

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Ciclagem de nutrientes em pastagens de gramíneas tropicais
manejadas sob diferentes intensidades de pastejo**

FELIPE MARTINS SARAIVA

**RECIFE - PE
2010**

**Ciclagem de nutrientes em pastagens de gramíneas tropicais
manejadas sob diferentes intensidades de pastejo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
graduação em Zootecnia, da Universidade Federal
Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Área de
Concentração: Forragicultura)

Orientador: Prof.º José Carlos Batista Dubeux Jr.
Co-orientadores: Prof.º Alexandre Carneiro Leão de Mello
Prof.ª Mario de Andrade Lira

**Recife – PE
Fevereiro, 2010**

**Ciclagem de nutrientes em pastagens de gramíneas tropicais
manejadas sob diferentes intensidades de pastejo**

FELIPE MARTINS SARAIVA

**Dissertação defendida em 19 de fevereiro de 2010 e aprovada pela Banca
examinadora:**

Orientador:

José Carlos Batista Dubeux Júnior, Ph D. Professor adjunto da UFRPE

Examinadores:

Adriana Guim, DSc. Professora Associada da UFRPE

Mércia Virginia Ferreira dos Santos, DSc. Professora Associada da UFRPE

Rômulo Simões Cezar Menezes, Ph D. Professor adjunto da UFPE

**Recife-PE
Fevereiro 2010**

Ficha catalográfica

S243c Saraiva, Felipe Martins
Ciclagem de nutrientes em pastagens de gramíneas
tropicais manejadas sob diferentes intensidades de pastejo /
Felipe Martins Saraiva – 2010.
73f. : il.

Orientador: José Carlos Batista Dubeux Júnior
Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Zootecnia.
Inclui referência e anexo.

CDD 633.2

1. Urina
 2. Fezes
 3. Minerais
 4. Macronutrientes
 5. Carbono
 6. Raiz
 7. Capim elefante
- I. Dubeux Júnior, José Carlos Batista
II. Título

Aos meus pais **Maurício Araújo e Denise Martins**, pelo dom da vida e por contribuírem com parte daquilo que sou hoje.

Ao meu querido e inesquecível irmão **Thiago Maurício**, pelo período curto, mas importantíssimo de convivência, que Deus o proteja.

A minha avó materna **Maria Áurea** minha segunda mãe por todos os cuidados durante estes anos.

A minha avó paterna **Marlene Araujo**, por todo apoio e conselhos.

Aos meus afilhados **Thiago e Juliana**, minha esperança de um amanhã melhor.

À **tia Andréia, tio Claudio, Carlinhos, Hamilton, Júnior, Alexandre, André** por todo apoio e conselho.

Às primas **Juliana, Renata, Mayhanna, Júlia, Maysa, Amanda e Edrielle**.

Aos primos **Marcelo, Dinho, Saulo, Hamiltinho, Pedro, Lucas e João Vitor** pela amizade.

A **todos os familiares**: tios, tias, primos e primas por todo incentivo.

DEDICO

A minha amada noiva Adeneide Candido Galdino por estar sempre presente em minha vida, me apoiando em todos os momentos, me direcionando para um caminho repleto de felicidades, lutando juntamente comigo para alcançar nossos objetivos, TE AMO.

OFEREÇO

"O Cristo não pediu muita coisa, não exigiu que as pessoas escalassem o Everest ou fizessem grandes sacrifícios. Ele só pediu que nos amássemos uns aos outros."

(Chico Xavier)

BIOGRAFIA

FELIPE MARTINS SARAIVA, filho de Maurício Araújo Saraiva e Denise Martins Saraiva, nasceu em Santo André, São Paulo, Brasil no dia 09 de Agosto de 1980. Concluiu a graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em 2007. Foi bolsista de Iniciação Científica na área de forragicultura, durante dois anos. Em Março de 2008, ingressou no Programa de Pós Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na área de concentração Forragicultura, concluindo o mestrado em fevereiro de 2010.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, meu mestre, fonte de paz, amor, justiça e luz.

A UFRPE, em especial ao **Programa de Pós Graduação em Zootecnia**, pela oportunidade de realização do curso.

