T. **Decomposition of cattle dung on mixed grass-legume pastures.** *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales* Volume 2. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 312 p. 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication.** World Soil Resources and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. Reports 103. Food. 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **TradeSTAT - detailed trade data.** 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acessado em: 10 de julho de 2014.

GONÇALVES, E.N. **Comportamento ingestivo de bovinos e ovinos em pastagem natural da Depressão Central do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 138 p. (Tese de Doutorado). 2007.

IBGE. **Series Estatísticas e Series Históricas** – IBGE, 2012. <http://www.ibge.gov.br/series-estatisticas/exibedados.php?dnivel=BR&idserie=AGR>. Acesso em 10 de julho de 2014.

LAURANCE, W. L.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNSIDE, P. M.; VASCONCELOS, H.; FERREIRA, L. V. **Deforestation in Amazonia.** *Science* 304, pp. 1109-1111. 2004.

LEITE, L.F.C. E GALVÃO, S.R.S. **Matéria orgânica do solo: funções, interações e manejo.** p. 11-46. In: A.S.F. Araújo; L.F.C. Leite; L.A.P.L. Nunes et al. (Ed) *Matéria orgânica e organismo do solo.* ADUFPI. Teresina, PI. 2008.

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. O. **Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de Braquiaria decumbens em sistema silvipastoril.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/ministerio>. Acessado em 14 de julho de 2014.

MELADO, J. **Pastagens Ecológicas: o habitat natural do bovino Orgânico.** In: Primeira Conferência Global Virtual sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte. Embrapa Pantanal Corumbá e Universidade do Contestado, Concórdia. 21p. 2002.

MELO, G. W. B. DE. **O perigo do excesso de adubação da videira.** *Toda Fruta.* Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acessado em: 28 de Agosto 2013.

MÓZNER Z, TABI A, CSUTORA M. **Modifying the yield factor based on more efficient use of fertilizer—The environmental impacts of intensive and extensive agricultural practices.** *Ecological Indicators* 16: 58–66. 2012.

NAIR, P.K.R. **Na introduction to agroforestry.** Dordrecht, The Netherlands. Kuwer Academic, 338p. 1993.

NEPOMUCENO, A. N.; SILVA, I. C. **Caracterização de sistemas silvipastoris da região noroeste do Estado do Paraná.** *Revista Floresta*, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 279-287, abr./jun. 2009.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. **Morfofisiologia e valor nutritivo do**

capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.42, n.4, p.573-579, abr. 2007.

PEREIRA, A. P. **Sistemas agroflorestais de seringueiras com cafeeiros.** Planaltina, DF. Embrapa, CPAC. Documento, 70. 1998.

PEREIRA, D. N.; OLIVEIRA, T. C.; BRITO, T. E.; AGOSTINI, J. A. F.; LIMA, P. F.; SILVA, A. V.; SANTOS, C. S. E BREGAGNOLI, M. **Diagnóstico e recuperação de áreas de pastagens degradadas.** Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, Edição Especial n. 1, p. 49-53, ago. 2013.

PERON A. J., EVANGELISTA, A. R. **Pasture degradation in savanna's regions.** Ciênc. agrotec., Lavras, v. 28, n. 3, p. 655-661, maio/jun., 2004.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A.D. **Avaliação de projetos florestais.** Viçosa: UFV, 47p 1993.

RHOADES, C.; ECKERT, G.; COLLEMAN, D. **Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: Implications for tropical montane.** Forest Restoration Ecology, v6 p. 262-270, 1998.

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

SILVA, V.P. **Sistemas Silvipastoris.** Centro nacional de pesquisa de floresta: EMBRAPA, 2004.

SILVA, A. B.; LIRA JUNIOR, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. FIGUEIREDO, M. V. B.; VICENTIN, R. P. **Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Braquiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras.** Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.37 no. 2 Viçosa Mar./Apr. 2013.

SILVA, R.C.S.; ALMEIDA, J.C.R.; BATISTA, G.T.; FORTES NETO, P. **Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da**

sustentabilidade dos ambientes naturais. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, p. 1-13. 2011. Disponível em: <www.agro.unitau.br/dspace>. Acesso em 02 de setembro de 2014.

SOLLENBERGER, L.E., DUBEUX JR., J.C.B.; SANTOS, H.Q.; MATHEWS, B.W. **Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems.** p. 151-179. In A.M.V. Batista et al. (ed.) Proc. Brazilian Soc. Animal Sci., Recife, Brazil. 29 July-1 Aug. 2002. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasilia, Brazil. 2002.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, G. T.; SOUTO, L. S. **Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, v.29, n.1, 2005.

VANZELA, J. Y. A.; SANTOS, G. B. **Sistemas silvipastoris como alternativa para o aumento da produtividade da propriedade rural: revisão.** Anais do simpósio nacional de tecnologia em agronegócio. Perspectivas e Tendências em Bioenergia e Produção de Alimentos. 2013.

ZIMMER, A.H.; ALMEIDA, R.G.; BUNGENSTAB, D.J.; KICHEL, A.N. **Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável.** VII Congresso Latino americano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Agropecuária Sustentável. 2012.

Capítulo II

Atributos do solo em sistema silvipastoril na Zona da Mata de Pernambuco

RESUMO

A adição de leguminosas arbóreas pode melhorar as condições de fertilidade e os aspectos físicos do solo de pastagens. Objetivou-se neste trabalho avaliar os atributos do solo em sistema silvipastoril. Os tratamentos utilizados foram Braquiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf.) exclusiva ou em consórcio com Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) ou com Gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.]. As leguminosas arbustivas foram estabelecidas em 2008, tendo sido plantadas em fileiras duplas com espaçamento de 10,0 x 1,0 x 0,5 m. A unidade experimental mediu 660 m² (33 x 20 m). As amostras de solo foram coletadas em duas linhas de cada transecto em cinco diferentes pontos, obedecendo os espaçamentos de 0, 1, 2, 3 e 4 metros em relação a linha de leguminosas, a uma profundidade de 0 – 20 cm. A avaliação química determinou o pH e os teores de P, Na, K, Ca, Mg, Al, H+Al, C e MO (matéria orgânica). Foi utilizado delineamento de blocos casualizados em parcelas subdivididas. A fertilidade do solo apresentou pH mais alto no tratamento de Braquiaria exclusiva (5,8), maior concentração de Ca nas áreas consorciadas com Gliricídia e Sabiá, 3,2 e 3,0 mmolc/dm³ respectivamente) e 2,0 mmolc/dm³ na gramínea exclusiva ($p = 0,001$) e maior concentração de Na na área consorciada com sabiá (0,3 mmolc/dm³) ($p = 0,0229$), não evidenciando diferença para os demais nutrientes. A infiltração de água foi maior entre as linhas de leguminosas (366 mm/h⁻¹) ($p = 0,02$). A densidade do solo não apresentou diferença entre os tratamentos ($p = 0,74$), porém menor densidade foi observada nos pontos mais próximos das fileiras das árvores. A Braquiaria exclusiva apresentou 15,9% de umidade do solo ($p = 0,0020$), enquanto que nos transectos a maior umidade foi alcançada nos pontos mais distantes das fileiras das árvores (15,45%). A fração leve da matéria orgânica do solo não apresentou efeito entre os tratamentos ($p = 0,2216$), sendo maior no ponto 0 dos transectos (0,071 mg kg⁻¹). Os

estudos demonstraram que a introdução de um ambiente silvipastoril em pastagem melhorou os aspectos físicos do solo, e que mais tempo de avaliação é necessário para comprovar sua influência sobre a composição química do solo.

Palavras-chave: Fertilidade, Física do Solo, Leguminosa, Silvipastoril.

ABSTRACT

The addition of tree legumes can improve the fertility and physical aspects of pasture soil. This research evaluated soil properties in a silvopastoral system. The treatments were *Brachiaria decumbens* Stapf. solely or in consortium with Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) and Gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.]. Shrub legumes were established in 2008, planted in double rows spaced 10.0 x 1.0 x 0.5 m. The experimental unit measured 660 m² (33 x 20 m). Soil samples were collected in two lines of each transect at five different points, obeying the spacings of 0, 1, 2, 3 and 4 m (0 - 20 cm soil layer). The chemical evaluation determined the pH and P, Na, K, Ca, Mg, Al, H + Al, organic C (OC) and SOM. Soil physical attributes determined included soil moisture, soil density, water infiltration rate, and light fraction of SOM. The experimental design was a split-plot in a randomized block design. Soil fertility showed higher pH in the treatment of exclusive *Brachiaria* (5.8) and higher concentration of Ca in intercropped areas (*Gliricidia* e *Sabiá*, 3,2 e 3,0 mmol/dm³ respectively, and 2,0 mmol/dm³ in exclusive grassy ($p = 0.001$) and higher Na concentration in consortium with Sabia (0,3 mmol/dm³), showing no differences for the other nutrients. The rate of water infiltration (VIB) was greater between legume rows (366 mm/h⁻¹) ($p = 0.02$). Soil density did not differ among treatments ($p = 0.74$), but lower soil density was observed near the tree rows. Soil moisture was greater in areas of exclusive *Braquiaria* (15.9%) ($p = 0.0020$), while on the transects greater soil moisture was observed in the points away from the tree rows (15,45%). The light fraction of SOM did not differ between treatments ($p = 0.2216$), but it was greater between the tree rows ($p = 0.0019$) (0.071 mg kg⁻¹) compared to samples collected away from the tree line (0.051 mg kg⁻¹, 0.056 mg kg⁻¹, 0.052 mg kg⁻¹, 0.042 mg kg⁻¹). The results of this study showed that introduction of a silvopasture improved soil physical properties, but longer evaluation is required to prove the effect of silvopasture on soil chemical composition.

Keywords: Fertility, Legumes, Silvopastoral, Soil Physics.

INTRODUÇÃO

Os aspectos físicos de um solo são fundamentais para assegurar a produtividade satisfatória de uma cultura. Em práticas ligadas ao manejo pecuário, a porção física do solo está sujeita a mudanças, principalmente no que se refere aos agregados do solo, densidade, e taxa de infiltração. Fatores importantes muitas vezes não são estabelecidos pelo produtor, como pressão e intensidade de pastejo adequadas, espécie ou cultivar associada a fertilidade do solo existente e as condições do clima, categoria animal, objetivo de uso da forragem, e a expectativa de produtividade animal por área (Machado e Kichel, 2004).

Vitorino (1986) evidencia que solos de pastagens são, em geral, mais densos que solos de vegetação preservada, provavelmente devido ao pisoteio dos animais. O pisoteio pode causar a compactação do solo, tendo efeito direto na densidade, podendo interferir também na velocidade de infiltração de água e retenção de umidade do solo, tendo efeito significativo na produtividade da área.

A relação de crescimento das plantas com os solos compactados está diretamente ligado ao balanço exercido entre a pressão externa, vinda do solo, e a pressão interna, proveniente da raiz (Gill e Bolt, 1955). Segundo Shierlaw e Alston (1984), o sistema radicular das plantas geralmente se concentra na camada superficial do solo compactado, pois encontra dificuldade em penetrar nas camadas profundas mais adensadas. Esta privação impede as plantas de buscar nutrientes em maiores profundidades, devido à compactação do solo, deixando claro que a densidade de um solo é um fator limitante do desenvolvimento do sistema radicular de plantas, o que pode comprometer todo o desenvolvimento do vegetal e sua produção.

Borges et al. (1999) afirmaram que o aumento da densidade do solo reduz a velocidade de infiltração de água e diminui o acúmulo de umidade, prejudicando assim o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Trein et al. (1991) realizaram um ensaio em uma pastagem de aveia preta (*Avena strigosa Schreber*) e trevo (*Trifolium subterraneum L.*), onde foi aplicada uma carga animal de 200 bovinos por hectare por um período de 40 horas em uma área de solo argiloso e constataram alteração na densidade superficial (0 – 20 cm), onde a densidade original, que era de 1,39 (g cm⁻³), passou para 1,56 (g cm⁻³) após o período de avaliação. Valores críticos de densidade do solo estão diretamente relacionados às condições de desenvolvimento radicular das plantas e infiltração de água no solo (Fonseca et al. 2007). Estes valores, no entanto, sofrem variações de acordo com a classificação e textura do solo. Para Corsini e Ferraudó (1999) solos com densidade entre 1,27 e 1,57 (g cm⁻³) são restritivos para as condições das raízes e geram comprometimento da velocidade de infiltração de água. Paulino, Carneiro e Souza (2005) atribuíram a densidade de 1,40 g cm⁻³ como limite crítico que tende a aumentar de acordo com o decréscimo do teor de argila do solo.

De acordo com pesquisa realizada por Alvarenga et al. (1996), outros fatores como a porosidade e a aeração do solo também podem ter grande influência quando relacionadas com o crescimento das raízes das plantas. A redução da velocidade de infiltração de água no solo deixa estas áreas sujeitas a erosão, uma vez que a água que não infiltra na camada superficial do solo escoar na forma de enxurrada, aumentando a possibilidade de erosão e a perda de nutrientes por lixiviação (Secco et al., 2004; Lanzasova et al., 2007).

Reinert et al. (2006) relatam ainda que a quantidade de água que infiltra e que escoar sobre o solo está diretamente relacionada às propriedades físicas, como a densidade, e na porção de cobertura vegetal existente. É nesta cobertura vegetal

superficial que se encontra grande parte da MO da fração leve que seria incorporada ao solo, advinda de materiais senescentes e dejetos de animais.

Jakelatis et al. (2008) afirmam que em ambientes cultivados exclusivamente por pastagens, existe a necessidade de reposição dos nutrientes do solo afim de se manter sua estrutura física e composição química. A ciclagem de nutrientes constitui-se em um importante processo que pode minimizar custos econômicos por meio da manutenção da fertilidade do solo. De acordo com Dubeux Jr. et al. (2007), a ciclagem de nutrientes é a dinâmica dos diferentes elementos entre os distintos compartimentos da pastagem. Incluem-se neste processo a entrada de nutrientes por meio da fixação de N₂, adubação e suplementação animal, e a saída de nutrientes através de fenômenos como volatilização, percolação, imobilização e exportação via produtos animais, além de transformações internas.

Uma alternativa viável para tentar minimizar os prejuízos causados pelas situações expostas seria reduzir a pratica da monocultura de pastagem por meio da implantação de plantas leguminosas arbustivas/arbóreas, formando assim uma consorciação de culturas.

As leguminosas são conhecidas pelo seu alto potencial de fixação biológica de N no solo o que contribuiria para a baixa necessidade da reposição deste nutriente. Além disso, a consorciação da pastagem com a leguminosa proporcionaria ao produtor uma alternativa extra de renda, por meio da venda de estacas ou lenha.

Haveria ainda a manutenção da biodiversidade devido a manutenção do habitat de animais e plantas, melhoria no fluxo de água e de nutrientes, melhoria na qualidade do solo, redução do risco de erosão, sequestro de carbono e provimento de área verde para sociedade urbana (Sanderson et al., 2004, Kemp e Michalk, 2005).

A consorciação de pastagens de gramíneas do gênero *Brachiaria* com leguminosas herbáceas, como o estilosantes campo grande (*Stylosantes capitata* e *Stylosantes macrocephala*) e o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) no estado de Pernambuco não tiveram uma eficiência significativa quanto à persistência da leguminosa (Machado, 2011). Andrade et al. (2003) relatam o êxito de espécies arbustivo-arbóreas em um sistema silvipastoril. Este sistema permite ao gado o pastejo de gramínea e leguminosa ao mesmo tempo, aumentando a produtividade da área em oferta de forragem para o rebanho, a fixação biológica de N, a redução de risco ao empreendimento rural, através da venda de estacas e lenha, tornando o ecossistema mais equilibrado por meio de uma maior área verde para sustentabilidade dos seres que a habitam.

As leguminosas arbustivas Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e Gliricídia (*Gliricidia sepium*) apresentam potencial de uso para sistemas silvipastoris (Souza e Espíndola, 2000; Vieira et al., 2005). Além da fixação biológica de N, a deposição e decomposição da serrapilheira destas leguminosas também é uma importante fonte de nutrientes a ser reaproveitada pelo sistema. Dubeux et al. (2006) estudaram a importância do retorno destes nutrientes ao solo e associaram uma maior e melhor qualidade de serrapilheira em pastos com manejo mais intenso do que em pastos com manejo menos intenso.

O aumento da MO disponível no solo influi significativamente não só na química do solo, mas também na sua estrutura física. Em uma área de sistema silvipastoril a adição de MO tende a ser maior devido à deposição de serrapilheira das árvores que integram este sistema. A fração leve da MO é em geral oriunda de resíduos de plantas e raízes em estágios iniciais de decomposição. Assim o estudo da fração leve da MO torna-se imprescindível para se avaliar o material que é agregado à MO do solo

advindo da consorciação do sistema silvipastoril, em curto prazo (Jinbo et al., 2007; Rangel e Silva, 2007).

Em virtude da importância econômica e ambiental relacionada ao uso deste sistema objetivou-se neste trabalho avaliar a composição química e os atributos físicos do solo em pastagens de Braquiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em consorciação com leguminosas arbóreas na Zona da Mata de Pernambuco.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado no município de Itambé, Pernambuco. O índice pluviométrico deste município é de 1.300 mm de média anual, com temperatura anual média de 25° (CPRH, 2003) o tipo climático é subúmido, o relevo é considerado levemente ondulado e os solos da região da pesquisa são classificados como podzólico vermelho-amarelo com textura argilosa (Jacomine et al. 1972; Embrapa, 2006). A precipitação pluviométrica média mensal para os anos do experimento, está exposta na Figura 1.

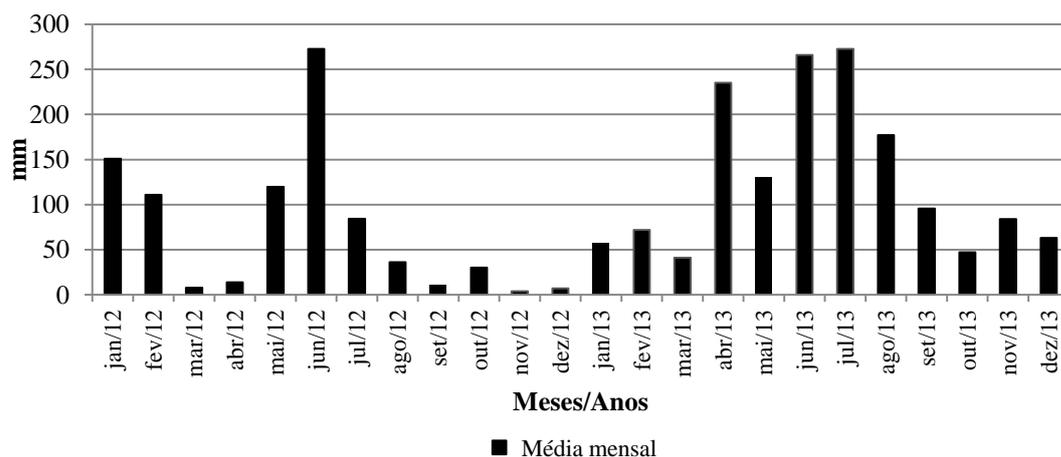


Figura 1. Índice pluviométrico do Campo Experimental do IPA – Itambé, nos anos de experimento. Fonte: IPA, 2014.