Ao meu orientador, professor **José Carlos Batista Dubeux Júnior**, pela ótima orientação, conselhos, paciência e colaboração recebida.

A professora **Mércia Virginia Ferreira dos Santos** pela oportunidade de ingressar na área científica e pelo incentivo para continuar estudando e aprimorando os conhecimentos, além dos valiosos ensinamentos prestados durante a graduação e a pós graduação.

Aos professores **Alexandre Carneiro Leão de Mello** e **Mário de Andrade Lira**, pelos comentários e conselhos que tanto contribuíram para a melhoria desse trabalho.

Aos amigos da Pós graduação, **Manuela Menezes, Carolina Câmara, Andrezza Miguel, Bruno Viana, Hiran Marcelo, Vicente Imbroisi, Rerisson, Marcelo e Poliane**, pelo espírito de equipe, além dos momentos de descontração que passamos juntos.

Aos amigos da Graduação **Felipe Cabral** por tantos buracos cavados e bolhas nas mãos a **Amanda Galindo** e **Osniel**, pela grande ajuda prestada durante o período experimental.

A todos os funcionários da Estação Experimental de Itambé, do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA) pelo estadia, infra estrutura e apoio. Em especial aos amigos e funcionários **Aluizio, Araújo, Erick, Silvio, Nego, Deca, Tonho, Davi, Abenildo, Guilherme e Juninho**, que tanto contribuíram para a execução deste trabalho.

A toda a família **Candido Galdino** que vem sempre me incentivando a continuar alcançando degraus mais elevados.

A banca examinadora pelas sugestões fornecidas, para a melhoria deste trabalho.

Ao **CNPq** pela concessão da bolsa de estudo e financiamento da pesquisa.

Ao **PROMATA**, pelo apoio financeiro.

Enfim, a **todos** que contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABELAS.....	11
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUÇÃO GERAL.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

Capítulo 1- Deposição de nutrientes via excreta animal em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo..... 23

RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO.....	26
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

Capítulo 2- Caracterização do solo e do sistema radicular em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob diferentes intensidades de pastejo..... 47

RESUMO.....	48
ABSTRACT.....	49
INTRODUÇÃO.....	50
MATERIAL E MÉTODOS.....	52
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Precipitação pluvial na Estação Experimental de Itambé; fevereiro de 2008 a março de 2009 (ITEP, 2010).....	28
--	----

CAPÍTULO 2

Figura 1. Precipitação pluvial na Estação Experimental de Itambé, no período de Agosto de 2007 a Setembro de 2008 (ITEP, 2010).	53
--	----

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Caracterização química do solo na camada 0-20 cm.....	29
---	----

Tabela 2. Concentração de nutrientes, em fezes de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagens de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé - PE.....	35
---	----

Tabela 3. Concentração de nutrientes, em urina de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagens de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé – PE	37
--	----

Tabela 4. Lotação animal, produção de urina e fezes por animal e excreção total de fezes e urina de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagens de capim elefante cv IRI 381 nos diferentes períodos de avaliação.....	38
--	----

Tabela 5. Retorno de N e Mg, via fezes de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagens de capim elefante cv IRI 381 submetidas a diferentes alturas de resíduo pós pastejo.....	39
--	----

Tabela 6. Retorno de nutrientes, via fezes de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagens de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé - PE,	41
---	----

Tabela 7. Retorno de nutrientes, via urina de vacas 5/8 holandês/zebu, submetidas a diferentes períodos de avaliação em pastagem de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé - PE.....	41
--	----

Tabela 8. Proporção de retorno de N, K, Na, Ca e Mg em excreta de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagens de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé – PE.....	43
---	----