Foram testados três tratamentos em um delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram dos consórcios de Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) e Gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.] com *B. decumbens*, além do monocultivo de *B. decumbens*. Cada unidade experimental mediu 660 m² (33 x 20 m). As leguminosas arbustivas Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e Gliricídia (*Gliricidia sepium*) estão estabelecidas na área desde 2008, tendo sido

realizada uma análise de solo nesta ocasião, cujos resultados estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização do solo da área experimental antes da introdução das espécies leguminosas, em 2008.

Profundidade	pH	P	Na	K	Mg	Ca	Al	H+Al	MO
	(água – 1:2,5)	mg/dm ³	mmolc/dm ³						g kg ⁻¹
0 - 20 cm	5,31	2,65	4,79	0,83	17,31	25,5	3,19	62,86	44,81

Fonte: Cabral, 2013.

As espécies leguminosas foram plantadas em fileiras duplas com espaçamento de 10,0 x 1,0 x 0,5 m. A entrada dos animais nos piquetes foi permitida quando a altura da gramínea atingiu 60 cm, apenas para desbaste foliar da mesma, e a saída dos animais se deu de forma a deixar uma altura de resíduo de 10-15 cm de acordo com manejo ‘mob-stocking’.

Nos piquetes consorciados, as amostras de solo visando a determinação da composição química foram coletadas em setembro de 2012, tendo sido recolhidas em duas linhas transversais de cada transecto em cinco diferentes pontos, obedecendo os espaçamentos de 0, 1, 2, 3 e 4 metros de distância em relação à linha de leguminosas (Figura 2). Nos piquetes de Braquiaria exclusiva foram coletados 5 pontos aleatórios, todos a uma profundidade de 0 – 20 cm.

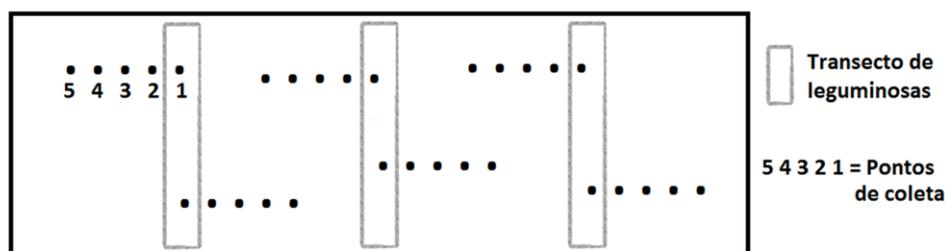


Figura 2. Distância dos pontos de coleta de solo em relação aos transectos de leguminosas nas áreas experimentais.

Foram determinados o pH em água (1:2,5), através do extrator Mehlich I, sendo determinados os teores de P, K, Ca, Mg, Na, Al, H+Al, C e matéria orgânica (MO) (Embrapa, 1979). Os resultados da análise química da área são mostrados na Tabela 1.

Tabela 2. Caracterização do solo na área experimental no início do experimento (2013).

Profundidade	pH (água – 1:2,5)	P (mg/dm ³)	Na	K	Mg	Ca	Al	H+AL	MO g Kg ⁻¹
0 - 20 cm	5,5	2,2	1,4	1,3	20	27	2,7	61,7	44,2

MO = Matéria orgânica

Em maio de 2013, foi determinada a densidade do solo, através de 240 amostras coletadas obedecendo os mesmos espaçamentos utilizados para coleta das amostras de fertilidade (Figura 2), a uma profundidade de 0 – 20 cm, através de sonda com anel volumétrico, sendo o solo em seguida seco em estufa a 105° por 24 horas, seguindo metodologia da Embrapa (1979).

Para determinação da umidade gravimétrica, realizada em maio de 2013, o solo foi coletado utilizando-se os mesmos procedimentos da densidade. Uma vez coletada, a amostra foi pesada e em seguida encaminhada a estufa de 105° por 24 horas, onde a umidade gravimétrica foi determinada pelo resultado da diferença entre o peso seco e o peso úmido do solo.

Para mensurar a fração leve da MO, foram pesados 50 g do solo proveniente das coletas de fertilidade, que foram macerados e peneirados em peneira de 0,5 mm, sendo em seguida postos em peneira de 0,053 mm e lavados em água corrente. O material retido foi então repassado para recipientes preenchidos com água, onde permaneceram em repouso por 24 hr, sendo o material sobrenadante recolhido em malha de 0,053 mm, seco em estufa a 65° por 72 hr e pesado em balança de precisão (Correia, 2010).

As análises para determinação da velocidade de infiltração foram realizadas em janeiro de 2013. Para avaliar a infiltração de água no solo foram utilizados infiltrômetros de anéis concêntricos (Bouwer, 1986) em dois pontos específicos em cada piquete, um entre as linhas de leguminosas e outro entre as faixas de Braquiaria, totalizando 48 amostragens. A taxa de infiltração foi determinada quando a velocidade de infiltração tornou-se constante, por meio da seguinte equação:

$$\text{VIB (velocidade de infiltração básica) (mm/min)} = \text{L2} - \text{L1 (mm)} / \text{tempo (min)}$$

Para os atributos físicos e de fertilidade do solo, foram realizadas análises de variância utilizando o PROC MIXED do pacote computacional SAS 2003 (SAS Inst. 2003). Foi utilizado delineamento em blocos casualizados entre os tratamentos e em parcelas subdivididas entre os pontos amostrais em relação à distância dos transectos das árvores, sendo considerados efeitos fixos as combinações de leguminosas/gramíneas. Efeitos aleatórios incluíram blocos e suas interações. Os efeitos foram considerados significativos a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Composição Química do Solo

Foi observada variação na composição química do solo conforme o tipo de pastagem (Tabela 2), observando-se aumento do pH na pastagem exclusiva e do teor de Ca nos tratamentos consorciados e do Na na área consorciada com Sabiá.

Tabela 3. Análise química do solo em pastagens de brachiaria exclusiva, Braquiaria consorciada com Gliricídia e Braquiaria em consórcio com Sabiá, em profundidade de 0-20 cm. 2012.

Tratamento	pH	P mg/dm ³	K	Mg	Ca	Na	Al	H + Al	C	MO
	(água – 1:2,5)									
Brachiaria	5,8 A	1,6 A	1,4 A	2,0 A	2,0 B	0,1 B	0,3 A	5,6 A	22,0 A	48,5 A
Gliricídia	5,4 B	2,5 A	1,7 A	2,0 A	3,2 A	0,1 B	0,3 A	6,5 A	29,3 A	43,4 A
Sabiá	5,4 B	2,5 A	1,7 A	1,9 A	3,0 A	0,3 A	0,3 A	6,4 A	23,6 A	40,7 A
PR>F	0,02	0,26	0,17	0,87	0,001	0,02	0,91	0,15	0,23	0,71
CV(%)	3	38	85	14	12	67	51	10	23	30

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).
MO= Matéria Orgânica

Estudos realizados por Carvalho et al. (2001), também apontaram aumento do teor de Ca em áreas de pastagem sob sistema silvipastoril a partir dos cinco anos de implantação. Xavier et al. (2003), estudando o efeito de sistema silvipastoril formado por braquiaria decumbens e a leguminosa arbórea *Acacia mangium* Willd sobre a fertilidade do solo, notaram elevação no teor de Ca, em áreas de pastagens sob influência de árvores, em relação ao solo sem a presença de árvores. De acordo com Camarão (1990), a interação de espécies leguminosas com pastagens propicia o aumento de Ca e outros nutrientes devido a maior deposição de serrapilheira e materiais oriundos das raízes.

O pH do solo foi inferior nos tratamentos com leguminosas (Tabela 2). Oliveira et al. (2000), Andrade et al. (2002) e Xavier et al. (2003), encontraram pouca variação para o pH, quando em estudo de áreas de pastagens com e sem influência de árvores. Resultado semelhante foi alcançado por Dias et al. (2006) quando estudando variações do pH do solo na área de influência da copa de leguminosas arbóreas. Quando comparados os pontos de coleta em relação à distância da fileira das leguminosas, não se observou efeito significativo para as variáveis avaliadas, com exceção do pH (Figura 3). Dias et al. (2006), estudando a composição química de solos de pastagens consorciados com leguminosas em relação a distância do tronco das árvores, encontraram variações no pH e nos teores de P, K, Ca e Mg tendendo a aumentar ou diminuir, dependendo da espécie de leguminosa, densidade de plantio e sua produção de biomassa.

A maior deposição de MO proveniente da serrapilheira no ponto mais próximo das árvores nas áreas consorciadas (Silva, 2013) pode ter influenciado na redução do pH do solo. O maior acúmulo de serrapilheira leva a maiores taxas de mineralização da MO possibilitando maior lixiviação de bases trocáveis devido a liberação de ânions provenientes da MO (Balbinot et al., 2010). Entretanto, Pavan et al. (1986) obtiveram aumento do pH em área com maior deposição de cobertura vegetal.

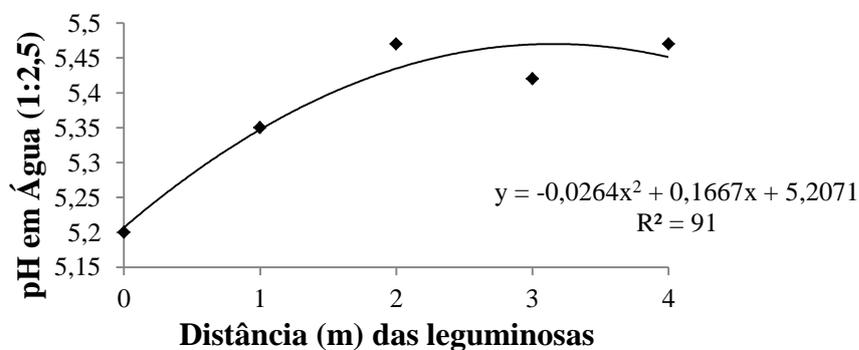


Figura 3. Elevação do pH do solo em relação à distância do transecto das leguminosas das áreas consorciadas.

Segundo Ferreira (2002), a ureia, principal fração nitrogenada encontrada na urina bovina, pode ser prontamente hidrolisada a amônio (NH_4^+), levando ao aumento do pH do solo nos pontos próximos à micção. Tendo em vista que os animais adentram nestes piquetes apenas para desbaste da gramínea e tendem a passar boa parte do tempo neste local pastejando, suas aproximações às fileiras de leguminosas devem ser menos frequentes, pelo fato de que a Braquiaria no local é menos ofertada.

Diversos trabalhos sobre sistemas silvipastoris indicam que o benefício trazido pelas árvores sobre a fertilidade do solo de pastagens tende a se elevar com o tempo e o desenvolvimento das árvores, sendo mais percebido a longo prazo, desde que haja o manejo adequado deste sistema.

Velocidade de Infiltração de Água

Para a velocidade de infiltração de água no solo, os pontos entre as linhas de leguminosas, tanto Gliricídia, quanto Sabiá, na consorciação com Braquiaria, apresentaram maior velocidade de infiltração básica (VIB), chegando a valores médios de 366 mm/h para as linhas entre a Sabiá e 356 mm/h para as linhas entre a Gliricídia (Tabela 4). Os valores mais baixos foram encontrados nos tratamentos de Braquiaria exclusiva (162 mm/h) e entre as faixas de Braquiaria (128 mm/h) na consorciação com Sabiá. O alto valor da VIB entre as faixas de Braquiaria em consorciação com a Gliricídia talvez deva-se ao fato de esta leguminosa possuir o sistema radicular profundo o que propicia vantagens como maior absorção de água e maior eficiência na busca por nutrientes, o que resulta em seu alto desempenho como forragem para produção animal (Abdulrazak et al., 1997; Ondiek et al., 1999; Juma et al., 2006).

Um estudo mais específico acerca do sistema radicular das leguminosas Gliricídia e Sabiá se fazem necessário a fim de se entender melhor a influência das propriedades de suas raízes com relação a comprimento, profundidade e densidade, e seus efeitos sobre a velocidade de infiltração.

Tabela 4. Velocidade de infiltração em solos de pastagem de Braquiaria exclusiva, consorciada com Gliricídia , consorciada com Sabiá, entre linhas de Gliricídia e entre linhas de Sabiá.

Ponto	VIB (mm/h)
Entre linhas de Sabiá	366 a
Entre linhas de Gliricídia	356 a
Faixa entre Gliricídia e Braquiaria	327 ab
Braquiaria exclusiva	162 bc
Faixa entre Sabiá e Braquiaria	128 c
PR>F	0,0206
CV(%)	62

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan ($p<0,05$).

O sistema silvipastoril permite o aumento da MO do solo, proveniente da maior deposição de serrapilheira oriunda das árvores, o que segundo Bell et al. (2011), possibilita o aumento da macroporosidade do solo, contribuindo para a infiltração de água e a aeração. Características como umidade, atividade biológica e cobertura vegetal também podem influenciar a resposta do solo quanto à velocidade de infiltração de água, segundo Carduro e Dorfman (1988). Dunger et al. (2005) relataram que a criação de um sistema silvipastoril propicia o surgimento de um microclima favorável ao aumento da microfauna do solo, que tendem a procurar habitats mais sombreados e úmidos. Dentre os elementos que integram esta microfauna podem ser citados os besouros coleópteros. Dias et al. (2007) relatam o aumento de besouros coleópteros em associação à introdução de leguminosas do gênero Mimosa em pastagens. Estes

besouros possuem o hábito de escavar galerias no subsolo com o intuito de nidificar, contribuindo assim, para a possibilidade de maior infiltração de água (Miranda et al., 1998).

A altura e densidade das plantas leguminosas na área experimental impedem o trânsito dos bovinos em pastejo por entre suas fileiras o que está relacionado à menor densidade do solo nestes pontos (Tabela 8) e conseqüentemente tem influência sobre a VIB que se mostrou superior entre as fileiras de leguminosas em comparação com a área de Braquiaria pastejada e sob efeito do pisoteio dos animais. Estes dados corroboram com os de Lanzasova (2007), que estudou a infiltração de água em solos sob pastejo e sem pastejo, encontrando maiores valores de VIB nas áreas com ausência de pastejo e menores valores à medida que o pastejo se tornava mais intenso.

Como pode ser percebido, à medida que ocorre o aumento da densidade do solo em relação à distância das leguminosas (Tabela 8) também há diminuição da taxa de infiltração, o que apoia trabalho realizado por Bertol (2001), que evidenciou que solos mais densos causam diminuição do volume de poros ocupados pelo ar, o que leva a maiores taxas de escoamento superficial da água, menor retenção e conseqüentemente menor capacidade de infiltração do solo. Prevedello (1996) ressalta ainda que a redução na taxa de infiltração com o decorrer do tempo pode ser influenciada por fatores que operam na superfície do solo, como o selamento superficial, devido ao impacto das gotas de chuva, que podem ser impedidas pelo já elevado dossel das árvores leguminosas. Outra característica favorável advinda do sistema silvipastoril utilizado neste experimento vem do desenvolvimento do sistema radicular das leguminosas arbustivas, o que segundo Hernández (1998), favorece os aspectos físicos do solo, conservando e melhorando sua estrutura e aumentando a capacidade de infiltração de água.

Segundo Cintra et al. (1999), as excreções de ácidos orgânicos e compostos minerais de P e K pelas raízes, podem influenciar as características do solo, pois possibilitam o aumento da dissolução de substâncias minerais e contribuem para o desenvolvimento dos microorganismos da rizosfera. As raízes também podem favorecer o acúmulo de MO no solo, conforme estudo realizado por Lehmann e Zech (1998), que asseguraram que a serrapilheira produzida pela renovação das raízes agrega cerca de 20 a 50% de MO ao solo, enquanto que apenas de 10 a 20% da serrapilheira advinda das partes aéreas é transformada em MO do solo (Schroth et al., 1999).

Umidade Gravimétrica

A taxa de umidade do solo (Tabela 5) apresentou maiores valores médios na pastagem de Braquiaria exclusiva. Isto provavelmente deve-se à competição das espécies por água. As plantas C3 são menos eficientes no uso de água do que as plantas C4. As plantas C3 consomem em média 800 kg de água para produzir 1 kg de MS, enquanto que as C4 consomem uma média de 300 kg de água para produzir a mesma quantidade de MS (Taiz et al., 2004; Marengo et al., 2005). A espécie tem grande influência na disponibilidade de água para as plantas no sistema silvipastoril. Neste sentido, Valenza (2013) menciona que não indica o uso de eucaliptos em sistemas silvipastoris, por este competir com a gramínea associada por fatores como água e nutrientes.

Andrade e Valentim (1999) evidenciaram que o sombreamento é um fator positivo na manutenção da umidade do solo, propiciando desenvolvimento satisfatório da forragem em sistema silvipastoril, porém em condições de sombreamento natural, este efeito pode ser prejudicial devido à competição das plantas por recursos como

luminosidade, água e nutrientes. Logo, a alta exigência das C3 por água pode ter concorrido para a diminuição da umidade próximo às leguminosas.

Outro aspecto que merece ser destacado é o fato de que no período da coleta, a altura da gramínea no pasto exclusivo estava em torno de 60 cm, o que propiciava 100% de cobertura vegetal do solo, ajudando-o a manter a umidade. Nas áreas consorciadas, devido à altura elevada das leguminosas e seu dossel adensado, o sombreamento nos pontos iniciais (0, 1, 2, 3 e 4 m) (Tabela 6), pode ter comprometido a produção da Braquiaria, que segundo Schreiner (1987), possui moderada tolerância ao sombreamento, porém é intolerante ao sombreamento denso, podendo ter perda considerável na produção de matéria seca.

Tabela 5. Umidade do solo em profundidade de 0 a 20 cm em pastagens de Braquiaria exclusiva, Braquiaria consorciada com Gliricídia e Braquiaria em consórcio com Sabiá.

Tratamento	Umidade (%)
Brachiaria	15,9 a
Gliricídia	14,9 b
Sabiá	14,8 b
PR>F	0,002
CV(%)	3,19

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Aguiar et al. (2006) avaliaram a umidade do solo em sistema silvipastoril, agrossilvipastoril e de cultivo intenso, concluindo que o sistema silvipastoril foi o que teve menor perda de água, atrelando este fato a cobertura vegetal do solo. Perin (2000) também observou maiores concentrações de umidade em solo protegido por densa camada aérea de leguminosas herbáceas que cobriam a camada superficial do solo com resíduos de material morto e senescência de folhas, tal como aconteceu com a Braquiaria neste trabalho.

Com relação à distribuição da umidade entre os pontos do transecto a partir das fileiras de leguminosas, pode-se observar que a maior umidade foi obtida no ponto 4 (15,45%), o ponto amostral mais distante das raízes e do sombreamento da copa das leguminosas. Esse ponto amostral, além de diminuir a competição entre as espécies por água no solo, devido ao afastamento das raízes principais das leguminosas, permitiram um pouco de sombra produzida pelo dossel da planta arbórea, propiciando uma maior concentração visual de Braquiaria com acúmulo de senescência, gerando quase total cobertura do solo. Os pontos subsequentes confirmam esta hipótese, pois, como pode ser observado na Tabela 6, à medida que os pontos se aproximam da fileira de leguminosas, a umidade tende a diminuir, visto que com a aproximação, tornava-se claro o raleamento da Braquiaria e a menor cobertura da camada superficial do solo. A cobertura superficial do solo era praticamente inexistente no ponto 0 (entre as leguminosas), o que tornava o solo completamente exposto aos efeitos do vento, temperatura e luminosidade.