Tabela 9. Proporção do retorno de Ca, Mg e P em excreta de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagens de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé – PE.....	43
--	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Densidade aparente e granulometria do solo em pastagens de capim elefante manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e <i>Brachiaria decumbens</i> sob diferentes lotações animais.....	57
Tabela 2. Comprimento radicular (CR) e densidade de raízes (DR) em pastagens de capim elefante, manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e <i>B. decumbens</i> sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE.....	59
Tabela 3. Biomassa radicular (BR) e estoque de carbono (EC) em pastagens de capim elefante, manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e <i>B. decumbens</i> sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE.....	63
Tabela 4. Concentração de fósforo (P) e pH do solo em pastagens de capim elefante, manejadas e <i>B. decumbens</i> manejadas sob diferentes intensidades de pastejo; Itambé-PE.....	64
Tabela 5. Concentração cálcio (Ca) e alumínio (Al) em pastagens de capim elefante, manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e <i>B. decumbens</i> sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE.....	66
Tabela 6. Concentração de potássio (K) e sódio (Na) em solo de pastagens de capim elefante, manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e <i>B. decumbens</i> sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE.....	66
Tabela 7. Concentração de carbono orgânico (CO) e matéria orgânica (MO) em pastagens de capim elefante, manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e <i>B. decumbens</i> sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE.....	68

Resumo

Este estudo foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), no município de Itambé, Zona da Mata Seca de Pernambuco, e objetivou avaliar dois ensaios, sendo o primeiro realizado através da avaliação da deposição de nutrientes via excreta animal em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. e o segundo, através da caracterização do solo e do sistema radicular em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob diferentes intensidades de pastejo. Para tal, foram avaliadas pastagens de capim elefante clone IRI 381, submetidas a diferentes alturas de resíduo pós pastejo (40, 80 e 120 cm) e *Brachiaria decumbens* sob diferentes lotações animais (2, 4 e 6 UA/ha), com lotação intermitente e ciclo de pastejo de 35 dias, na época chuvosa (32 dias de descanso e três dias de ocupação) e, 70 dias, na época seca (67 dias de descanso e três dias de ocupação). Foram utilizados bovinos mestiços holandês/zebu como animais pastejadores. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições. Foram realizadas avaliações referentes à quantidade excretada e composição química das fezes e urina, em sete períodos de avaliação, além de análise de fertilidade e física do solo, e características do sistema radicular de gramíneas tropicais em diferentes profundidades. A concentração média de minerais nas fezes variaram de acordo com o período de avaliação, sendo observados valores médios de 16,0; 1,7; 0,20; 9,67; 5,77 e 5,24 g/kg para N, P, Na, K, Ca e Mg, respectivamente. A urina apresentou concentrações de 2,99; 1,11; 34,86; 0,29 e 0,23; g/L de N, Na, K, Ca e Mg, respectivamente. As alturas de resíduo pós pastejo influenciaram apenas a concentração de N e Mg nas fezes, onde o tratamento de 40 cm apresentou maior concentração desses nutrientes. O retorno de nitrogênio por meio das fezes e urina contribuiu, a cada dia de pastejo, com 506 g N/ha.dia, sendo 47% deste proveniente da urina e 53% via fezes. O K e Na (95% e 96%) retornaram

principalmente via urina; Ca e Mg (78 e 81%) foram mais presentes nas fezes dos animais, já o P foi encontrado apenas nas fezes. O retorno de N foi semelhante nas fezes e urina (53 e 47%). As características do solo e sistema radicular não foram influenciadas pelas alturas de resíduo pós pastejo e lotações animais. A camada superficial do solo (0-20 cm) apresentou maior comprimento (59 e 54 cm/200g de solo), densidade (0,37 e 0,33 cm/cm³) e biomassa radicular (2,04 e 2,84 Mg/ha), bem como estoque de carbono (61 e 91 Mg.ha⁻¹), respectivamente para o capim elefante e a braquiária. A braquiária acumulou maior quantidade de carbono no solo, em virtude de sua maior capacidade de cobertura do mesmo, sendo esse estoque maior nas camadas superficiais. O sistema radicular de ambas as espécies concentra-se principalmente na camada de 0-20 cm, todavia, *B. decumbens* apresentou maior biomassa radicular em camadas mais profundas do solo (40 – 100 cm) quando comparada ao *P. purpureum*. Diante dos resultados observados no presente trabalho, o retorno de nutrientes via excreta animal é de grande importância para a manutenção do ecossistema das pastagens, principalmente relacionado à deposição do N, P e K. Futuras pesquisas objetivando melhorar a distribuição dos excrementos no pasto devem ser realizadas, de forma a maximizar o retorno dos nutrientes depositados, gerando economia na aplicação de fertilizantes químicos.