Tabela 6. Umidade do solo em profundidade de 0 a 20 cm em distintos pontos do transecto em relação à distância (m) da linha de leguminosas em pastagens de Braquiaria consorciada com Gliricídia e Sabiá.

Distância (m) das leguminosas	Umidade (%)
0	14,51b
1	14,09b
2	15,21 ab
3	14,76 ab
4	15,45a
PR>F	0,04
CV(%)	9,6

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Densidade do solo

Para a densidade do solo não foi observada diferença entre os tratamentos para espécies ($p = 0,5829$), como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7. Densidade do solo em profundidade de 0 a 20 cm em pastagens de Braquiaria exclusiva, Braquiaria consorciada com Gliricídia e Braquiaria em consórcio com Sabiá.

Tratamento	Densidade (g cm^{-3})
Brachiaria	1,21
Gliricídia	1,22
Sabiá	1,19
PR>F	0,74
CV(%)	4,7

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Argenton et al. (2005) afirmaram que a caracterização da densidade crítica de um solo depende de sua classe textural, corroborando com Rosemberg (1964) e Cintra e Mielniczuk (1983) que confirmam que para cada tipo de solo há uma densidade crítica, que pode diminuir ou até impedir o desenvolvimento das raízes. Reichert et al. (2003) atestam que $1,40 \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$ é considerada a densidade crítica para o crescimento satisfatório do sistema radicular de plantas em solos argilosos, enquanto que Reinert et al. (2008), evidenciam a densidade de $1,85 \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$, como crítica para leguminosas e outros vegetais em solos de textura argilosa.

Segundo Alvarenga et al. (1996) e Corsini e Ferraudo (1999), solos com densidade entre $1,27$ e $1,57 \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$ prejudicam o crescimento radicular das plantas e interfere na capacidade de infiltração de água no solo. Como a densidade média dos solos consorciados foi de $1,20 \text{ (g cm}^{-3}\text{)}$, conclui-se que o solo em questão oferece condições satisfatórias para o desenvolvimento das leguminosas, o que levou ao sucesso

da consorciação na sua fase inicial, considerada como a fase crítica na implantação de consórcios.

Os dados analisados para os pontos do transecto da fileira de leguminosas indicam menor densidade para os pontos mais próximos às árvores ($1,19 \text{ g cm}^{-3}$) (Tabela 8). Assim como no caso da infiltração de água, este efeito também pode ser atribuído à existência de microfauna próximo às árvores (Miranda et al., 1998; Dunger et al., 2005; Dias et al., 2007), bem como ao maior acúmulo de MO entre as árvores, aumentando a quantidade de agregados do solo.

Nesta pesquisa o ponto 0 obteve o valor de densidade mais baixo (Tabela 8), enquanto que neste mesmo ponto foi constatada menor taxa de umidade (Tabela 6). Todavia, Iori (2012), estudando o solo de pastagens degradadas, cultivo de banana, sistema silvipastoril e mata preservada, para mensurar a densidade do solo destas áreas encontrou maior umidade no solo menos denso, o que pode estar correlacionado com o potencial de sombreamento de suas áreas experimentais. Beltrame et al. (1981) afirmam que a umidade tende a alterar a coesão entre as partículas do solo, assim quando o solo encontra-se com pouca umidade, fica mais agregado, o que dificulta sua separação por alguma força externa (Silveira, 2010). Isto reforça a influência da competição entre as espécies por água na umidade do solo e na densidade do mesmo.

Tabela 8. Densidade do solo em profundidade de 0 a 20 cm em pontos do transecto em relação à distância (m) da linha de leguminosas em pastagens de Braquiaria consorciada com Gliricídia e Sabiá.

Distância (m) das leguminosas	Densidade (g cm ⁻³)
0	1,18 b
1	1,19 b
2	1,19 b
3	1,22 ab
4	1,24 a
PR>F	0,07
CV(%)	4,01

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Fração leve da matéria orgânica

Considerando os três tratamentos avaliados, não observou-se efeito significativo para a concentração da fração leve da matéria orgânica ($p = 0,22$), contradizendo o resultado encontrado por Xavier et al. (2011), que obteve maior acúmulo de MO proveniente de serrapilheira, em pastagens com sistema silvipastoril (228 kg/ha/ano) em relação ao sistema com monocultivo (107 kg/ha/ ano).

Porém Braz et al. (2007) relatam que em situações de sistemas silvipastoris, o elevado acúmulo de serrapilheira proveniente de gramíneas C4 deve-se à sua maior eficiência fotossintética, o que gera maior produção de fitomassa e por sua vez de material senescente. Zinn et al. (2005) e Chan et al. (2002) afirmaram que o estoque da MO no solo possui relação direta com o aporte de resíduos, a taxa de decomposição e com o fracionamento da MOS. No mesmo trabalho, os autores salientaram ainda que a substituição de sistemas agrícolas convencionais por sistemas melhorados, como o silvipastoril alteram a dinâmica de acúmulo e a taxa de decomposição da serrapilheira e conseqüentemente gerariam maior aumento da fração leve da MO do solo.

Maia et al. (2008) apontaram maior quantidade de fração leve em solo de sistema silvipastoril ($38,2 \text{ g/dm}^{-3}$) do que em sistema de cultivo convencional ($28,4 \text{ g/dm}^{-3}$), atribuindo este aumento à maior quantidade de serrapilheira proveniente das árvores. Silva e Mendonça (2007) relacionam a MO do solo como os restos de organismos vivos nos mais diversos graus de decomposição. Para Souza (2006) e Fraga (2002), esta MO depositada no solo está diretamente relacionada à quantidade de fração leve no sistema e enfatizam ainda que essa fração leve nada mais é, senão serrapilheira e matéria orgânica em estágios intermediários de decomposição. Estes autores deixam claro que a fração leve da MO disponível no solo encontra-se em um balanço de dependência entre a MO depositada no sistema e sua velocidade de decomposição.

No entanto, quando analisados apenas os tratamentos consorciados, foi observada diferença entre eles ($p = 0,0019$) (Tabela 9).

Tabela 9. Fração leve da matéria orgânica em pastagens de Braquiaria exclusiva, Braquiaria consorciada com Gliricídia e Braquiaria em consórcio com Sabiá.

Tratamento	Fração leve da MO (g/kg)
Gliricídia	0,045 b
Sabiá	0,064 a
PR>F	0,0019
CV(%)	32,4

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

As substâncias fenólicas encontradas nas plantas costumam influenciar na taxa de decomposição do material senescente e conseqüentemente, na ciclagem de nutrientes, podendo ainda, interferir diretamente na composição e atividade das comunidades decompositoras do sistema (Hättenschwiler e Vitousek, 2000). Dentre estas substâncias, os flavonóides se caracterizam pelo seu alto poder recalcitrante e

alguns autores correlacionam altas concentrações de tanino condensado com baixas taxas de decomposição. Nozella (2001) encontrou teores médios de tanino condensado próximos de 10% em Gliricídia, enquanto que Balogun et al. (1998) determinaram valores médios de 8%. Bellen (2002), no entanto, evidenciou valores mais altos na Sabiá, chegando a médias de 20,11%. O fato da literatura destacar maior teor de tanino na composição da Sabiá além da maior deposição de resíduos desta planta em relação à Gliricídia (Silva et al. 2013) podem ser os motivos para os maiores valores da fração leve nestes piquetes.

Quanto à distância das fileiras de leguminosas, observou-se que o ponto 0 foi o único que diferiu dos demais (Tabela 10), obtendo a maior concentração de fração leve (0,071 g/kg). Silva et al. (2013), trabalhando com decomposição de serrapilheira de *Brachiaria decumbens* e *Calopogonium mucunoides* Desv., encontraram maior acúmulo de serrapilheira das leguminosas no ponto 0 (entre as fileiras de leguminosas) em Itambé, Pernambuco, sendo o sistema consorciado com Sabiá também o que apresentou maior acúmulo. No mesmo trabalho os autores não observaram diferença estatística entre a MO total proveniente da serrapilheira em relação à distância das linhas de leguminosa. Este efeito pode explicar a maior concentração de fração leve no ponto 0, onde a deposição do material senescente das leguminosas foi maior.

Tabela 10. Fração leve da matéria orgânica em pontos do transecto em relação à distância (m) da linha de leguminosas em pastagens de Braquiaria consorciada com Gliricídia e Sabiá (0 – 20 cm).

Distância (m) das leguminosas	Fração leve da MO (g/kg)
0	0,071 a
1	0,051 b
2	0,056 b
3	0,052 b
4	0,042 b
PR>F	0,0019
CV(%)	32,47

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan ($p<0,05$).

CONCLUSÕES

A composição química dos solos sob sistema silvipastoril foi pouco modificada quando contrastada com solos de monocultivo de Braquiária, durante o período estudado de 4 anos. A presença das árvores leguminosas em pastagem aumenta a velocidade de infiltração de água no solo, e a concentração de fração leve próximo às árvores, todavia a competição das plantas arbóreas com a Braquiaria diminui a umidade do solo nos pontos próximos às leguminosas. O uso de árvores leguminosas em consorciação com pastagens contribui para a diminuição da densidade do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULRAZAK, S.A.; MUIINGA, R.W.; THORPE, W. **Supplementation with *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* on voluntary food intake, digestibility, rumen fermentation and live weight of crossbred steers offered *Zea mays*stover.** Livestock Production Science v. 49, p. 53-62, 1997.
- AGUIAR, M. I.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. E ARAUJO FILHO, J. A. **Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE.** Revista Ciência Agronômica, v.37, n.3, p.270-278, 2006.
- ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W. & REGAZZI, A. J. **Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente.** R. bras. Ciências do Solo, v. 20, p.319-326, 1996.
- ANDRADE, C. M. S; VALENTIM, J. F. **Adaptação, Produtividade e Persistência de *Arachispintoi* Submetido a Diferentes Níveis de Sombreamento.** Rev. bras. zootec., v.28, n.3, p.439-445, 1999.
- ANDRADE, C. M. DE; VALENTIM, J. F.; E CARNEIRO, J. C. **Árvores de baginha (*Stryphnodendron guianense* Aubl. Benth.) em ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental.** Rev. Brasil. Zoot. 31(2):574-582. 2002.
- ANDRADE C. M. S.; GARCIA R.; COUTO L.; PEREIRA O. G.; A. L. SOUZA. **Desempenho de Seis Gramíneas Solteiras ou Consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e Eucalipto em Sistema Silvipastoril.** R. Bras. Zootec., v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.
- ARGENTON J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C. & WILDNER, L.P. **Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo**

Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. R. Bras. Ci. Solo, 29:425-435, 2005.

BALBINOT, E.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; PAULINO, G. M. e LAMÔNICA, K. B.

Crescimento inicial e fertilidade do solo em plantios puros e consorciados de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. Sci. For., Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 27-37, mar. 2010.

BALOGUN, R. O.; JONES, R. J. e HOLMES, J. H. G. **Digestibility of some tropical browse species varying in tannin content.** Animal Feed Science and Technology, v.76, p.77-88. 1998.

BÉELEN, P.M.G. **Taninos condensados de leguminosas nativas do semi-árido nordestino.** Jaboticabal, 2002. 71 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002.

BELL, L.W.; KIRKEGAARD, J.A.; SWAN, A. **Impacts of soil damage by grazing livestock on crop productivity.** Soil & Tillage Research, v.113, p.19–29, 2011.

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

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. **Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo.** Scientia Agrícola, Piracicaba, v.58, n.3, p.555-560, 2001.

BORGES, A.L.; KIEHL, J.C. & SOUZA, L.S. **Alteração de propriedades físicas e atividade microbiana de um latossolo amarelo álico após o cultivo com fruteiras perenes e mandioca.** R. Bras. Ci. Solo, 23:1019-1025, 1999.

BOUWER, H. Intake rate: **Cylinder infiltrometer**. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods**. Part 1. 2.ed Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, p.825- 844.1986.

BRAZ, A.J.B.P.; KLIEMANN, H.J. e SILVEIRA, P.M. **Produção de fitomassa de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distrófico**. *Pesq. Agropec. Trop.*, 35:55-64, 2005.

BREMNER, J.M.**Total Nitrogen**. In: Black, C. A., ed. **Methods of soil analysis**. Madison. American Society of Agronomy. Part2, cap 8, p. 1149-1178.1965.

CAMARÃO, A. P.; SIMÃO NETO, M.; SERRÃO, E. A. S.; RODRIGUES, I. A.; LASCANO, C. E. **Identificação e composição química de espécies invasoras de pastagens cultivadas e consumidas por bovinos em Paragominas, Pará**. Belém: Embrapa – CPATU, 62 pág. Boletim de Pesquisa 104. 1990.

CARDURO, F.A.; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e campo para irrigação e drenagem**. Brasília: PRONI/MA, 216p.1988.

CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F.; ALVIM, M. J. **Arborização melhora a fertilidade do solo em pastagens cultivadas**. Embrapa, Comunicado Técnico. Juiz de Fora, MG. Dezembro, 2003.

CINTRA, F.L.D. e MIELNICZUK, J. **Potencial de algumas espécies para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas**. *R. Bras. Ci. Solo*, 7:197-201, 1983.

CHAN, K.Y.; HEENAN, D.P. e OATES, A. **Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management**. *SoilTill. Res.*, 63:133-139, 2002.

CORSINI, P.C.; FERRAUDO, A.S. **Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, p.289-298, 1999.

CPRH. Companhia Pernambucana de Meio Ambiente. **Diagnóstico do litoral Norte de Pernambuco.** Recife, 2003.

DAUGER, J., T. PURTAUF, A. ALLSPACH, J. FRISCH, K. VOIGTLÄNDER e V. WOLTERS. **Local vs. Landscape controls on diversity: a test using surface-dwelling soil macroinvertebrates of differing mobility.** Global Ecology and Biogeography, 14: 213-221. 2005.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; RESENDE, A. S.; MOREIRA, J. F.; POLIDORO, J. C.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. **Influência da projeção das copas de espécies de leguminosas arbóreas nas características químicas do solo.** PasturasTropicales, Vol. 28, No. 2. 2006.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. **Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Braquiaria brizantha* cv. Marandu.** Pesq. Agropec. Trop. 37(1): 38-44, mar. 2007.

DUBEUX JR., J. C. B.; SOLLENBERGER, L.E.; INTERRANTE.; S. M. VENDRAMINI, J. M. B. AND STEWART JR., R. L. **Litter Decomposition and Mineralization in Bahiagrass Pastures Managed at Different Intesities.** Crop Science.v. 46, p. 1305-1310. 2006.

DUBEUX, J. C. B.;SOLLENBERGER, L. E.; MATHEWS, B. W.; SCHOLBERG, J. M.; AND SANTOS, H. Q. **Nutrient Cycling in Warm-Climate Grasslands.** Crop Science. Vol. 47 No. 3, p. 915-928, 2007.

DUNGER, J.; PURTAUF, A.; ALLSPACH, J.; FRISCH, K. VIGTLANDER; WOLTERS, V. **Landscape controls on diversity: a test using surface-dwelling soil**

macroinvertebrates of differing mobility. *Global Ecology and Biogeography*, v.14, p.213-221, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 247p. 1979.

FERREIRA, E. **O destino do nitrogênio derivado da liteira de plantas forrageiras e das excretas de bovinos em sistemas de pastagens tropicais.** 188 f. Tese (Doutorado - Agronomia/Ciência do Solo). Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2002.

FONSECA, G. C.; CARNEIRO, M. A. C.; COSTA, A. R.; OLIVEIRA, G. C.; BALBINO, L. C. **Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiás, v. 37, n. 1, p. 22-30. 2007.

FRAGA, V.S. Mudanças na matéria orgânica (C, N e P) de solos sob agricultura de subsistência. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 76p. (Tese de Doutorado). 2002.

GILL, W.R. e BOLT, G.H. **Pfeffer's studies of root growth pressure exerted by plants.** *Agron. J.*, Madison, 47:166-168, 1955.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. **Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem.** *Advanced Agronomy*, v.49, n.1, p.119-199, 1993.

HÄTTENSCHWILER, S., VITOUSEK, P. M. **The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling.** *Tree*, 15(6):238-243. 2000.

HERNANDÉZ, M. **El uso de los árboles como mejoradores de los suelos y de la productividad de las gramíneas forrajeras.** *Pastos y Forrajes*, Matanzas, v. 21, n. 4, p. 283-292, 1998.

IORI, P.; DIAS JÚNIOR, M. S.; SILVA, R. B. **Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente.**Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 185-195, Mar. 2012

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTE, A.C.; BURGOS, N. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco: descrição de perfis de solos e análises.** Recife: DNPEA; Sudene, v.1 (Boletim Técnico, 26). 1972.

JAKELAITIS, A.; A; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B. E VIVIAN, R. **Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 38, n. 2, p. 118-127, jun. 2008.

JINBO, Z.; CHANGCHUN, S.; SHENMIN, W. **Dynamics of soil organic carbon and its fractions after abandonment of cultivated wetlands in Northeast China.** Soil and Tillage Research, v.96, p.350-360, 2007.

JUMA, H. K.; ABDULRAZAK S. A.; Muinga R. W. **Effects of supplementing maize stover witch clitoria, gliricidia and mucuna on performance of lactating Jersey cows in coastal lowland Kenya.**Tropical and Subtropical Agroecosystems v. 6, p. 1-7, 2006.

KEMP, D.R.; MICHALK, D.L. **Grasslands: A Global Resource.** Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. 2005.

LANZANOVA, M.E. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária.** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 132p. 2005.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T. J. C. e MACHADO, L. A. Z.; KICHEL, A. N. **Ajuste de lotação no manejo de pastagens.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campo Grande: Embrapa Gado de Corte: Seprotur, Repasto, . 55 p. :il, 2004.

- MACHADO, F. A. **Avaliação de pastagens de *Braquiaria decumbens* Stapf. consorciadas com leguminosas na Zona da Mata seca de Pernambuco.** 132 f.:il Tese de Doutorado. Departamento de Zootecnia. UFRPE, Recife. 2011.
- MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. E FILHO, J. A. A. **Frações de nitrogênio em luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense.** R. Bras. Ci. Solo, 32:381-392, 2008.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral.** Viçosa, MG: UFV, 451 p. 2005.
- MIRANDA, C. H. B.; SANTOS, J. C. C.; BIANCHIN, I. **Contribuição de *Onthophagus gazela* à melhoria da fertilidade do solo pelo enterrio de massa fecal bovina fresca.** 1. Estudo em casa de vegetação. Revista Brasileira Zootecnia, Viçosa, v.27, n.4, p. 681-685, 1998.
- NOZELLA, E.F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes.** 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- OLIVEIRA, J. C.; REICHARDT, K.; BACHI, O. O.; TIMM, L. C.; DOURADO-NETO D.; TRIVELIN, P. O.; TOMINAGA, T. T.; NAVARRO, R. C.; PICCOLO, M. C.; E CÁSSARO, F. A. **Nitrogen dynamics in a soil sugar cane system.** Scientia e Agricola 57(3):467-472. 2000.
- ONDIEK J. O.; ABDULRAZAK, S. A.; TUITOEK J. K. **The effects of *Gliricidia sepium* and maize bran as supplementary feed to Rhodes grass hay on intake, digestion and live weight of dairy goats.** Livestock Production Science, v. 6, p. 65–70, 1999.