Abstract

This study was carried out at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) in Itambé, dry Forest Zone of Pernambuco. Two grazing trials were performed. The first one evaluated nutrient deposition via animal excreta on grazed *Pennisetum purpureum* Schum. pastures; the second one characterized the soil and the

root system of two tropical grasses under different grazing intensities. Pastures of *Pennisetum purpureum* Schum clone IRI 381 were submitted to different post-grazing stubble heights (40, 80, and 120 cm) and *Brachiaria decumbens* Stapf. pastures under different stocking rates (2, 4, and 6 AU/ ha). A rotational stocking was applied with grazing cycle of 35 days (32 days resting period and three days of grazing period) in the rainy season and 70 days (67 days resting period and three days of grazing period) in the dry season. Crossbred Holstein-Zebu cattle were used as experimental animals. A complete randomized blocks design was used, with three replications per treatment. The amount of excreta returned to the pasture and chemical composition of urine and feces were evaluated in seven different sampling periods. In addition, soil fertility, soil physics, and root system variables were also measured at different soil layers. The average concentration of minerals in feces, varied according to the period of assessment with average values of 16,0; 1,7; 0,20, 9,67, 5,77, and 5,24 g/kg for N, P, Na, K, Ca and Mg, respectively. Mineral concentrations in urine were 2,99; 1,11; 34,86; 0,29 and 0,23 g/L of N, Na, K, Ca and Mg, respectively. The post-grazing stubble heights affected only the concentration of N and Mg in the dung, where the treatment with 40 cm post-grazing stubble height presented higher concentration of these nutrients. Return of nitrogen through dung and urine contributed with 506 g N/ha.day, 47% of this via urine and 53% via dung. The N, K and Na (89%, 95% and 96%) returned mainly via urine; Ca and Mg (78 e 81%) returned mainly via dung. Phosphorus was found only in dung. The return of N was similar in feces and urine. Characteristics of the soil and root system were not affected by post-grazing stubble heights and stocking rates. The top soil layer (0-20 cm) showed greater root length (59 and 54cm/200 g soil), root length density (0,37 and 0,33 cm/cm³), and root biomass (2,04 and 2,84 T/ha), and carbon storage (61 and 91 Mg.ha⁻¹), respectively to elephant grass and *Brachiaria*. The same

layer (0-20) presented higher soil P concentration regardless of the grass. *Brachiaria* accumulated more carbon in the soil due to its greater capacity of soil coverage, with greater C stock at the 0-20 cm soil layer. The root system of both species were mainly in the 0-20 cm soil layer, however, *B. decumbens* presented greater root biomass in the deeper soil layers (40-100 cm) compared to *P. purpureum*. Based on the observed results, nutrient return via animal excreta is of great importance for maintaining pasture ecosystem, mainly due to deposition of N, P, and K. Future researches aiming to improve excreta distribution on pasture surface must be performed, maximizing nutrient return and reducing application of chemical fertilizers.

Introdução Geral

No Brasil as pastagens têm sido implantadas em áreas impróprias para a agricultura. Desta forma, os animais criados em pastagens nativas e cultivadas enfrentam o desafio de obter suprimento relativamente constante de nutrientes para satisfazer os requerimentos de manutenção, crescimento e reprodução em um ambiente com variação na quantidade e qualidade da forragem (Costa et al., 2008).

Diante desta oscilação na qualidade da forragem, busca-se uma forrageira que tenha bons níveis produtivos e boa qualidade. O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é originário do continente Africano, mais especificamente da África Tropical, entre 10°N e 20°S de latitude, tendo sido descoberto em 1905 pelo coronel Napier. Espalhou-se por toda África e foi introduzido no Brasil em 1920, vindo de Cuba. Hoje, encontra-se difundido nas cinco regiões brasileiras (Rodrigues et al., 2001).

Esta gramínea apresenta elevado potencial de produção, firmando-se como uma espécie de extrema importância para manutenção de altos níveis de produtividade

dentro da produção animal, sendo utilizada usualmente com lotação intermitente para intensificação da produção leiteira (Pereira et al., 1997).

Tratando-se de uma forrageira de alta produção, deve-se levar em consideração que sua necessidade de nutrientes está relacionada com seu potencial produtivo, sendo importante corrigir o solo quanto à acidez, além de realizar adubação equilibrada, que deverá resultar em aumento de produção, comparando com as situações de baixa fertilidade do solo. O importante é que o capim-elefante responde às doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio (Moreira et al., 2006a; Moreira et al., 2006b Vitor et al., 2008)

Plantas mais exigentes em fertilidade retiram também mais nutrientes do solo. Grande parte dos nutrientes consumidos pelos animais retorna ao pasto, através da deposição dos excrementos dos animais (Sollenberger et al., 2002). Segundo Monteiro e Werner (1997), até 90% dos nutrientes retornam ao sistema através dessas excreções. Dessa forma, espera-se que o sistema de produção a pasto necessite de reduzido uso de fertilizantes e corretivos para repor as perdas. Problemas na distribuição temporal e espacial da excreta, no entanto, afetam a eficiência de uso dos nutrientes retornados. Observa-se, por exemplo, grande concentração de placas de fezes em locais mais específicos do pasto, como sombras e bebedouros, favorecendo a perda de nutrientes e concentrando os nutrientes em áreas com menor importância para produção (Mathews et al., 1996).

Os fatores que afetam a distribuição das excretas podem ser divididos em: i) os relacionados com a quantidade e frequência das fezes produzidas, como a taxa de lotação, o sistema de pastejo, o tipo de animal (idade, sexo, raça, espécie), o manejo; ii) os relacionados às atitudes comportamentais inerentes dos animais em relação às

características ambientais, como a temperatura ou declividade do terreno e às características da pastagem, como o posicionamento das aguadas, bebedouros e sombras, além da forma da pastagem (Braz et al., 2003).

De maneira geral, bovinos urinam de 8 a 10 vezes por dia, equivalente a um volume de 10 a 25 litros, com área de atuação de 0,28 a 0,37 m² por micção (Carran e Theobald, 1999; Mathews et al, 1996; Haynes e Williams, 1993). Com relação à deposição de fezes, os bovinos defecam aproximadamente 12 vezes por dia (Peterson e Gerrish, 1996), com uma média de peso fresco de 1,5 a 2,7 kg por defecação (Haynes e Williams, 1993). A zona abrangida por placa de fezes é geralmente de 0,05 a 0,09 m².

Nutrientes como o fósforo (P), cálcio (Ca), Magnésio (Mg), e micronutrientes metálicos (Fe, Cu, Mn, e Zn) são excretados principalmente nas fezes, enquanto que o potássio (K) e o sódio (Na) são eliminados principalmente na urina. Nitrogênio (N) e enxofre (S) são excretados nas fezes e na urina (Mathews et al., 1996), com a porcentagem de distribuição de nutrientes dependente da concentração dos mesmos na dieta consumida pelos animais.

Em cada micção, um bovino adulto excreta o equivalente a 400-500 kg N/ha (Jarvis et al., 1995) e mais de 1000 kg de K₂O/ha (Castilla et al., 1995). Esta alta concentração de nutrientes nestas áreas excede ao requerimento das forrageiras, levando a perdas principalmente por volatilização e lixiviação. O potássio e o enxofre também sofrem perdas por lixiviação (Haynes e Williams, 1993; Mathews et al., 1996).

Segundo Haynes e Williams (1993), o retorno de N, K, P e S das fezes de animais, pastejando áreas com produtividade de massa seca de 15.000 kg/ha é de 100, 45, 78 e 14 kg/ha, respectivamente. Em pastagem de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Minas Gerais, Braz et al. (2002) avaliaram a reciclagem de nutrientes e

observaram concentrações de N, P, K, Ca e Mg nas fezes de novilhas com peso médio inicial de 300 kg PV em torno de 11,2; 5,1; 3,1; 11,0 e 4,8 g/kg, respectivamente.

Estudos conduzidos por Rodrigues et al. (2008) avaliando uma pastagem de capim Mombaça, submetidos a diferentes fontes de fósforo, observaram concentrações de 17,8; 23; 0,24 g/L de N, K e P na urina e retorno de nutrientes nas excretas do animais de 73, 87, 6 e 28 kg/ha de N, K, P e Ca, respectivamente.