OWENS, F. N.; HANSON, C. F. **External and internal Market for Appraising Site and Extent of Digestion in Ruminants.** Journal of Dairy Science, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, 1992.

PAVAN, M. A.; CARAMORI, P. H.; FILHO, A. A.; SCHOLZ, M. F. **Manejo da cobertura do solo para formação e produção de uma lavoura cafeeira.** Influência na fertilidade do solo. Pcsq. agropec. bras., Brasília, 21(2):187-192, fev. 1986.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. **Efeito da morfologia radicular de leguminosas herbáceas perenes na umidade de um argissolo.** EMBRAPA, Comunicado Técnico, n° 44, pág. 1 – 8, dez./2000.

PREVEDELLO, C.L. **Física do solo com problemas resolvidos.** Ed. SAEAFS. Curitiba, PR, 446p.1996.

RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A. **Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p.1609-1623, 2007.

REINERT, D.J. **Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto.** R. Bras. Ci. Solo, 31:1131-1140, 2006.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C. E ANDRADA, M. M. C. **Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho.**R. Bras. Ci. Solo, 32:1805-1816, 2008.

ROSEMBERG, N.J. **Response of plants to the physical effects of soil compaction.** Adv. Agron., 16:181-196, 1964.

SANDERSON, M.A.; BRINK, G.E.; HIGGINS, K.F.; NAUGLE, D.E. **Alternative uses of warm-season forage grasses.** P.389-416. In L.E. Moser et al. (ed) Warm=season (C4) grasses, ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI. 2004.

SAS. **Statistical analysis systems user's guide**. Version 9.0 6th ed. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC. USA, 2003.

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

SECCO, D.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. **Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação**. R. Bras. Ci. Solo, 28:797-804, 2004.

SILVEIRA, D. C.; MELO FILHO, J. F.; SACRAMENTO, J. A. A. S.; SILVEIRA, E. C. P. **Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 34, p. 659-667, 2010.

SHIERLAW, J. e ALSTON, A.M. **Effects of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus**. PlantSoil, The Hague, 77:15-28,1984.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**.2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 156p. 1990.

SILVA, I.R. e MENDONÇA, E.S. **Matéria orgânica do solo**. In:NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.;FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L.eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.275-374. 2007.

SILVA, A. B.; LIRA JUNIOR, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. FIGUEIREDO, M. V. B.; VICENTIN, R. P. **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 vol.37 no. 2 Viçosa Mar./Apr. 2013.

SOUZA, A. A. e ESPÍNDOLA, G. B. **Bancos de proteína de leucena e guandu para suplementação de ovinos em pastagem de capim-bufel**. In: XXXVII Reunião Anual

da Sociedade Brasileira de zootecnia. Anais...Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2000.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. **Atributos físicos de um neossolo quartzarênico e um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de manejo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 40, n. 11, p.1135-1139, 2005.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SILVA, C.A. e BUZETTI, S. **Alterações nas frações do C em um Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso do solo.** Acta Sci. Agron., 28:323-329, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p.2004.

TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. **Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, MG, v. 15, n. 1, p. 105-111, 1991.

VANZELA, J. Y. A.; SANTOS, G. B. **Sistemas silvipastoris como alternativa para o aumento da produtividade da propriedade rural: revisão.** Anais do simpósio nacional de tecnologia em agronegócio. Perspectivas e Tendências em Bioenergia e Produção de Alimentos. 2013.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed. Ithaca: Cornell University, 1994, 476p.

VIEIRA JÚNIOR, L. C; FACTORI, M.A.; CABRAL, W. B. **Distribuição das excretas de bovinos em pastagens.** Disponível em <[http://www.milkpoint.com.br/.../distribuição-das-excrets-de-bovinos-em-pastagens-Radar Técnico/pastagens](http://www.milkpoint.com.br/.../distribuição-das-excrets-de-bovinos-em-pastagens-Radar_Técnico/pastagens)>. Acessado em 29 de Agosto de 2013.

VITORINO, A. C. T. **Caracterização e interpretação para uso agrícola, de solos de terraço fluvial, no médio Rio Doce, Município de Córrego Novo, MG.** Viçosa: UFV, 95p. 1986.

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; E BOTREL, M. A.
Melhoramento da fertilidade do solo em pastagens de Braquiaria decumbens associada com leguminosas arbóreas. PasturasTropicales 25(1):21-26. 2003.

XAVIER, D. F.; LÉDO, F. J. S.; PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A. E BODDEY, R. M. **Dinâmica da serapilheira em pastagens de braquiária em sistema silvipastoril e monocultura.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.10, p.1214-1219, out. 2011.

ZINN, Y.L.; LAL, R. e RESCK, D.V.S. **Changes in soil organic carbon stocks under agricultural in Brazil.** Soil Till. Res., 84:28-40, 2005.

Capítulo III

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

RESUMO

A ciclagem de nutrientes é influenciada pela deposição de excretas no solo. Objetivou-se avaliar a ciclagem de nutrientes advindos da decomposição e liberação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e Na em excretas de bovinos coletadas em épocas distintas (seca e chuvosa) em pastagens de monocultura e consorciada. Os tratamentos utilizados foram *Brachiaria decumbens* Stapf. exclusiva ou em consórcio com Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) e Gliricídia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.]. O delineamento foi o de blocos ao acaso com três repetições. As excretas foram incubadas em tempos de 0, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias. O modelo matemático exponencial negativo simples mostrou-se adequado ($p < 0,0001$) para expressar o tempo de decomposição e as taxas de liberação dos nutrientes. A taxa relativa de decomposição (k) foi maior para o tratamento com Braquiaria exclusiva ($k = 0,00284 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), seguida da Sabiá ($k = 0,00233 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e da Gliricídia ($k = 0,00200 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). A taxa de liberação dos nutrientes apresentou efeito para tempo em todas as variáveis analisadas e interação entre tempo e estação para o Ca ($p = 0,0042$) e o Mg ($p = 0,0013$) e interação entre tratamento e estação para N ($p = 0,0096$), Mg ($p = 0,0006$), Ca ($p < 0,0001$). Os resultados obtidos pelo ensaio de decomposição de fezes, confirmam a importância dessa via de entrada para a ciclagem de nutrientes no sistema solo.

Palavras-chave: Ciclagem, Decomposição, Excretas, Leguminosas, Nutrientes.

ABSTRACT

Nutrient cycling is influenced by the deposition of excreta on the ground. This study evaluated the decomposition and release of nutrients N, P, K, Ca, Mg and Na from feces of cattle collected in different seasons (dry and wet) grazing either *Brachiaria decumbens* in monoculture or intercropped with tree legumes. The treatments were *Brachiaria decumbens* Stapf. in monoculture or mixed with Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) and Gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp Kunthex.]. The design was a randomized block with three replications. The excreta were incubated for 0, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 and 256 days. The single negative exponential mathematical model was adequate ($p < 0.0001$) to express the time of decomposition and nutrient release rates. The relative rate of decomposition (k) was greater for *Brachiaria* ($k = 0.00284 \text{ g}^{-1} \text{ day}^{-1}$), followed by Sabia ($k = 0.00233 \text{ g}^{-1} \text{ day}^{-1}$), and Gliricidia ($k = 0.00200 \text{ g}^{-1} \text{ day}^{-1}$). The rate of nutrients release showed a time effect for all variables and interaction between time and season for Ca ($p = 0.0042$) and Mg ($p = 0.0013$) and interaction between treatment and season to N ($p = 0.0096$), Mg ($p = 0.0006$), Ca ($p < 0.0001$). The results obtained confirmed the importance of this route of nutrient return to the soil in a grassland ecosystem.

Keywords: cycling, decomposition, Excreta, Legumes, Nutrients.

INTRODUÇÃO

O animal é um importante componente do sistema de reciclagem de nutrientes na pastagem. Segundo Peron e Evangelista (2004), a carência de adubação de manutenção nos ecossistemas de pastagens é um dos fatores primordiais para levá-lo à degradação. Neste contexto, as etapas do consumo, desde a apreensão, taxa de bocado, mastigação e digestão influenciam o processo de decomposição, contribuindo para aceleração da velocidade de decomposição e mineralização dos nutrientes disponíveis nas fezes (Archer e Smeins, 1991).

Do total da forragem que é consumida por animais a pasto, apenas uma pequena proporção dos nutrientes minerais consumidos é retida pelos animais (Wilkinson e Lowrey, 1973). Segundo Barrow (1967), de 60% a 90% dos nutrientes que são ingeridos pelos animais tendem a retornar ao solo por meio das excretas. Os macronutrientes cálcio, magnésio e fósforo, são retornados ao sistema solo principalmente por via fecal, enquanto que o nitrogênio tende a ser excretado em iguais proporções tanto nas fezes como na urina, e o potássio é, geralmente, excretado em maior quantidade pela via urinária (Haynes e Willians, 1993).

A concentração dos nutrientes retornáveis nas fezes bovinas podem sofrer variações de acordo com a dieta do animal, ingestão de água e eficiência genética e sanitária da conversão alimentar, que pode variar segundo a espécie, idade e sexo (Azeez et al., 2009). A massa fecal, composta basicamente por matéria orgânica, estimula a atividade da biota do solo, aumentando a mineralização de nutrientes essenciais às plantas (Elkins et al., 1984; Steinberger et al., 1984). Os níveis de concentração de nutrientes nas excretas variam muito, sofrendo influência da taxa de lotação, forma de pastejo, localização dos recursos hídricos, relevo, áreas de repouso e

raça, sexo e espécie do animal (Mathews e Sollenberger, 1996). Em estudo realizado em Itambé, PE, Dubeux Jr. et al. (2014) encontraram diferença nas concentrações de P, K e lignina nas excretas de bovinos submetidos a pastejo de braquiária decumbens exclusiva e consorciada com leguminosas arbóreas. Estima-se que entre 85 e 95% do total de nitrogênio ingerido por bovinos retorne ao solo através das excretas (Haynes e Williams, 1993). Porém, segundo Ferreira et al. (1995a), grande parte desse N pode ser perdido no processo de ciclagem por meio da volatilização da uréia na forma de amônia em poucos dias.

Hirata et al. (2011) relacionaram o retorno de nutrientes ao solo pela excreção com o tempo de decomposição, período de permanência na área e frequência de excreção. Desta forma a velocidade de decomposição bem como as condições para que ocorra esta alteração no bolo fecal são fatores diretamente atrelados à concentração de nutrientes que serão disponibilizados no processo de ciclagem.

Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar a concentração e taxa de desaparecimento de nutrientes nas excretas de bovinos em pastagens de Braquiaria exclusiva e em consorciação com leguminosas arbóreas na Zona da Mata de Pernambuco.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado no município de Itambé, Pernambuco. O índice pluviométrico deste município é de 1.300 mm de média anual, o tipo climático é subúmido, o relevo é considerado levemente ondulado e os solos da região da pesquisa são classificados como podzólico vermelho-amarelo (Jacomine et al. 1972).

A precipitação pluviométrica média mensal para os anos do experimento, e durante o período de incubação das amostras, de novembro de 2012 a julho de 2013, é mostrada na Figura 1.

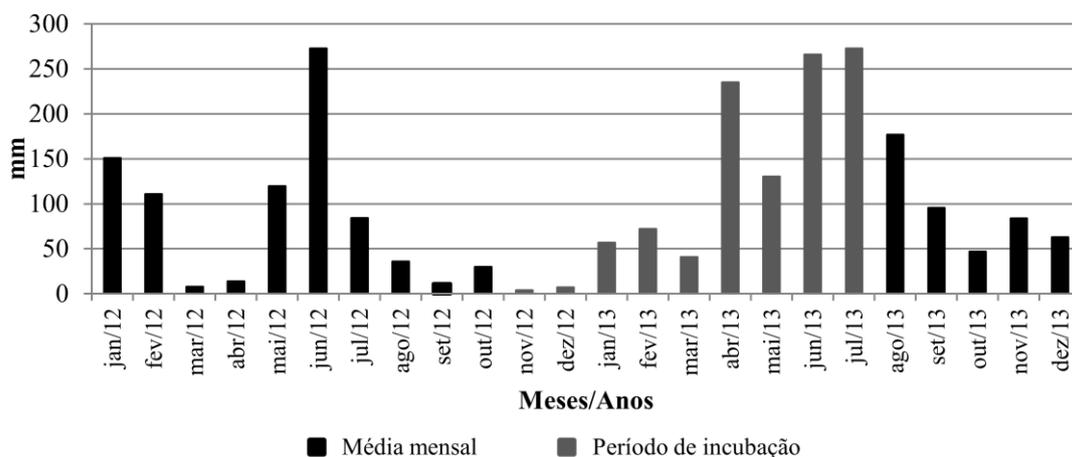


Figura 1. Índice pluviométrico do Campo Experimental do IPA – Itambé nos anos de experimento e durante o período experimental. Fonte: IPA, 2014.

Os ensaios de decomposição e a avaliação da composição química das excretas foi realizada em uma área experimental de 9 ha, dividida em três blocos com três repetições cada. Os tratamentos consistiam de Braquiaria exclusiva e consorciada com Sabiá e Gliricídia. As leguminosas foram estabelecidas na área experimental em 2011. O delineamento foi o de blocos ao acaso com três repetições. Cada piquete possuía bebedouro e saleiro para os animais. Nos piquetes consorciados, as leguminosas foram

plantadas em filas duplas espaçadas em 15,0 x 1,0 x 0,5 m, totalizando 2.500 plantas por piquete. Foram utilizados bovinos mestiços machos com média de 200 kg de peso vivo, sendo utilizados dois animais testadores em cada piquete. O manejo da pastagem adotado foi o de lotação contínua variável, sofrendo ajuste de acordo com a oferta de forragem utilizada de 3 kg de matéria seca verde por kg de peso vivo, seguindo método descrito por Sollenberger et al. (2005).

As amostras de excretas que serviram para determinar a decomposição e composição química foram coletadas ainda frescas nos piquetes, com o cuidado para não serem apanhadas com porção de solo, evitando contaminação. As coletas foram realizadas em períodos distintos (período seco; setembro/2012; e período chuvoso; junho/2012), visando a comparação dos resultados nestas diferentes épocas. A incubação teve início em novembro/2012 e término em julho/2013. As amostras foram pesadas ainda frescas, e levadas em seguida para secagem em estufa a 65° durante 72 horas. Após secagem, as mesmas foram novamente pesadas, e cortadas em pedaços de 20 g, sendo então postas em sacos de nylon medindo 30 x 30 cm, com porosidade de 75 µm, onde foram seladas e em seguida levadas de volta aos seus respectivos piquetes onde foram incubadas em uma zona de exclusão, sendo avaliadas em ciclos de 0, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias. Antes de serem incubadas, as fezes coletadas foram analisadas, a fim de se determinar as concentrações de suas composições químicas. Sacos vazios também foram incubados e avaliados nos mesmos ciclos para verificar a influência da decomposição nos próprios sacos. Ao final de cada ciclo os sacos foram coletados, limpos externamente com pincel, levados a estufa a 65° por 72 horas e pesados. Em seguida foram moídas em moinho tipo "Willey", e encaminhadas para Laboratório do Departamento de Zootecnia da UFRPE, onde foram submetidas à análise laboratorial para determinação de MS, MO, cinzas, C, N, P e lignina, e para o

Laboratório de Química do Solo, no Departamento de Agronomia da mesma Instituição para determinação dos teores de Ca, Mg e K. Os teores de MS, MO e cinzas foram determinados de acordo com metodologia de Silva e Queiroz (2002). Para determinação do teor de N foi adotado o método de Thomas (1967). O teor de C foi obtido pelo método de oxidação e titulação com sulfato ferroso e o teor de fósforo pelo método colorimétrico do molibdato-vanadato e espectrometria, seguindo a metodologia descrita por Bezerra Neto e Barreto (2011).

O teor de lignina foi analisado pelo método de Van Soest et al. (1991). Para determinação do Ca e Mg as amostras foram submetidas ao espectrofômetro de absorção atômica (Walsh, 1955), enquanto que o teor de K foi obtido por meio do fotômetro de chama, conforme metodologia da Embrapa (1979).

Para determinação da porcentagem de desaparecimento da MO e percentuais remanescentes de N, Ca, Mg, K, P e Na com base na MO, foi utilizado o modelo matemático exponencial simples, que foram descritas pela equação:

$$Y = B_0 e^{-kt}$$

onde Y = proporção de biomassa ou do nutriente remanescente no tempo (em dias), B₀ = constante de desaparecimento e o K = taxa relativa de decomposição da biomassa ou nutriente analisado.

Para cada tratamento foi testado se havia diferença significativa em cada parâmetro avaliado. Para cada resultado positivo foi desenvolvida uma equação que melhor se ajustasse aos resultados. Para análise do tempo de decomposição dos diferentes tratamentos foi utilizado o PROC MIXED do SAS 2003 (SAS Inst., 2003), através de um arranjo fatorial (tratamento x tempo de incubação). Efeitos aleatórios incluíram blocos e suas interações. Os efeitos foram considerados significativos a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da composição química das fezes coletadas antes de serem incubadas, demonstraram diferença significativa entre os tratamentos apenas para o teor de P ($p=0,049$) e lignina ($p = 0,007$) (Tabela 1).

Tabela 1. Concentrações iniciais de nutrientes em fezes de bovinos pastejando *Braquiaria decumbens* exclusiva e consorciada com *Gliricídia* ou *Sabiá*.

Tratamento	N	P	K	Mg	Ca	Na	LIG	C:N
							%	
BRA	20,8 a	5,2 a	8,0 a	7,1 a	7,9 a	2,0 a	4,7 b	16,4 a
GLI	19,5 a	4,0 ab	7,1 a	8,8 a	8,8 a	1,8 a	5,8 a	15,4 a
SAB	19,1 a	3,5 b	6,4 a	7,1 a	6,6 a	1,8 a	5,7 a	14,4 a
PR>F	0,56	0,04	0,48	0,10	0,48	0,91	0,007	0,46
CV(%)	11	30	30	19	39	74	10	17

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($p<0,05$).

Decomposição de fezes

O desaparecimento de MO das fezes (Figura 2) foi influenciado pela interação entre tratamento e tempo ($p < 0,001$). O modelo matemático exponencial negativo simples se mostrou adequado para explicar a curva da MO remanescente nas fezes ($p < 0,001$). Não houve, no entanto, efeito ($p > 0,05$) para a relação dos tempos de decomposição com as fezes coletadas nos períodos seco ou chuvoso.