A maioria dos estudos referentes a pastagens está relacionada com o estudo da parte aérea da planta. Pesquisas envolvendo o sistema radicular, sobretudo de gramíneas tropicais, ainda são escassas, principalmente com relação à produção de biomassa e morfologia do sistema radicular (Bono et al., 2000). Estima-se que menos de 10% dos estudos referentes às forrageiras relacionam algum parâmetro do sistema radicular (Scurlock e Hall, 1998).

A quantificação de raízes é um processo dispendioso em termo de mão de obra e recursos financeiros, todavia, é um parâmetro eficiente para a avaliação dos efeitos do uso da terra, principalmente no que diz respeito ao sistema solo-planta. Assim, é importante avaliar o sistema radicular, pois ele forma um sistema integrado de funcionamento com a parte aérea da planta. Essa interação, associada a fatores como manejo, solo e clima, estão relacionados diretamente com a perenidade das pastagens (Pagatto, 2001).

Devido à preocupação com a mudança climática global, vem se dando bastante atenção à quantidade de carbono fixada no solo e liberada para a atmosfera. Desta forma, tem se colocado o sistema pastoril como um dos grandes responsáveis por alterações negativas no meio ambiente. Isso se deve, principalmente, ao fato desse sistema aparecer, em geral, em substituição a ambientes naturais de mata, havendo, com

isso, grandes liberações de C, principalmente devido às práticas de formação dos pastos, em especial quando se faz uso de queimadas. Contudo, ainda não há dados a respeito da quantidade real de C, que é liberado ou retido com a substituição de áreas de mata nativa por sistemas de pastagens. Assim, a substituição de ambientes naturais por agroecossistemas com culturas introduzidas, causa alteração tanto na quantidade quanto na qualidade do C do solo (Costa et al., 2009).

Referencias bibliográficas

BONO, J.A.M.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.B.P. Biomassa e área do sistema radicular e persistência do solo a penetração em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. Sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Viçosa, 2000, **Anais**. Viçosa: UFV 2000.

BRAZ, S.P., NASCIMENTO JUNIOR, D., CANTARUTTI, R.B. et al. Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.4, p.787-794, 2003.

BRAZ, S.P.; NASCIMENTO JR., D.; CANTARUTTI, R.B. et al. Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *Brachiaria decumbens* na zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.858-865, 2002.

CARRAN, R.A., AND P.W. THEOBALD. Effects of excreta return on properties of a grazed pasture soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v.56, P.79-85, 1999.

CASTILLA, C.E.; AYARZA, M.A.; SANCHEZ, P.A. Carbon and potassium dynamics in grass/legume grazing systems in the Amazon. p. 191-210. In J. M. Powell (ed.). *Livestock and Sustainable Nutrient Cycling in Mixed Farming Systems of sub-Saharan Africa*, Vol. 2. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 1995.

COSTA, O.V.; CANTARUTTI, R.B.; FONTES, L.E.F. et al. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.33, n.5, p. 1137-1145, 2009.

COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L.; SILVA, J.J. et al. Evolução das pastagens cultivadas e do efetivo bovino no Brasil. **Veterinária e Zootecnia**. v.15, n. 1, p. 8-17, 2008.

JARVIS, S.C.; SCHOLEFIELD, D.; PAIN, B. Nitrogen cycling in grazing systems. p. 381-419. In P. E. Bacon (ed.). *Nitrogen fertilization in the environment*. Marcel Dekker, Inc., New York, 1995.

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.

MATHEWS, B.W., L.E. SOLLENBERGER, AND J.P. TRITSCHLER II. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: Soil considerations. p. 213-229. In R.E. Joost and C.A. Roberts (ed.), Nutrient cycling in forage systems. Potash and Phosphate Institute and the Foundation for Agronomic Research, Manhattan, Kansas 1996.

MONTEIRO, F. A. e WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., Piracicaba, 1997. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 327, p. 55-84.

MOREIRA, L.M; FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. et al. Adubação fosfatada e níveis críticos de fósforo no solo para manutenção da produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.3, suppl., p. 943-952, 2006a.

MOREIRA, L.M; FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. et al. Adubação fosfatada e níveis críticos de fósforo no solo para manutenção da produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.3, suppl., p. 943-952, 2006b.