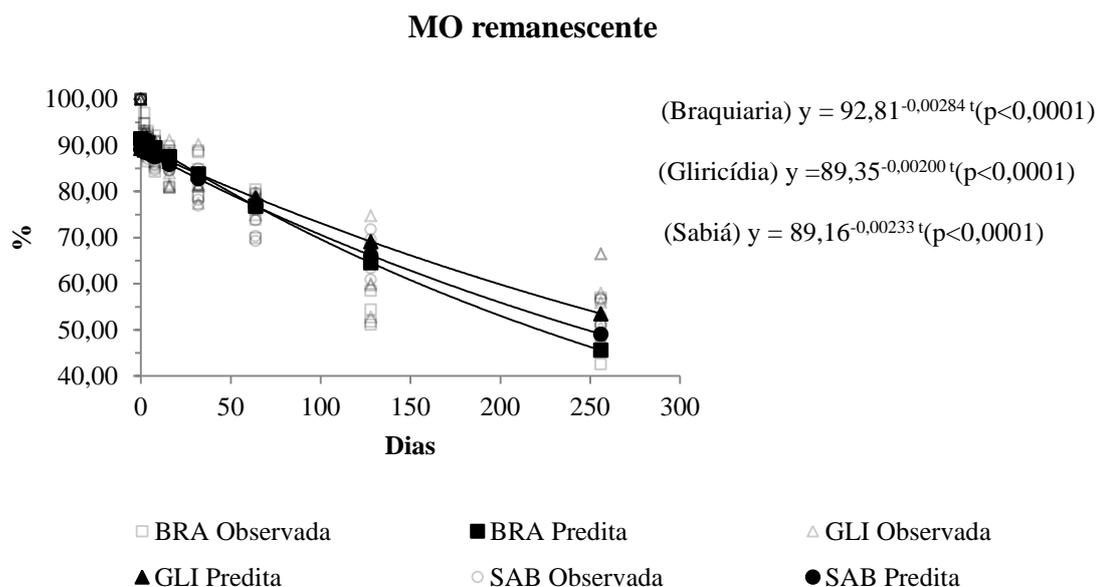


Figura 2. Porcentagem de biomassa remanescente em fezes de bovinos em pastagem de *Brachiaria decumbens* exclusiva e consorciada com Gliricídia e Sabiá.

Não houve diferença na perda de biomassa nos quatro primeiros dias ($p = 0,13$), vindo a apresentar diferença entre os tratamentos apenas a partir do tempo 8 ($p = 0,010$), com valores médios de 1,36% de perda. Aos 100 dias de incubação, os tratamentos começam a evidenciar maior diferença entre a decomposição e a biomassa remanescente, sendo este efeito atenuado no dia 256 ($p = 0,001$), onde o tratamento de Braquiaria exclusiva apresentou maior taxa de desaparecimento relativa de biomassa ($k=0,00284 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$), seguida do tratamento consorciado com Sabiá ($k=0,00233 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$), e do tratamento com Gliricídia ($k=0,00200 \text{ g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$). A biomassa remanescente apresentou valores percentuais de 35,85%, 40,08% e 45,87%, respectivamente para os tratamentos com Braquiaria, Sabiá e Gliricídia.

Segundo Haynes e Willians (1993), a decomposição das placas de fezes podem ser aceleradas por processos físicos, como o impacto das gotas de chuva e o pisoteio dos animais, que nesta pesquisa foram simulados pela quebra e fracionamento das placas

quando incubadas nos sacos, e por processos biológicos advindos da ação de fungos, bactérias, minhocas e besouros. Nos tratamentos consorciados com leguminosas arbóreas, presume-se que a população e a atividade dos insetos coprófagos seja maior (Dias et al. 2007), o que possibilitaria uma maior velocidade de decomposição nestas áreas, porém os sacos de nylon coibiram a ação destes insetos, o que tirou a vantagem destes tratamentos, tornando-os biologicamente sujeitos às mesmas condições do tratamento com *Braquiaria* exclusiva.

Os tratamentos consorciados obtiveram menor taxa de decomposição, provavelmente devido ao fato de existir maior concentração de tanino condensado na dieta disponível para os animais nestes piquetes. Embora a relação C:N exerça influência significativa na velocidade de decomposição e na liberação de nutrientes (Janssen, 1996), não foi observada diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos para esta variável neste estudo. Heal et al. (1997) atribuem a baixa velocidade de decomposição de resíduos à presença de constituintes recalcitrantes, sendo os teores de tanino nas folhas de Sabiá mais altos que nas de *Gliricídia* (Balogun et al. , 1998; Nozella, 2001; Bellen, 2002). Embora o teor de tanino seja maior nas folhas de Sabiá, a presença de acúleos também serve de impedimento para o consumo dos animais a esta leguminosa, assim, seu menor consumo é visivelmente percebido nestes piquetes, em relação ao consumo das folhas da *Gliricídia*, que são mais apreciadas pelos animais, o que justifica o igual teor de lignina nas excretas oriundas do tratamento com *Gliricídia* (Tabela 1), e conseqüentemente sua menor taxa de decomposição, em relação à Sabiá, devido ao maior teor de material recalcitrante na dieta dos animais mantidos nestes piquetes.

O tempo necessário para total decomposição e desaparecimento das placas de fezes ainda é bastante variável e difícil de ser calculado com precisão, pois as condições ambientais, de manejo, a espécie animal e a dieta a que estão submetidos exercem forte

influência sobre estas taxas. Para se ter idéia destas variações, Rowarth et al. (1985), em estudo realizado na Nova Zelândia verificaram uma média de 28 dias para total desaparecimento de placas de fezes no período de inverno e 78 dias no verão, enquanto que em um trabalho feito na Austrália, Bromfield e Jones (1970) apontaram a necessidade de 20 meses para desaparecimento de apenas 40% de placas de fezes.

Velocidade de desaparecimento de nutrientes e relação C:N

Foi observado efeito dos tempos de incubação para todos os minerais analisados (N, P, K, Ca, Mg, Na) ($p < 0,0001$), além da Lignina e da relação C:N. ($p = 0,005$) (Figura 3). Enquanto Ca e o Mg apresentaram efeito também para a interação tempo x estação ($p < 0,0001$) e o N, Mg, Ca e a relação C:N apresentaram efeito para a interação tratamento x estação.

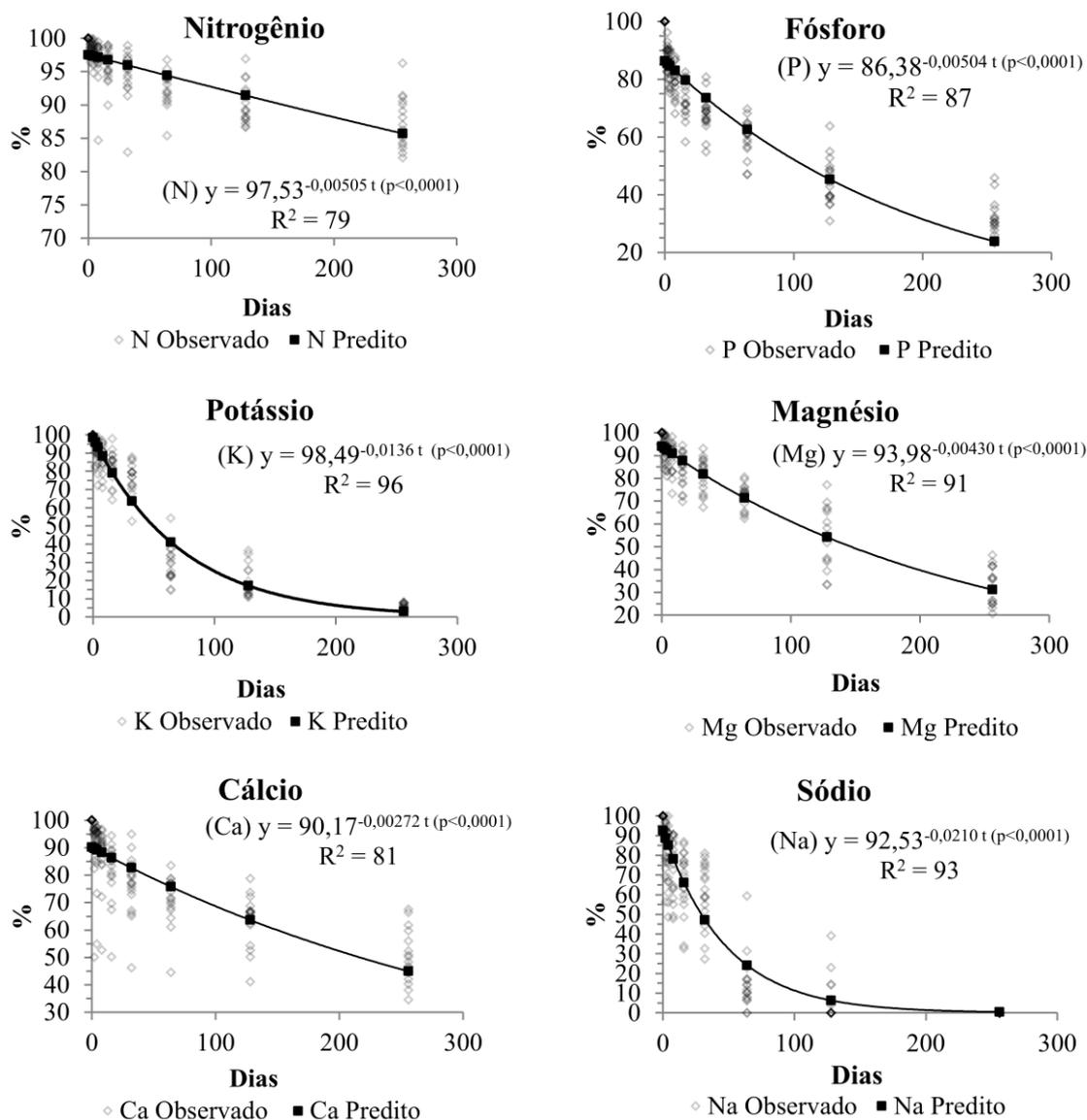


Figura 3. Porcentagem de nutrientes com base na MO remanescente em fezes de bovinos em pastagem de *Braquiaria decumbens* exclusiva, consorciada com *Gliricídia* e *Sabiá*.

Fisher et al. (1997) asseguraram que os teores de N em excretas são originalmente baixos quando os animais se encontram em pastagens exclusivas com gramíneas, enquanto Ledgard e Steele (1992) dizem que a ciclagem de N via excretas tende a aumentar de acordo com o teor de N disponível na dieta. Diante dessas

afirmações, entende-se que os teores de N deveriam ter sido superiores nos tratamentos consorciados, o que não ocorreu. Uma explicação para este fato pode ser a preferência dos bovinos às gramíneas em relação às leguminosas. Ainda assim, observações *in loco*, indicam que os animais evitavam o consumo das folhas de Sabiá, possivelmente devido aos acúleos e ao seu mais elevado teor de tanino foliar, enquanto que a glicíndia só é mais consumida por animais já adaptados a esta dieta. Vieira et al. (2005) estudando a seletividade de bovinos em bosque de Sabiá, observaram maior preferência pela leguminosa no período chuvoso (83,1%) em detrimento ao período seco (12,3%), sendo as árvores sem acúleos mais consumidas na estação das águas (68,2%) em relação às com acúleo (58,2%), corroborando com estudo semelhante realizado por Lima et al. (2008), que afirmam que a preferência de plantas de sabiazeiro é altamente variável de acordo com a quantidade de acúleos e a época do ano.

Dentre todos os nutrientes avaliados, o N foi que obteve as menores taxas de desaparecimento ($0,00050 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), apresentando uma taxa de decomposição de apenas 13% no último ciclo de avaliação (Figura 3). Freire (2010), em ensaio de decomposição de serrapilheira de Sabiá, realizado em Itambé – PE, observou taxas de desaparecimento de $0,00021 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para as folhas senescentes, atribuindo estes valores a fatores bióticos e abióticos. Em trabalho com serrapilheira de ervilhaca (*Vicia sativa*), Amado (1997) constatou taxas de desaparecimento de $0,0046 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de N nos primeiros 30 dias e de taxas de $0,00067 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ aos 90 dias, o que condiz com Somda et al. (1991), que relataram que o processo de desaparecimento de N se distingue em duas fases: uma de decomposição mais rápida de materiais como amido, carboidratos simples, proteínas e açúcares, e outra que apresentaria uma decomposição mais lenta, de material mais resistente, como gorduras, celulose, taninos e lignina.

Segundo Haynes e Williams (1993), o N existente nas excretas tende a ter a mineralização mais lenta do que em serrapilheira, ora devido a relação C:N, ora devido à maior quantidade de C existente nas excretas que advém de materiais fibrosos indigestíveis. A relação C:N, responsável por influenciar o processo de decomposição, mineralização e disponibilidade de nitrogênio que será absorvido pelas plantas na ciclagem não diferiu ($p > 0,46$) entre os tratamentos. Embora esta relação tenda a variar durante o processo de decomposição, pode-se perceber na Figura 4 que ela pouco oscilou durante o período de incubação, tendo tido pouca influência entre as taxas de decomposição dos tratamentos. Entretanto, pelos valores alcançados na relação C:N (15,5 inicial) e (14,5 final) pressupõe-se que houve pouca imobilização do N contido nas excretas.

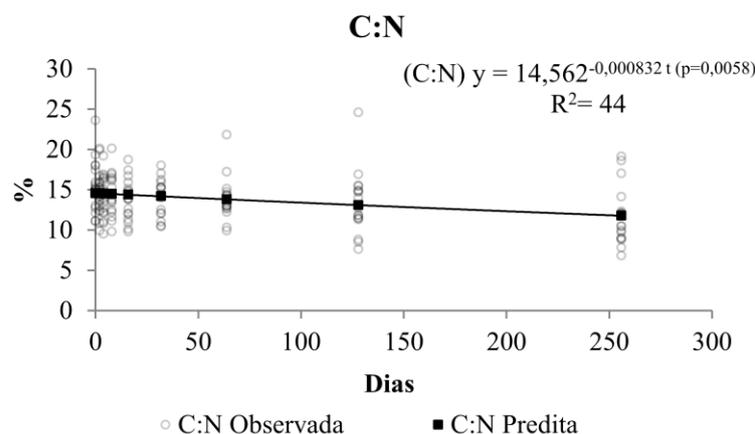


Figura 4. Relação C:N em fezes de bovinos em pastagem de *Brachiaria decumbens* exclusiva ou consorciada com *Gliricídia* ou *Sabiá*.

Segundo Siqueira e Franco (1988), uma relação C:N entre 20 e 30, acarreta um equilíbrio no processo de mineralização e imobilização do N. Quando os valores se sobrepõem a 30, a tendência é que a imobilização seja maior que a mineralização. Para Derpsch et al. (1985), quando a relação C:N é maior que 25 já percebe-se a ocorrência de imobilização de N.

A lignina apresentou aumento ao longo do período de incubação entre os tratamentos ($p = 0,003$) chegando ao final do ensaio com 8,55% para a Braquiaria, 9,52% para a Gliricídia e 9,80% para a Sabiá. Também foi observada diferença para a lignina entre as estações (7,7 % para o período seco e 8,74 % para a estação chuvosa) ($p < 0,0001$).

As taxas de desaparecimento de Ca e Mg se apresentaram de maneira similar nos primeiros 32 dias de incubação, com perdas de apenas 8%, vindo a mostrar maiores variações aos 256 dias, com desaparecimento de $0,00272 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, e $0,00430 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente. Estes nutrientes chegaram ao final do período de incubação com taxas de liberação de 45% para o Ca, e 62% para o Mg. Oliveira (2005) observou comportamento semelhante para o desaparecimento de Ca e Mg, encontrando taxas de liberação de 12,33% aos 90 dias e de 32% aos 240 dias para Ca e $0,00274 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para o Mg em decomposição de excretas bovinas. Para Blair (1998b), a liberação do Ca acontece de forma lenta no início, sendo posteriormente seguida por uma intensificação na liberação. O fato de o Mg ter tido maior liberação no tempo final do período de incubação corrobora a afirmação de Salisbury e Ross (1992), que dizem que o Mg faz parte de estruturas mais solúveis que o Ca, sendo assim, mais prontamente disponibilizado na MO.

O P apresentou maior velocidade de liberação nos tempos iniciais quando comparado ao Ca e ao Mg, chegando a 14% de perda aos 32 dias. O coeficiente k para o P remanescente foi de $0,00504 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, resultando em um total de 63% aos 256 dias. Oliveira (2005) em estudos de decomposição de excretas bovinas em áreas de cultivo, pastagem (*Brachiaria decumbens*) e mata e Dubeux Jr. et al. (2014) em ensaios semelhantes em áreas de pastagem de *Brachiaria decumbens* exclusiva e consorciadas com leguminosas arbóreas, encontraram perdas semelhantes de P, com valores de 60%

após 256 dias de incubação e 65% após 240 dias, respectivamente. Com relação à liberação deste nutriente, Marschner (1995), atribui sua mineralização ao processo de decomposição pelos microrganismos do solo.

Os nutrientes K e Na foram os que tiveram maior liberação ao longo do período de avaliações chegando a liberação de 96,5% para o K com taxas de $0,0136 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e 92% para o Na com k de $0,0210 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ao término do período de avaliação. Boer et al. (2007) obtiveram taxa de desaparecimento de K de $0,0073 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ em ensaio de decomposição de serrapilheira de milho (*Pennisetum americanum* L.) após 240 dias de incubação. A alta liberação do K pode ser atribuída ao fato do K ser um elemento que não se encontra associado a nenhum componente estrutural de resíduos orgânicos e encontrar-se na forma iônica (Marschner,1995; Bartz, 1998). Assim, o K pode ser facilmente extraído destes resíduos, tanto pela água da chuva como pela própria umidade do solo. Por esse motivo, Weeda (1967) afirma que é comum a liberação de K das placas das fezes ocorrer de forma rápida. Davies (1962), citado por Haynes e Willians (1993), afirmou que o potássio das fezes de bovinos em quase sua totalidade, é solúvel em água, o que favorece a lixiviação e rápida liberação das placas. Braz (2002) apontou a liberação de 90% do K em ensaio de decomposição em placas de fezes e atribuiu as altas liberações do K à sua ligação com outro mecanismo de transporte, que estaria diretamente relacionada à lavagem de placas de fezes bovinas e sua posterior lixiviação.

Embora estudos que envolvam taxas de liberação de Na não sejam muitos comuns na literatura, o brusco desaparecimento destes nutrientes pode ser explicado pela sua rápida solubilidade e facilidade de lixiviação em períodos de alta pluviosidade. As análises de Ca e Mg apresentaram efeito para as interações tempo x estação ($p = 0,0042$ e $p = 0,0013$) respectivamente. A taxa de desaparecimento do Ca foi mais alta

nas fezes coletadas na época chuvosa ($k = 0,00307 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) do que na época seca ($k = 0,00236 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) (Figura 5).

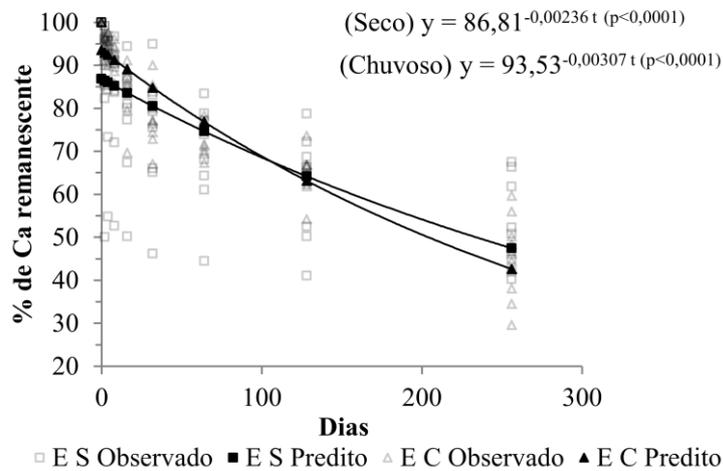


Figura 5. Porcentagem de Ca remanescente em fezes de bovinos em pastagem de Braquiaria decumbens exclusiva, consorciada com Gliricídia e Sabiá em diferentes épocas de coleta das fezes. (E S = Estação seca, E C = Estação chuvosa).

Observou-se maior taxa de liberação do Mg nas fezes coletadas no período seco ($k = 0,00480 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), enquanto que no período chuvoso a liberação foi de $0,00385 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (figura 6).

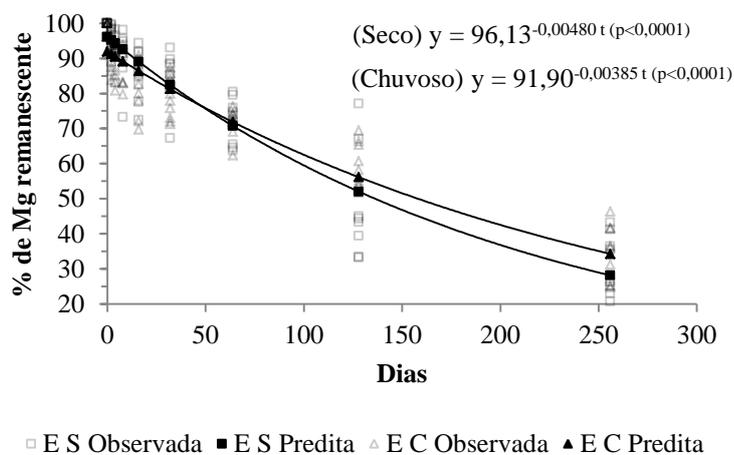


Figura 6. Porcentagem de Mg remanescente em fezes de bovinos em pastagem de Braquiaria exclusiva, consorciada com Gliricídia e Sabiá em diferentes épocas de coleta das fezes. (E S = Estação seca, E C = Estação chuvosa).

Houve efeito entre tratamento e estação para o N ($p = 0,0096$) apenas para o tratamento com sabiá no período seco, para o Mg somente para o tratamento com Braquiaria exclusiva ($p = 0,0006$), e para o Ca que apresentou diferença apenas para Gliricídia ($p < 0,0001$) (Tabela 2). A relação C:N apresentou diminuição na Braquiaria durante o período chuvoso em relação aos outros tratamentos e para o tratamento com Braquiaria entre as estações ($p < 0,0001$) (Tabela 2).

Tabela 2. Médias^δ entre os tratamentos para o N, Mg, Ca e relação C:N nas estações seca e chuvosa.

Tratamento	Mg	
	Seca	Chuvosa
Brachiaria	78,5 aA	72,5 bB
Gliricídia	75,0 aA	78,4 aA
Sabiá	79,8 aA	79,9 aA
E.P.		1,99
Tratamento	Ca	
	Seca	Chuvosa
Brachiaria	78,0 aA	82,0 aA
Gliricídia	68,4 bB	78,6 aA
Sabiá	85,2 aA	81,7 aA
E.P.		3,71
Tratamento	C:N	
	Seca	Chuvosa
Brachiaria	16,6 aA	11,8 bA
Gliricídia	14,5 aAB	13,5 aA
Sabiá	13,5 aB	13,5 aA
E.P.		1,19
Tratamento	N	
	Seca	Chuvosa
Brachiaria	95,5 aA	96,0 aA
Gliricídia	94,9 aA	94,5 aA
Sabiá	93,0 aB	94,9 aA
E.P.		1,08

Valores seguidos de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

^δMédias de períodos de incubação e repetições.

CONCLUSÕES

As fezes de bovinos pastejando Braquiaria exclusiva apresentaram decomposição mais rápida que as fezes de bovinos em pastejo de Braquiaria consorciada com Gliricídia e Sabiá ao fim de um período de 256 de incubação, não havendo diferença entre a decomposição das excretas do período seco e chuvoso.

As taxas de liberação dos nutrientes K e Na foram as maiores ao longo dos 256 dias do período de incubação, enquanto que o N e a relação C:N pouco oscilaram ao longo deste período. As excretas coletadas na estação seca apresentaram maior taxa de liberação de Ca, enquanto que as excretas do período chuvoso tiveram maior liberação de Mg.

A relação C:N foi maior para as fezes coletadas no tratamento com Braquiaria no período seco e maior que a consorciação com Sabiá no mesmo período, já o N se mostrou menor apenas entre as estações no tratamento com Sabiá enquanto que o Mg foi menor para o tratamento com Braquiaria exclusiva na estação chuvosa e o Ca foi menor no tratamento consorciado com Gliricídia durante a estação seca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADO, T.J.C. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 201 (Tese de Doutorado). 1997.
- ARCHER, S.; SMEINS, F.E. **Ecosystem-level processes.** In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Eds.). **Grazing management: an ecological perspective.** Portland: Timber Press, p.109-139. 1991.
- 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.
- BALOGUN, R. O.; JONES, R. J.e HOLMES, J. H. G. **Digestibility of some tropical browse species varying in tannin content.** Animal Feed Science and Technology, v.76, p.77-88. 1998.
- BARROW, N.J. **Some aspects of the effects of grazing on the nutrition of pastures.** Journal of Australian Institute of Agricultural Science, v.33, p.254-262, 1967.
- BARTZ, H. **Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistema de produção sob plantio direto.** In: FRIES, M.R. **Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária.** Santa Maria: UFSM; Pallotti. p.52-63. 1998.
- BÉELEN, P.M.G. **Taninos condensados de leguminosas nativas do semi-árido nordestino.** Jaboticabal, 2002. 71 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas.** Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 267 p. 2011.

BLAIR, J. M. **Nutrient release from decomposing foliar litter of three species with special reference to calcium, magnesium and potassium dynamics.** Plant soil, v.110, p.49-55, 1988b.

BOER, C.A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; FILHO, A. C. E PIRES, F. B. **Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.42, n.9, p.1269-1276, set. 2007.

BRAZ, S. P.; JUNIOR, D. N.; CANTARUTTI, R. B.; REGAZZI, A. J.; MARTINS, C. A.; FONSECA, D. M. **Disponibilização dos nutrientes das fezes de bovinos em pastejo para a forragem.** R. Bras. de Zootec., v. 31, n. 4, p. 1614-1623, 2002.

BROMFIELD, S. M. e JONES, O. L. **The effect of sheep on the recycling of phosphorus in hayed off pastures.** Australian Journal of Agricultural Research. Melbourne, v. 21, n 4, p. 699-771. 1970.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. e HEINZMANN, F.X. **Manejo do solo com coberturas verdes de inverno.** Pesq. Agropec. Bras.,20:761-773, 1985.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. **Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Pesq. Agropec. Trop. 37(1): 38-44, mar. 2007.

DUBEUX JR., J. C. B.; LIRA, C. C.; FREITAS, E. V.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, A. A.; DYKSTRA, C.; SANTOS, E. R. S. e FILHO, F. T. **Decomposition of cattle dung on mixed grass-legume pastures.** Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales Volume 2. 2014.

ELKINS, N.Z., PARKER, L.W., ALDON, E.F. ET AL. **Response of soil biota to organic amendments in strip-mine spoils in northwestern New Mexico.**J. Environ. Qual. v. 12, p. 215-219, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 247p.

FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. **Perdas de N derivado das fezes bovinas depositadas na superfície do solo.** In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 32. 1995, Brasília, DF. Anais... Brasília: SBZ, V. 1, p. 125-126. 1995a.

FREIRE, J. L.; DUBEUX JR., J. C. B.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M. V. F; FREITAS, E. V. **Decomposição de serrapilheira em bosque de sabiá na Zona da Mata de Pernambuco.** R. Bras. Zootec. vol.39 no.8 Viçosa Aug. 2010.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. **Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem.** Advanced Agronomy, v.49, n.1, p.119-199, 1993.

HEAL, O.W., J.M. ANDERSON AND M.J. SWIFT. **Plant litter quality and decomposition: An Historical Overview.** In: G. Cadisch and K.E Giller (Ed.) **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition.** CAB International: Wallingford, UK.p. 3-30, 1997.

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

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTE, A.C.; BURGOS, N. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco: descrição de perfis de solos e análises.** Recife: DNPEA; Sudene, v.1 (BoletimTécnico, 26). 1972.

LIMA, I.C.A.R., LIRA, M. DE A., MELLO, A. C. L., DOS SANTOS, M.V.F., FREITAS, E.V. E FERREIRA, R.L.C. **Avaliação de sabiazeiro (Mimosa caesalpinifolia Benth.) quanto a acúleos e preferência por bovinos.** Rev. Bras. Ciênc. Agrár., 3: 289-294. 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. SanDiego: Academic Press, 889p.1995.

MATHEWS, B.W.; SOLLENBERGER, L.E. **Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: soil considerations**. In: **Nutrient cycling in forage systems**. Columbia. **Proceedings...** Columbia: University of Missouri, 1996. p.213-229.1996.

NOZELLA, E.F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

OLIVEIRA, F. L. N. **Respiração edáfica e decomposição de esterco e serrapilheira em áreas de cultivo agrícola, pastagem e mata**. 58 f. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia. 2005.

PERON, A.J.; EVANGELISTA, A.R. **Degradação de pastagens em regiões de cerrado**. Revista Ciência e Agrotecnologia, v.28, p.655-661, 2004.

ROWARTH, J.S.; GILLINGHAM, A.G., TILLMAN, R.W. **Release of phosphorus from sheep faeces on grazed, hill country pastures**. New Zealand Journal of Agricultural Research, v.28, p.497-504, 1985.

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

SAS. **Statistical analysis systems user's guide**. Version 9.0 6th ed. Statistical Analysis System Institute. Cary, NC. USA, 2003.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 235p. 2002.

SIQUEIRA, J.O. e FRANCO, A.A. **Biotechnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, Ministério da Educação e Cultura, 236p. 1988.

SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E.; ALLEN, V.G. ET AL. **Reporting forage allowance in grazing experiments**. Crop Science, v.45, p.896-900.2005.

SOMDA, Z.C.; FORD, P.B. e HARGROVE, W.L. **Decomposition and nitrogen recycling of cover crops and crop residues**. In: **Cover crops for clean water**. Ankeny, 1991.

Proceedings. Ankeny, Soil Conservation Society of America, 1991. p.103-105

SOUSA, J.C.; CONRAD, J.H.; BLUE, W.G. e MCDOWELL, L.R. **Inter-relações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 14(4):387-395, out. 1979.

SOUSA, J. C.; CONAAD, J. H.; MOTT, G. O.; McDOWELL, L. R. AMMERMAN, C. e BLUE, W. G. **Inter-relações entre minerais no solo, plantas forrageiras e tecido animal no norte de Mato Grosso**. Fesq. agropec. bras., Brasília, 17(1):11-20, jan. 1982.

STEIBERGER, Y., FRECKMAN, D.W., PARKER, W.G. ET AL. **Effects of simulated rainfall and litter quantities on desert soil biota; nematodes and microarthropods**. Pedobiologia, v. 26, p. 267-274, 1984.

THOMAS, R.L.; SHEARRD, R.W.; MOYER, J.R. **Comparasion of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion**. Agronomy Journal, Madison, 59: 240-243, 1967.

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

VIEIRA, E. L., CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, A. M. V.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A., SILVA, M. J. A., SILVA, E. M. B. **Composição**

química de forrageiras e seletividade de bovinos em bosque de sabiá (Mimosa caesalpiniaefolia Benth), nos períodos chuvoso e seco. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia. , v.34, p.1505 - 1511, 2005.

WALSH, A. **Spectrochim.** Acta, Part B, 7, 108. 1955.

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

ANEXOS

Anexo 1: Dados do Ca remanescente

Bloco	Tratamento	Tempo	Estação	Ca
1	BRA	0	S	100
1	BRA	2	S	85.3
1	BRA	4	S	84.37
1	BRA	8	S	83.76
1	BRA	16	S	81.05
1	BRA	32	S	79.26
1	BRA	64	S	73.92
1	BRA	128	S	66.32
1	BRA	256	S	52.3
2	BRA	0	S	100
2	BRA	2	S	91.09
2	BRA	4	S	85.53
2	BRA	8	S	84.09
2	BRA	16	S	77.3
2	BRA	32	S	65.11
2	BRA	64	S	64.36
2	BRA	128	S	52.54
2	BRA	256	S	46.74
3	BRA	0	S	100
3	BRA	2	S	96.12
3	BRA	4	S	95.78
3	BRA	8	S	90.31
3	BRA	16	S	80.11
3	BRA	32	S	75.54
3	BRA	64	S	68.15
3	BRA	128	S	66.31
3	BRA	256	S	61.77
1	GLI	0	S	100
1	GLI	2	S	90.94
1	GLI	4	S	91.82
1	GLI	8	S	89.51
1	GLI	16	S	85.07
1	GLI	32	S	83.16
1	GLI	64	S	78.85
1	GLI	128	S	.
1	GLI	256	S	67.52
2	GLI	0	S	100
2	GLI	2	S	50.03
2	GLI	4	S	54.84

2	GLI	8	S	52.66
2	GLI	16	S	50.19
2	GLI	32	S	46.2
2	GLI	64	S	44.46
2	GLI	128	S	41.05
2	GLI	256	S	41.98
3	GLI	0	S	100
3	GLI	2	S	82.33
3	GLI	4	S	73.3
3	GLI	8	S	72.02
3	GLI	16	S	67.36
3	GLI	32	S	66.05
3	GLI	64	S	61.09
3	GLI	128	S	50.2
3	GLI	256	S	44.82
1	SAB	0	S	100
1	SAB	2	S	96.56
1	SAB	4	S	92.65
1	SAB	8	S	91.22
1	SAB	16	S	86.57
1	SAB	32	S	80.35
1	SAB	64	S	75.42
1	SAB	128	S	68.74
1	SAB	256	S	50.83
2	SAB	0	S	100
2	SAB	2	S	99.09
2	SAB	4	S	96.78
2	SAB	8	S	92.35
2	SAB	16	S	87.09
2	SAB	32	S	83.81
2	SAB	64	S	77.2
2	SAB	128	S	72.18
2	SAB	256	S	66.33
3	SAB	0	S	100
3	SAB	2	S	99.16
3	SAB	4	S	95.6
3	SAB	8	S	96.7
3	SAB	16	S	94.4
3	SAB	32	S	94.96
3	SAB	64	S	83.46
3	SAB	128	S	78.72
3	SAB	256	S	40.28
1	BRA	0	C	100
1	BRA	2	C	95.18
1	BRA	4	C	94.86

1	BRA	8	C	96.17
1	BRA	16	C	87.56
1	BRA	32	C	77
1	BRA	64	C	78.37
1	BRA	128	C	61.88
1	BRA	256	C	34.52
2	BRA	0	C	100
2	BRA	2	C	96.27
2	BRA	4	C	95.53
2	BRA	8	C	93.95
2	BRA	16	C	88.83
2	BRA	32	C	90.06
2	BRA	64	C	76.82
2	BRA	128	C	73.63
2	BRA	256	C	59.67
3	BRA	0	C	100
3	BRA	2	C	94.29
3	BRA	4	C	93.62
3	BRA	8	C	88.63
3	BRA	16	C	85.21
3	BRA	32	C	76.52
3	BRA	64	C	75.74
3	BRA	128	C	62.41
3	BRA	256	C	38.06
1	GLI	0	C	100
1	GLI	2	C	90.11
1	GLI	4	C	90.6
1	GLI	8	C	91.14
1	GLI	16	C	89.22
1	GLI	32	C	77.21
1	GLI	64	C	71.69
1	GLI	128	C	66.87
1	GLI	256	C	50.22
2	GLI	0	C	100
2	GLI	2	C	97.71
2	GLI	4	C	97.38
2	GLI	8	C	85.78
2	GLI	16	C	69.71
2	GLI	32	C	67.09
2	GLI	64	C	67.28
2	GLI	128	C	54.24
2	GLI	256	C	29.63
3	GLI	0	C	100
3	GLI	2	C	96.18
3	GLI	4	C	97.61

3	GLI	8	C	92.85
3	GLI	16	C	83.36
3	GLI	32	C	74.42
3	GLI	64	C	70.36
3	GLI	128	C	66.71
3	GLI	256	C	44.37
1	SAB	0	C	100
1	SAB	2	C	97.12
1	SAB	4	C	94.58
1	SAB	8	C	90.66
1	SAB	16	C	79.55
1	SAB	32	C	72.9
1	SAB	64	C	71.25
1	SAB	128	C	66.11
1	SAB	256	C	48.36
2	SAB	0	C	100
2	SAB	2	C	96.69
2	SAB	4	C	95.65
2	SAB	8	C	94.51
2	SAB	16	C	86.11
2	SAB	32	C	80
2	SAB	64	C	69.52
2	SAB	128	C	64.86
2	SAB	256	C	55.99
3	SAB	0	C	100
3	SAB	2	C	94.88
3	SAB	4	C	89.95
3	SAB	8	C	91.83
3	SAB	16	C	91.18
3	SAB	32	C	85.4
3	SAB	64	C	76.87
3	SAB	128	C	66.88
3	SAB	256	C	46.21

Anexo 2: Dados do Mg remanescente

Bloco	Tratamento	Tempo	Estação	Mg
1	BRA	0	S	100
1	BRA	2	S	98.77
1	BRA	4	S	91.68
1	BRA	8	S	94.87
1	BRA	16	S	91.93
1	BRA	32	S	88.51
1	BRA	64	S	80.45

1	BRA	128	S	77.12
1	BRA	256	S	43.24
2	BRA	0	S	100
2	BRA	2	S	98.14
2	BRA	4	S	92.84
2	BRA	8	S	92.5
2	BRA	16	S	77.5
2	BRA	32	S	85.47
2	BRA	64	S	65.42
2	BRA	128	S	33.44
2	BRA	256	S	23.08
3	BRA	0	S	100
3	BRA	2	S	98.31
3	BRA	4	S	92.41
3	BRA	8	S	90.58
3	BRA	16	S	82.46
3	BRA	32	S	81.61
3	BRA	64	S	73.41
3	BRA	128	S	39.38
3	BRA	256	S	26.38
1	GLI	0	S	100
1	GLI	2	S	95.28
1	GLI	4	S	96.47
1	GLI	8	S	93.84
1	GLI	16	S	88.29
1	GLI	32	S	89.74
1	GLI	64	S	75.88
1	GLI	128	S	.
1	GLI	256	S	26.26
2	GLI	0	S	100
2	GLI	2	S	88.87
2	GLI	4	S	83.01
2	GLI	8	S	73.25
2	GLI	16	S	72.45
2	GLI	32	S	67.23
2	GLI	64	S	64.5
2	GLI	128	S	44.95
2	GLI	256	S	35.51
3	GLI	0	S	100
3	GLI	2	S	99.72
3	GLI	4	S	94.28
3	GLI	8	S	87.3
3	GLI	16	S	86.16
3	GLI	32	S	81.75
3	GLI	64	S	63.68

3	GLI	128	S	33.24
3	GLI	256	S	41.26
1	SAB	0	S	100
1	SAB	2	S	96.85
1	SAB	4	S	94.02
1	SAB	8	S	95.56
1	SAB	16	S	94.42
1	SAB	32	S	93
1	SAB	64	S	70.83
1	SAB	128	S	44.3
1	SAB	256	S	20.72
2	SAB	0	S	100
2	SAB	2	S	99.45
2	SAB	4	S	98.25
2	SAB	8	S	98.14
2	SAB	16	S	91.76
2	SAB	32	S	88.17
2	SAB	64	S	79.57
2	SAB	128	S	67
2	SAB	256	S	25.01
3	SAB	0	S	100
3	SAB	2	S	91.42
3	SAB	4	S	90.35
3	SAB	8	S	91.44
3	SAB	16	S	84.96
3	SAB	32	S	85.19
3	SAB	64	S	74.71
3	SAB	128	S	43.38
3	SAB	256	S	36.44
1	BRA	0	C	100
1	BRA	2	C	83.83
1	BRA	4	C	80.85
1	BRA	8	C	82.91
1	BRA	16	C	78.02
1	BRA	32	C	72.98
1	BRA	64	C	72.37
1	BRA	128	C	65.39
1	BRA	256	C	41.67
2	BRA	0	C	100
2	BRA	2	C	89.26
2	BRA	4	C	85.05
2	BRA	8	C	83.28
2	BRA	16	C	69.71
2	BRA	32	C	71.99
2	BRA	64	C	69.11