PAGATTO, D.S. **Comportamento do sistema radicular do capim Tanzania (*Panicum maximum* Jacq) sob irrigação e submetidos a diferentes intensidades de pastejo**. 2001, 51p Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo.

PEREIRA, A.V.; MARTINS, C.E.; CRUZ FILHO, A.B. et al. Pioneiro - Nova cultivar de capim-elefante para pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais**. Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.102-104.

PETERSON, P.R., GERRISH, J.R. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: livestock management considerations. In: Joost, R.E., Roberts, C.A. (Eds.), Proceedings of the Symposium on Nutrient Cycling in Forage Systems, Columbia, Missouri, USA, March 7-8, 1996, Potash and Phosphate Institute, The Foundation for Agronomic Research, Kansas, pp. 203-212, 1996.

SCURLOCK, J.M.O.; HALL, D.O. The global carbon sink a grassland perspective. **Global Change Biology**. V, 4, p. 229-233, 1998.

SOLLENBERGER, L.E., DUBEUX JR, J.C.B.; SANTOS, H.Q.; AND 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. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasilia, Brazil 2002.

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

RODRIGUES, L.R.A., MONTEIRO, F.A., RODRIGUES, T.J.D. Capim elefante. In: PEIXOTO, A.M., PEDREIRA, C.G.S., MOURA, J.V., FARIA, V.P. (Eds.) Simpósio sobre manejo da pastagem, 17, Piracicaba, 2001. 2ª edição. **Anais**. Piracicaba:FEALQ, 2001, p.203-224.

VITOR, C.M.T.; FONSECA, D.M.; CÓSER, A.C., et al.. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p. 435-442, 2008.

Capítulo 1

Deposição de nutrientes via excreta animal em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo¹

¹. Elaborado conforme normas da revista *Nutrient Cycling in Agroecosystems*

Deposição de nutrientes via excreta animal em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo

Resumo: Os animais influenciam a ciclagem e redistribuição de nutrientes através do consumo de nutrientes minerais, sendo necessário quantificar o retorno de nutrientes via fezes e urina para auxiliar no estabelecimento do manejo adequado do pasto. O experimento foi realizado na Estação Experimental de Itambé-PE, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), tendo como objetivo avaliar o efeito de diferentes alturas de resíduo pós pastejo sobre a composição e retorno de nutrientes via fezes e urina dos animais em pastejo. Para tal, foram avaliadas pastagens de capim elefante clone IRI 381, submetidas a diferentes alturas de resíduo pós pastejo (40, 80 e 120 cm), com lotação intermitente variável e ciclo de pastejo de 35 dias, na época chuvosa (32 dias de descanso e três dias de ocupação) e, 70 dias, na época seca (67 dias de descanso e três dias de ocupação). Foram utilizados bovinos mestiços holandês x zebu como animais pastejadores. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições. Foram realizadas avaliações referentes à quantidade excretada e a composição química das fezes e urina, em sete períodos de avaliação. A concentração média de minerais nas fezes variaram de acordo com o período de avaliação, sendo observados valores médios de 16,0; 1,7; 0,20; 9,67; 5,77 e 5,24 g/kg para N, P, Na, K, Ca e Mg, respectivamente. A urina apresentou concentrações de 2,99; 1,11; 34,86; 0,29 e 0,23 g/L de N, Na, K, Ca e Mg, respectivamente. As alturas de resíduo pós pastejo influenciaram apenas a concentração de N e Mg nas fezes, onde o tratamento de 40 cm apresentou maior concentração desses nutrientes. O retorno de nitrogênio por meio das fezes e urina contribuiu, a cada dia de pastejo, com 506 g N/ha/dia, sendo 47% deste proveniente da urina e 53% via fezes. O K e Na (95% e 96%) retornaram principalmente via urina; Ca e Mg (78 e 81%) retornaram principalmente pelas fezes dos animais. O P foi encontrado apenas nas fezes. Considerando a importância do retorno de nutrientes via excreta para manutenção da fertilidade do solo de pastagens, estudos futuros devem focar em medidas de manejo que melhorem a distribuição espacial da excreta e reduzam as perdas de nutrientes.

Palavras chave: Urina, fezes, macro nutrientes, minerais.