2	BRA	128	C	58.13
2	BRA	256	C	24.76
3	BRA	0	C	100
3	BRA	2	C	87.51
3	BRA	4	C	86.56
3	BRA	8	C	79.72
3	BRA	16	C	72.05
3	BRA	32	C	71.29
3	BRA	64	C	62.34
3	BRA	128	C	54.18
3	BRA	256	C	16.5
1	GLI	0	C	100
1	GLI	2	C	92.66
1	GLI	4	C	92.53
1	GLI	8	C	89.14
1	GLI	16	C	86.28
1	GLI	32	C	84.31
1	GLI	64	C	72.02
1	GLI	128	C	60.69
1	GLI	256	C	36
2	GLI	0	C	100
2	GLI	2	C	98.85
2	GLI	4	C	93.94
2	GLI	8	C	92.5
2	GLI	16	C	80.06
2	GLI	32	C	75.86
2	GLI	64	C	74.18
2	GLI	128	C	54.98
2	GLI	256	C	25.21
3	GLI	0	C	100
3	GLI	2	C	86.25
3	GLI	4	C	83.3
3	GLI	8	C	82.95
3	GLI	16	C	82.66
3	GLI	32	C	79.95
3	GLI	64	C	76.27
3	GLI	128	C	69.41
3	GLI	256	C	46.3
1	SAB	0	C	100
1	SAB	2	C	93.47
1	SAB	4	C	92.16
1	SAB	8	C	91.51
1	SAB	16	C	85.65
1	SAB	32	C	77.92
1	SAB	64	C	73.47

1	SAB	128	C	53.8
1	SAB	256	C	31.26
2	SAB	0	C	100
2	SAB	2	C	93.72
2	SAB	4	C	91.9
2	SAB	8	C	92.55
2	SAB	16	C	89.58
2	SAB	32	C	85.74
2	SAB	64	C	74.29
2	SAB	128	C	51.72
2	SAB	256	C	41.49
3	SAB	0	C	100
3	SAB	2	C	96.5
3	SAB	4	C	92.96
3	SAB	8	C	93.83
3	SAB	16	C	90.94
3	SAB	32	C	87.33
3	SAB	64	C	72.61
3	SAB	128	C	66.35
3	SAB	256	C	36.47

Anexo 3: Dados do C remanescente

Bloco	Tratamento	Tempo	Estação	%C
1	BRA	0	S	100
1	BRA	2	S	84.3
1	BRA	4	S	80.71
1	BRA	8	S	82.97
1	BRA	16	S	75.42
1	BRA	32	S	72.42
1	BRA	64	S	67.42
1	BRA	128	S	65.18
1	BRA	256	S	45.68
2	BRA	0	S	100
2	BRA	2	S	87.94
2	BRA	4	S	87.11
2	BRA	8	S	80.16
2	BRA	16	S	71.76
2	BRA	32	S	73.02
2	BRA	64	S	72.57
2	BRA	128	S	65.92
2	BRA	256	S	58.01
3	BRA	0	S	100
3	BRA	2	S	98.61

3	BRA	4	S	80.34
3	BRA	8	S	77.42
3	BRA	16	S	66.06
3	BRA	32	S	65.21
3	BRA	64	S	54.34
3	BRA	128	S	47.75
3	BRA	256	S	31.49
1	GLI	0	S	100
1	GLI	2	S	88.39
1	GLI	4	S	92.61
1	GLI	8	S	89.22
1	GLI	16	S	88.23
1	GLI	32	S	87.66
1	GLI	64	S	73.82
1	GLI	128	S	.
1	GLI	256	S	48.93
2	GLI	0	S	100
2	GLI	2	S	95.64
2	GLI	4	S	91.11
2	GLI	8	S	90.09
2	GLI	16	S	84.65
3	GLI	32	S	81.91
2	GLI	64	S	78.62
2	GLI	128	S	44.02
2	GLI	256	S	43.7
3	GLI	0	S	100
3	GLI	2	S	92.65
3	GLI	4	S	90.02
3	GLI	8	S	85.8
3	GLI	16	S	85.87
3	GLI	32	S	82.86
3	GLI	64	S	69.2
3	GLI	128	S	62.49
3	GLI	256	S	57.42
1	SAB	0	S	100
1	SAB	2	S	94.96
1	SAB	4	S	87.29
1	SAB	8	S	86.29
1	SAB	16	S	84.64
1	SAB	32	S	80.33
1	SAB	64	S	73.24
1	SAB	128	S	62.69
1	SAB	256	S	45.26
2	SAB	0	S	100
2	SAB	2	S	96.78

2	SAB	4	S	95.46
2	SAB	8	S	91.3
2	SAB	16	S	90.23
2	SAB	32	S	89.23
2	SAB	64	S	81.18
2	SAB	128	S	77.12
2	SAB	256	S	61.19
3	SAB	0	S	100
3	SAB	2	S	92.03
3	SAB	4	S	92.04
3	SAB	8	S	87.43
3	SAB	16	S	83.37
3	SAB	32	S	75.64
3	SAB	64	S	74.21
3	SAB	128	S	66.97
3	SAB	256	S	54.88
1	BRA	0	C	100
1	BRA	2	C	97.25
1	BRA	4	C	98.26
1	BRA	8	C	98.4
1	BRA	16	C	79.39
1	BRA	32	C	81.04
1	BRA	64	C	73.09
1	BRA	128	C	55.93
1	BRA	256	C	48.78
2	BRA	0	C	100
2	BRA	2	C	94.26
2	BRA	4	C	81.91
2	BRA	8	C	84.26
2	BRA	16	C	83.05
2	BRA	32	C	85.1
2	BRA	64	C	80.38
2	BRA	128	C	76.25
2	BRA	256	C	53.7
3	BRA	0	C	100
3	BRA	2	C	83.2
3	BRA	4	C	76.52
3	BRA	8	C	69.29
3	BRA	16	C	68.68
3	BRA	32	C	67.64
3	BRA	64	C	67.95
3	BRA	128	C	52.89
3	BRA	256	C	35.22
1	GLI	0	C	100
1	GLI	2	C	88.09

1	GLI	4	C	81.34
1	GLI	8	C	82.53
1	GLI	16	C	77.84
1	GLI	32	C	76.77
1	GLI	64	C	69.85
1	GLI	128	C	53.49
1	GLI	256	C	50.23
2	GLI	0	C	100
2	GLI	2	C	87.77
2	GLI	4	C	86.69
2	GLI	8	C	86.4
2	GLI	16	C	78.32
2	GLI	32	C	69.53
2	GLI	64	C	68.1
2	GLI	128	C	56.91
2	GLI	256	C	22.74
3	GLI	0	C	100
3	GLI	2	C	85.26
3	GLI	4	C	85.99
3	GLI	8	C	84.75
3	GLI	16	C	81.52
3	GLI	32	C	82.81
3	GLI	64	C	58.29
3	GLI	128	C	54.07
3	GLI	256	C	37.83
1	SAB	0	C	100
1	SAB	2	C	96.98
1	SAB	4	C	91.82
1	SAB	8	C	90.22
1	SAB	16	C	90.69
1	SAB	32	C	85
1	SAB	64	C	74.05
1	SAB	128	C	53.17
1	SAB	256	C	33.54
2	SAB	0	C	100
2	SAB	2	C	94.37
2	SAB	4	C	89.37
2	SAB	8	C	88.04
2	SAB	16	C	81.85
2	SAB	32	C	74.89
2	SAB	64	C	71.33
2	SAB	128	C	58.78
2	SAB	256	C	43.21
3	SAB	0	C	100
3	SAB	2	C	98.8

3	SAB	4	C	99.07
3	SAB	8	C	88.92
3	SAB	16	C	75.37
3	SAB	32	C	69.35
3	SAB	64	C	67.15
3	SAB	128	C	62.87
3	SAB	256	C	50.92

Anexo 4: Dados do N remanescente

Bloco	Tratamento	Tempo	Estação	N
1	BRA	0	S	100
1	BRA	2	S	99.95
1	BRA	4	S	99.8
1	BRA	8	S	99.47
1	BRA	16	S	98.96
1	BRA	32	S	98.9
1	BRA	64	S	94.08
1	BRA	128	S	92.35
1	BRA	256	S	91.18
2	BRA	0	S	100
2	BRA	2	S	98.54
2	BRA	4	S	99.1
2	BRA	8	S	98.65
2	BRA	16	S	96.23
2	BRA	32	S	96.85
2	BRA	64	S	94.39
2	BRA	128	S	87.74
2	BRA	256	S	82.75
3	BRA	0	S	100
3	BRA	2	S	98.2
3	BRA	4	S	98.81
3	BRA	8	S	96.85
3	BRA	16	S	97.09
3	BRA	32	S	95.89
3	BRA	64	S	93.63
3	BRA	128	S	87.22
3	BRA	256	S	83.51
1	GLI	0	S	100
1	GLI	2	S	98.63
1	GLI	4	S	99.19
1	GLI	8	S	98.67
1	GLI	16	S	97.21
1	GLI	32	S	96.91

1	GLI	64	S	94.07
1	GLI	128	S	.
1	GLI	256	S	91.38
2	GLI	0	S	100
2	GLI	2	S	98.67
2	GLI	4	S	97.41
2	GLI	8	S	98.74
2	GLI	16	S	95.11
2	GLI	32	S	95.5
2	GLI	64	S	92.08
2	GLI	128	S	91.17
2	GLI	256	S	90.5
3	GLI	0	S	100
3	GLI	2	S	97.92
3	GLI	4	S	94.81
3	GLI	8	S	94.14
3	GLI	16	S	94.31
3	GLI	32	S	94.43
3	GLI	64	S	91.8
3	GLI	128	S	86.65
3	GLI	256	S	83.96
1	SAB	0	S	100
1	SAB	2	S	97.09
1	SAB	4	S	97
1	SAB	8	S	96.86
1	SAB	16	S	96.73
1	SAB	32	S	94.02
1	SAB	64	S	94.3
1	SAB	128	S	94.27
1	SAB	256	S	90.03
2	SAB	0	S	100
2	SAB	2	S	96.39
2	SAB	4	S	96.28
2	SAB	8	S	96.14
2	SAB	16	S	94.81
2	SAB	32	S	93.21
2	SAB	64	S	91.16
2	SAB	128	S	89.22
2	SAB	256	S	88.13
3	SAB	0	S	100
3	SAB	2	S	97.99
3	SAB	4	S	97.92
3	SAB	8	S	84.66
3	SAB	16	S	89.97
3	SAB	32	S	82.89

3	SAB	64	S	85.37
3	SAB	128	S	86.71
3	SAB	256	S	82.04
1	BRA	0	C	100
1	BRA	2	C	98.49
1	BRA	4	C	98.01
1	BRA	8	C	96.33
1	BRA	16	C	98.4
1	BRA	32	C	98.14
1	BRA	64	C	96.77
1	BRA	128	C	96.92
1	BRA	256	C	96.26
2	BRA	0	C	100
2	BRA	2	C	99.21
2	BRA	4	C	98.34
2	BRA	8	C	98.97
2	BRA	16	C	98.97
2	BRA	32	C	95.47
2	BRA	64	C	90.02
2	BRA	128	C	88.21
2	BRA	256	C	85.75
3	BRA	0	C	100
3	BRA	2	C	98.92
3	BRA	4	C	99.9
3	BRA	8	C	98.19
3	BRA	16	C	98.66
3	BRA	32	C	95.92
3	BRA	64	C	93.91
3	BRA	128	C	88.13
3	BRA	256	C	84.98
1	GLI	0	C	100
1	GLI	2	C	99.74
1	GLI	4	C	98.67
1	GLI	8	C	97.21
1	GLI	16	C	95.37
1	GLI	32	C	92.68
1	GLI	64	C	90.44
1	GLI	128	C	87.83
1	GLI	256	C	85.63
2	GLI	0	C	100
2	GLI	2	C	98.29
2	GLI	4	C	97.57
2	GLI	8	C	96.97
2	GLI	16	C	93.56
2	GLI	32	C	92.51

2	GLI	64	C	90.68
2	GLI	128	C	88.93
2	GLI	256	C	84.29
3	GLI	0	C	100
3	GLI	2	C	99.13
3	GLI	4	C	97.13
3	GLI	8	C	96.99
3	GLI	16	C	95.15
3	GLI	32	C	95.13
3	GLI	64	C	94.53
3	GLI	128	C	94.1
3	GLI	256	C	89.08
1	SAB	0	C	100
1	SAB	2	C	99.48
1	SAB	4	C	97.52
1	SAB	8	C	98.23
1	SAB	16	C	96.42
1	SAB	32	C	96.07
1	SAB	64	C	95.44
1	SAB	128	C	90.33
1	SAB	256	C	86.24
2	SAB	0	C	100
2	SAB	2	C	99.14
2	SAB	4	C	99.4
2	SAB	8	C	98.56
2	SAB	16	C	97.65
2	SAB	32	C	97.37
2	SAB	64	C	93.09
2	SAB	128	C	92.02
2	SAB	256	C	87.02
3	SAB	0	C	100
3	SAB	2	C	97.52
3	SAB	4	C	95.96
3	SAB	8	C	95.53
3	SAB	16	C	93.76
3	SAB	32	C	91.37
3	SAB	64	C	91.66
3	SAB	128	C	89.23
3	SAB	256	C	85.37

Anexo 5: Dados do P remanescente

Bloco	Tratamento	Tempo	Estação	P
1	BRA	0	S	100

1	BRA	2	S	96.23
1	BRA	4	S	90.08
1	BRA	8	S	86.84
1	BRA	16	S	80.95
1	BRA	32	S	80.74
1	BRA	64	S	64.95
1	BRA	128	S	63.76
1	BRA	256	S	45.83
2	BRA	0	S	100
2	BRA	2	S	82.72
2	BRA	4	S	80.02
2	BRA	8	S	79.09
2	BRA	16	S	71.44
2	BRA	32	S	68.68
2	BRA	64	S	62.93
2	BRA	128	S	36.69
2	BRA	256	S	29.41
3	BRA	0	S	100
3	BRA	2	S	80.09
3	BRA	4	S	75.33
3	BRA	8	S	68.08
3	BRA	16	S	58.35
3	BRA	32	S	54.87
3	BRA	64	S	47.06
3	BRA	128	S	30.93
3	BRA	256	S	30.1
1	GLI	0	S	100
1	GLI	2	S	90.34
1	GLI	4	S	77.41
1	GLI	8	S	75.02
1	GLI	16	S	65.14
1	GLI	32	S	63.84
1	GLI	64	S	47.17
1	GLI	128	S	.
1	GLI	256	S	32.45
2	GLI	0	S	100
2	GLI	2	S	82.36
2	GLI	4	S	76.43
2	GLI	8	S	73.92
2	GLI	16	S	71.84
2	GLI	32	S	69.34
2	GLI	64	S	62.92
2	GLI	128	S	49.8
2	GLI	256	S	36.35
3	GLI	0	S	100

3	GLI	2	S	91.61
3	GLI	4	S	86.69
3	GLI	8	S	83.76
3	GLI	16	S	71.32
3	GLI	32	S	65.96
3	GLI	64	S	59
3	GLI	128	S	36.59
3	GLI	256	S	24.42
1	SAB	0	S	100
1	SAB	2	S	86.54
1	SAB	4	S	86.03
1	SAB	8	S	82.68
1	SAB	16	S	79.47
1	SAB	32	S	69.92
1	SAB	64	S	64.79
1	SAB	128	S	38.65
1	SAB	256	S	15.68
2	SAB	0	S	100
2	SAB	2	S	83.92
2	SAB	4	S	76.92
2	SAB	8	S	72.54
2	SAB	16	S	67.37
2	SAB	32	S	65.94
2	SAB	64	S	58.23
2	SAB	128	S	48.48
2	SAB	256	S	30.39
3	SAB	0	S	100
3	SAB	2	S	82.81
3	SAB	4	S	84.02
3	SAB	8	S	79.08
3	SAB	16	S	76.05
3	SAB	32	S	70.32
3	SAB	64	S	61.41
3	SAB	128	S	39.75
3	SAB	256	S	27.68
1	BRA	0	C	100
1	BRA	2	C	90.17
1	BRA	4	C	84.49
1	BRA	8	C	81.4
1	BRA	16	C	80.09
1	BRA	32	C	78.77
1	BRA	64	C	68.15
1	BRA	128	C	55
1	BRA	256	C	43.48
2	BRA	0	C	100

2	BRA	2	C	87.41
2	BRA	4	C	85.82
2	BRA	8	C	77.37
2	BRA	16	C	73.54
2	BRA	32	C	68.69
2	BRA	64	C	61.25
2	BRA	128	C	39.25
2	BRA	256	C	25.92
3	BRA	0	C	100
3	BRA	2	C	84.58
3	BRA	4	C	79.93
3	BRA	8	C	71.85
3	BRA	16	C	69.15
3	BRA	32	C	67.31
3	BRA	64	C	56.71
3	BRA	128	C	39.51
3	BRA	256	C	23.27
1	GLI	0	C	100
1	GLI	2	C	90.03
1	GLI	4	C	89.19
1	GLI	8	C	80.56
1	GLI	16	C	77.4
1	GLI	32	C	68.78
1	GLI	64	C	60.96
1	GLI	128	C	42.86
1	GLI	256	C	28.93
2	GLI	0	C	100
2	GLI	2	C	85.94
2	GLI	4	C	83.09
2	GLI	8	C	78.94
2	GLI	16	C	68.77
2	GLI	32	C	57.36
2	GLI	64	C	51.42
2	GLI	128	C	39.58
2	GLI	256	C	30.6
3	GLI	0	C	100
3	GLI	2	C	89.62
3	GLI	4	C	85.17
3	GLI	8	C	86.62
3	GLI	16	C	71.09
3	GLI	32	C	65.58
3	GLI	64	C	63.95
3	GLI	128	C	48.78
3	GLI	256	C	31.63
1	SAB	0	C	100

1	SAB	2	C	93.05
1	SAB	4	C	90.45
1	SAB	8	C	87.85
1	SAB	16	C	82.51
1	SAB	32	C	70.7
1	SAB	64	C	69.74
1	SAB	128	C	44.31
1	SAB	256	C	23.53
2	SAB	0	C	100
2	SAB	2	C	88.91
2	SAB	4	C	84.83
2	SAB	8	C	81.43
2	SAB	16	C	80.26
2	SAB	32	C	65.02
2	SAB	64	C	60.81
2	SAB	128	C	47.77
2	SAB	256	C	34.96
3	SAB	0	C	100
3	SAB	2	C	90.33
3	SAB	4	C	89.69
3	SAB	8	C	82.11
3	SAB	16	C	79.39
3	SAB	32	C	66.46
3	SAB	64	C	56.07
3	SAB	128	C	52.67
3	SAB	256	C	31.64

Anexo 6: Dados do K remanescente

Bloco	Tratamento	Tempo	Estação	K
1	BRA	0	S	100
1	BRA	2	S	94.47
1	BRA	4	S	89.78
1	BRA	8	S	90.92
1	BRA	16	S	88.84
1	BRA	32	S	79.45
1	BRA	64	S	37.13
1	BRA	128	S	34.76
1	BRA	256	S	7.75
2	BRA	0	S	100
2	BRA	2	S	95.87
2	BRA	4	S	93.03
2	BRA	8	S	78.44
2	BRA	16	S	76.89

2	BRA	32	S	73.03
2	BRA	64	S	22,00
2	BRA	128	S	12.18
2	BRA	256	S	7.86
3	BRA	0	S	100
3	BRA	2	S	90.18
3	BRA	4	S	87.48
3	BRA	8	S	84.17
3	BRA	16	S	80.79
3	BRA	32	S	71.91
3	BRA	64	S	33.79
3	BRA	128	S	15.11
3	BRA	256	S	6.49
1	GLI	0	S	100
1	GLI	2	S	82.6
1	GLI	4	S	72.15
1	GLI	8	S	70.89
1	GLI	16	S	64.34
1	GLI	32	S	63.67
1	GLI	64	S	23.22
1	GLI	128	S	.
1	GLI	256	S	5.74
2	GLI	0	S	100
2	GLI	2	S	98.04
2	GLI	4	S	91.99
2	GLI	8	S	91.61
2	GLI	16	S	89.01
2	GLI	32	S	86.12
2	GLI	64	S	32.01
2	GLI	128	S	14.48
2	GLI	256	S	6.74
3	GLI	0	S	100
3	GLI	2	S	97.96
3	GLI	4	S	94.45
3	GLI	8	S	95.38
3	GLI	16	S	91.94
3	GLI	32	S	87.78
3	GLI	64	S	30.07
3	GLI	128	S	11.24
3	GLI	256	S	7.65
1	SAB	0	S	100
1	SAB	2	S	92.3
1	SAB	4	S	89.32
1	SAB	8	S	83.97
1	SAB	16	S	83.38

1	SAB	32	S	79.39
1	SAB	64	S	23.36
1	SAB	128	S	12.24
1	SAB	256	S	8.21
2	SAB	0	S	100
2	SAB	2	S	81.4
2	SAB	4	S	78.39
2	SAB	8	S	74.39
2	SAB	16	S	68.96
2	SAB	32	S	63.89
2	SAB	64	S	15.11
2	SAB	128	S	12.4
2	SAB	256	S	4.34
3	SAB	0	S	100
3	SAB	2	S	98.42
3	SAB	4	S	90.08
3	SAB	8	S	90.85
3	SAB	16	S	85.21
3	SAB	32	S	79.69
3	SAB	64	S	22.66
3	SAB	128	S	10.98
3	SAB	256	S	7.18
1	BRA	0	C	100
1	BRA	2	C	93.55
1	BRA	4	C	89.39
1	BRA	8	C	90.9
1	BRA	16	C	86.08
1	BRA	32	C	82.99
1	BRA	64	C	37.74
1	BRA	128	C	30.97
1	BRA	256	C	4.82
2	BRA	0	C	100
2	BRA	2	C	90.71
2	BRA	4	C	88.44
2	BRA	8	C	84.25
2	BRA	16	C	79.01
2	BRA	32	C	77,00
2	BRA	64	C	22.15
2	BRA	128	C	19.64
2	BRA	256	C	4.4
3	BRA	0	C	100
3	BRA	2	C	97.01
3	BRA	4	C	91.41
3	BRA	8	C	88.65
3	BRA	16	C	86.13

3	BRA	32	C	72.49
3	BRA	64	C	41.1
3	BRA	128	C	16.08
3	BRA	256	C	5.53
1	GLI	0	C	100
1	GLI	2	C	93.93
1	GLI	4	C	91.01
1	GLI	8	C	87.78
1	GLI	16	C	85.55
1	GLI	32	C	86.59
1	GLI	64	C	29.3
1	GLI	128	C	25.91
1	GLI	256	C	3.39
2	GLI	0	C	100
2	GLI	2	C	96.72
2	GLI	4	C	92.8
2	GLI	8	C	89.28
2	GLI	16	C	81.95
2	GLI	32	C	76.95
2	GLI	64	C	54.19
2	GLI	128	C	36.48
2	GLI	256	C	4.07
3	GLI	0	C	100
3	GLI	2	C	96.99
3	GLI	4	C	97.19
3	GLI	8	C	96.78
3	GLI	16	C	86.53
3	GLI	32	C	79.35
3	GLI	64	C	25.14
3	GLI	128	C	15.45
3	GLI	256	C	7.87
1	SAB	0	C	100
1	SAB	2	C	97.09
1	SAB	4	C	95.73
1	SAB	8	C	95.49
1	SAB	16	C	97.98
1	SAB	32	C	70.43
1	SAB	64	C	33.91
1	SAB	128	C	25.43
1	SAB	256	C	3,00
2	SAB	0	C	100
2	SAB	2	C	82.98
2	SAB	4	C	84.04
2	SAB	8	C	82.27
2	SAB	16	C	69.59

2	SAB	32	C	52.57
2	SAB	64	C	22.93
2	SAB	128	C	16.5
3	SAB	256	C	6.1
3	SAB	0	C	100
3	SAB	2	C	98.99
3	SAB	4	C	98.88
3	SAB	8	C	93.73
3	SAB	16	C	81.53
3	SAB	32	C	67.83
3	SAB	64	C	14.72
3	SAB	128	C	13.28
3	SAB	256	C	3.17

Anexo 7: Dados do Na remanescente

Bloco	Tratamento	Tempo	Estação	Na
1	BRA	0	S	100
1	BRA	2	S	56.36
1	BRA	4	S	48.68
1	BRA	8	S	47.86
1	BRA	16	S	32.73
1	BRA	32	S	32.61
1	BRA	64	S	16.51
1	BRA	128	S	14.15
1	BRA	256	S	0
2	BRA	0	S	100
2	BRA	2	S	79.31
2	BRA	4	S	76.96
2	BRA	8	S	64.51
2	BRA	16	S	59.86
2	BRA	32	S	58.41
2	BRA	64	S	6.62
2	BRA	128	S	0
2	BRA	256	S	0
3	BRA	0	S	100
3	BRA	2	S	94.63
3	BRA	4	S	91.8
3	BRA	8	S	90.56
3	BRA	16	S	86.93
3	BRA	32	S	76.58
3	BRA	64	S	10.55
3	BRA	128	S	0
3	BRA	256	S	0

1	GLI	0	S	100
1	GLI	2	S	76.61
1	GLI	4	S	56.04
1	GLI	8	S	55.07
1	GLI	16	S	55.18
1	GLI	32	S	40.36
1	GLI	64	S	10.15
1	GLI	128	S	.
1	GLI	256	S	0
2	GLI	0	S	100
2	GLI	2	S	92.51
2	GLI	4	S	75.92
2	GLI	8	S	75.61
2	GLI	16	S	71.39
3	GLI	32	S	69.07
2	GLI	64	S	7.99
2	GLI	128	S	0
2	GLI	256	S	0
3	GLI	0	S	100
3	GLI	2	S	93.15
3	GLI	4	S	87.7
3	GLI	8	S	90.7
3	GLI	16	S	81.51
3	GLI	32	S	59.28
3	GLI	64	S	13.99
3	GLI	128	S	0
3	GLI	256	S	0
1	SAB	0	S	100
1	SAB	2	S	69.06
1	SAB	4	S	68.71
1	SAB	8	S	58.2
1	SAB	16	S	57.79
1	SAB	32	S	55.02
1	SAB	64	S	6.13
1	SAB	128	S	0
1	SAB	256	S	0
2	SAB	0	S	100
2	SAB	2	S	95.71
2	SAB	4	S	66.88
2	SAB	8	S	63.47
2	SAB	16	S	63.47
2	SAB	32	S	58.8
2	SAB	64	S	0
2	SAB	128	S	0
2	SAB	256	S	0

3	SAB	0	S	100
3	SAB	2	S	78.3
3	SAB	4	S	66.56
3	SAB	8	S	63.22
3	SAB	16	S	62.96
3	SAB	32	S	51.69
3	SAB	64	S	0
3	SAB	128	S	0
3	SAB	256	S	0
1	BRA	0	C	100
1	BRA	2	C	89.98
1	BRA	4	C	78.89
1	BRA	8	C	82.75
1	BRA	16	C	75.32
1	BRA	32	C	75.32
1	BRA	64	C	31.35
1	BRA	128	C	23.01
1	BRA	256	C	0
2	BRA	0	C	100
2	BRA	2	C	92.85
2	BRA	4	C	78.54
2	BRA	8	C	72.58
2	BRA	16	C	69.6
2	BRA	32	C	67.83
2	BRA	64	C	11.83
2	BRA	128	C	6.7
2	BRA	256	C	0
3	BRA	0	C	100
3	BRA	2	C	96.98
3	BRA	4	C	91.38
3	BRA	8	C	78.97
3	BRA	16	C	76.73
3	BRA	32	C	62.64
3	BRA	64	C	17.29
3	BRA	128	C	0
3	BRA	256	C	0
1	GLI	0	C	100
1	GLI	2	C	91.14
1	GLI	4	C	85.91
1	GLI	8	C	86.64
1	GLI	16	C	85.77
1	GLI	32	C	79.31
1	GLI	64	C	16.89
1	GLI	128	C	14.5
1	GLI	256	C	0

2	GLI	0	C	100
2	GLI	2	C	96.74
2	GLI	4	C	82.19
2	GLI	8	C	80.56
2	GLI	16	C	75.36
2	GLI	32	C	72.13
2	GLI	64	C	59.35
2	GLI	128	C	39.19
2	GLI	256	C	0
3	GLI	0	C	100
3	GLI	2	C	92.82
3	GLI	4	C	91.09
3	GLI	8	C	90.71
3	GLI	16	C	81.1
3	GLI	32	C	81.07
3	GLI	64	C	14.41
3	GLI	128	C	0
3	GLI	256	C	0
1	SAB	0	C	100
1	SAB	2	C	99.85
1	SAB	4	C	95.13
1	SAB	8	C	89.15
1	SAB	16	C	33.92
1	SAB	32	C	27.33
1	SAB	64	C	7.33
1	SAB	128	C	5.87
1	SAB	256	C	0
2	SAB	0	C	100
2	SAB	2	C	73.49
2	SAB	4	C	60.95
2	SAB	8	C	49.06
2	SAB	16	C	48.68
2	SAB	32	C	44.36
2	SAB	64	C	22.84
2	SAB	128	C	5.22
3	SAB	256	C	0
3	SAB	0	C	100
3	SAB	2	C	100.09
3	SAB	4	C	99.98
3	SAB	8	C	85.83
3	SAB	16	C	77.37
3	SAB	32	C	74.3
3	SAB	64	C	10.04
3	SAB	128	C	3.98
3	SAB	256	C	0

Anexo 8. Dados da densidade do solo.

Espécie	Bloco	Ponto	Média
1	1	1	75.65
2	1	1	74.15
1	2	1	85.14
2	2	1	80.78
1	3	1	80.09
2	3	1	95.25
1	4	1	83.05
2	4	1	68.68
1	1	2	76.69
2	1	2	72.57
1	2	2	88.67
2	2	2	78.68
1	3	2	82.95
2	3	2	67.22
1	4	2	78.24
2	4	2	81.47
1	1	3	88.23
2	1	3	115.51
1	2	3	89.02
2	2	3	84.11
1	3	3	77.26
2	3	3	74.87
1	4	3	77.87
2	4	3	79.2
1	1	4	83.63
2	1	4	79.77
1	2	4	87.75
2	2	4	86.23
1	3	4	92.35
2	3	4	78.02
1	4	4	91.26
2	4	4	80.77
1	1	5	98.25
2	1	5	86.76
1	2	5	93.02

2	2	5	89.73
1	3	5	88.1
2	3	5	86.52
1	4	5	90.68
2	4	5	92.39

Anexo 9: Dados da fertilidade do solo

Espécie	Bloco	Ponto	pH	P	Na	K	Ca	Mg	Al	H+AL	C.O.	M.O.
1	1	1	4.8	2	0.1	1.3	2.7	2.8	0.1	7.84	17	30
2	1	1	5.3	3	0.1	0.3	2.5	2.2	0.3	6.41	22	38
1	2	1	5.0	1	0.05	2.8	4.7	0.4	0.4	5.79	22	37
2	2	1	5.1	4	0.4	2.2	2.4	1.7	0.7	6.41	26	45
1	3	1	5.6	4	0.1	2.8	4.1	3.5	0.1	6.2	26	45
2	3	1	5.4	5	0.5	3.8	3.3	1.9	0.2	5.5	25	43
1	4	1	5.3	2	0.05	0.3	2.9	2.3	0.4	7.06	37	47
2	4	1	5.1	1	0.1	0.3	2.8	3.0	0.3	7.43	20	34
1	1	2	5.0	1	0.1	0.3	2.4	2.6	0.5	9.08	20	35
2	1	2	5.4	1	0.1	0.4	2.6	2.0	0.3	6.41	24	41
1	2	2	5.1	5	0.04	7.5	2.5	2.8	0.4	5.57	22	38
2	2	2	5.0	3	0.4	4.0	2.9	1.5	0.8	6.73	27	46
1	3	2	5.8	1	0.05	0.3	3.9	2.8	0.1	5.22	37	64
2	3	2	5.6	5	0.5	5.4	3.9	1.2	0.1	5.22	26	45
1	4	2	5.3	2	0.1	0.3	3.4	2.0	0.3	7.4	37	47
2	4	2	5.6	0.8	0.1	0.5	3.1	2.3	0.2	7.51	20	35
1	1	3	5.1	1	0.1	0.3	3.1	1.6	0.3	7.43	19	32
2	1	3	5.8	4	0.1	0.5	3.6	2.1	0.1	5.5	25	43
1	2	3	5.4	7	0.1	3.5	2.8	1.9	0.3	5.92	23	40
2	2	3	5.5	4	0.5	3.0	3.6	1.4	0.4	6.1	27	46
1	3	3	5.6	2	0.04	0.5	4.0	1.6	0.1	6.41	39	50
2	3	3	5.7	3	0.5	1.5	3.7	1.8	0.1	5.22	25	42
1	4	3	5.4	2	0.04	0.3	2.9	1.5	0.3	7.06	39	49
2	4	3	5.3	2	0.1	0.3	2.6	2.6	0.2	8.09	20	35
1	1	4	5.4	6	0.1	4.7	3.5	1.4	0.2	5.9	21	37
2	1	4	5.5	1	0.1	0.4	2.9	1.8	0.3	6.41	25	44
1	2	4	5.4	5	0.04	2.6	2.5	2.9	0.3	5.56	24	41
2	2	4	5.4	4	0.3	2.7	2.7	1.3	0.4	5.8	32	55
1	3	4	5.6	1	0.04	0.6	3.8	1.5	.	6.1	39	49
2	3	4	5.4	1	0.1	0.5	2.6	2.5	0.2	6.6	18	31
1	4	4	5.3	3	0.05	0.3	3.1	1.4	0.3	7.06	38	49
2	4	4	5.4	1	0.1	0.6	2.8	2.4	0.2	7.51	19	33
1	1	5	5.2	4	0.04	2.7	2.7	1.5	0.4	5.74	23	40
2	1	5	5.4	3	0.4	2.4	3.2	1.3	0.3	6.1	23	40
1	2	5	5.4	3	0.03	1.6	3.0	2.2	0.2	5.97	24	41

2	2	5	5.5	2	0.5	3.2	2.9	2.1	0.3	5.8	28	49
1	3	5	5.9	3	0.04	0.4	3.8	2.0	.	5.5	38	49
2	3	5	5.6	1	0.1	0.3	2.7	1.7	0.2	7.43	17	30
1	4	5	5.3	2	0.05	0.3	2.6	1.3	0.3	7.06	37	47
2	4	5	5.5	2	0.3	2.0	2.9	1.7	0.2	6.44	23	39

Anexo 10: Dados da velocidade de infiltração de água no solo

Bloco	tratamento	VIB
1	1	64,8
1	1	118,8
1	2	54
1	2	237,6
1	2.1	86,4
1	2.1	432
1	3	43,2
1	3	518,4
1	3.1	183,6
1	3.1	226,8
2	1	334,8
2	1	226,8
2	2	248,4
2	2	594
2	2.1	421,2
2	2.1	259,2
2	3	388,8
2	3	496,8
2	3.1	118,8
2	3.1	86,4
3	1	183,6
3	1	118,8
3	2	453,6
3	2	388,8
3	2.1	442,8
3	2.1	367,2
3	3	43,2
3	3	561,6
3	3.1	86,4
3	3.1	118,8
4	1	140,4
4	1	108,0
4	2	421,2
4	2	453,6
4	2.1	43,2

4	2.1	561,6
4	3	475,2
4	3	399,6
4	3.1	108
4	3.1	97,2

Anexo 11: Dados da fração leve do solo

especie	bloco	ponto	fleve
1	1	1	0.0916
2	1	1	0.0873
1	2	1	0.0626
2	2	1	0.1273
1	3	1	0.0573
2	3	1	0.0518
1	4	1	0.0253
2	4	1	0.0656
1	1	2	0.0467
2	1	2	0.0510
1	2	2	0.0514
2	2	2	0.0505
1	3	2	0.0277
2	3	2	0.0720
1	4	2	0.0398
2	4	2	0.0738
1	1	3	0.0559
2	1	3	0.0983
1	2	3	0.0374
2	2	3	0.0406
1	3	3	0.0397
2	3	3	0.0731
1	4	3	0.0464
2	4	3	0.0568
1	1	4	0.0620
2	1	4	0.0604
1	2	4	0.0542
2	2	4	0.0792
1	3	4	0.0362
2	3	4	0.0412
1	4	4	0.0470
2	4	4	0.0369
1	1	5	0.0478
2	1	5	0.0520
1	2	5	0.0253

2	2	5	0.0862
1	3	5	0.0278
2	3	5	0.0387
1	4	5	0.0193
2	4	5	0.0448

Anexo 12: Dados da umidade do solo

Espécie	Bloco	Ponto	Média
1	1	1	75.65
2	1	1	74.15
1	2	1	85.14
2	2	1	80.78
1	3	1	80.09
2	3	1	95.25
1	4	1	83.05
2	4	1	68.68
1	1	2	76.69
2	1	2	72.57
1	2	2	88.67
2	2	2	78.68
1	3	2	82.95
2	3	2	67.22
1	4	2	78.24
2	4	2	81.47
1	1	3	88.23
2	1	3	115.51
1	2	3	89.02
2	2	3	84.11
1	3	3	77.26
2	3	3	74.87
1	4	3	77.87
2	4	3	79.2
1	1	4	83.63
2	1	4	79.77
1	2	4	87.75
2	2	4	86.23
1	3	4	92.35

2	3	4	78.02
1	4	4	91.26
2	4	4	80.77
1	1	5	98.25
2	1	5	86.76
1	2	5	93.02
2	2	5	89.73
1	3	5	88.1
2	3	5	86.52
1	4	5	90.68
2	4	5	92.39