Nutrient deposition via animal excreta on *Pennisetum purpureum* Schum. pastures managed under different post-grazing stubble heights

Animals influence the cycling and redistribution of nutrients through the intake of mineral nutrients. Because most of the nutrients return to pasture, it is necessary to quantify the nutrient return via feces and urine in order to establish an adequate pasture management. The experiment was carried out at the Experimental Station of Itambé-PE, from the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA). It evaluated the effect of different post-grazing stubble heights and nutrient return via dung and urine of grazing animals. Pastures of *Pennisetum purpureum* Schum clone IRI 381 were submitted to different post-grazing stubble heights (40, 80, and 120 cm). Rotational stocking was applied and grazing cycles were 35 days (32 days resting period and three days of grazing period) in the rainy season and 70 days (67 days resting period and three days of grazing period) in the dry season. Crossbred Holstein-Zebu cattle were used as experimental animals. A complete randomized block design was used, with three replications per treatment. The amount and chemical composition of feces and urine were evaluated at seven sampling periods. Average mineral concentration in feces varied according to the evaluation period with values of 16.0; 1.7; 0.20, 9.67, 5.77 and 5.24 g/kg for N, P, Na, K, Ca and Mg, respectively. Mineral concentration in urine was 2.99; 1.11; 34.86; 0.29 and 0.23 g/L of N, Na, K, Ca and Mg, respectively. Post-grazing stubble heights affected only the concentration of N and Mg in the feces, with the treatment of 40 cm post-grazing stubble height presenting higher concentration of these nutrients. Nitrogen return through feces and urine contributed with 506 g N/ha.day, 47% of this via urine and 53% via feces. The K and Na (95% and 96%) returned mainly via urine; Ca and Mg (78 e 81%) returned mainly via feces and P was found only in feces. Considering the importance of nutrient return via excreta for maintaining soil fertility of pastures, future studies should focus on management techniques to improve excreta spatial distribution and reduce nutrient losses.

Index terms: urine, feces, nutrients, minerals

Introdução

No Brasil, cerca de 70% dos solos cultivados, apresentam algum tipo de limitação relacionada à fertilidade. A baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente o N e P, e a alta saturação de Al são os fatores químicos que limitam com mais intensidade a produção forrageira nos solos ácidos tropicais, dificultando a exploração adequada da pecuária (Santos et al. 2002).

Estudos conduzidos com o intuito de avaliar diferentes alturas de resíduo pós pastejo são de difícil avaliação, em virtude da dificuldade de manejar as alturas desejadas (Cóser et al. 2001). Em outros estudos foi observado que em capim elefante a forragem residual não deve ser inferior a 40 cm de altura, uma vez que permite espaço para plantas indesejáveis ou mesmo alturas superiores a 80 cm para cultivares comuns e 40 cm para anões (Veiga 1990).

Com a degradação das áreas agrícolas, altera-se a qualidade e a quantidade de matéria orgânica do solo, reduzindo a atividade da biomassa microbiana, que é responsável pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo (De-Polli e Guerra 1999). Os microorganismos do solo exercem influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto no estoque de carbono e minerais, agindo na liberação e na imobilização de nutrientes.

A ciclagem de nutrientes pode ser definida como o movimento dos elementos entre os diversos compartimentos do sistema solo, planta e animal (Roze et al. 2005). Pastagens são usualmente consideradas como uma das formas de alimentação menos onerosas para ruminantes, contudo, são sistemas que sofrem grande influência do homem, através de técnicas de manejo e dos animais, no ato de pastejo. O manejo empregado na produção das pastagens, principalmente em sistemas intensivos, tem papel fundamental em sua manutenção. Segundo Dubeux Jr. et al. (2007), é possível

reduzir as perdas de nutrientes no ecossistema de pastagens por meio da compreensão da dinâmica dos mesmos naquele sistema.

A distribuição de nutrientes em pastagens tem recebido maior atenção nos últimos anos por dois motivos. O primeiro está relacionado com o aumento na degradação do solo em áreas de baixa utilização de insumos e o segundo, com o excesso de nutrientes que acarreta perdas, causando impacto negativo no meio ambiente (Boddey et al. 2004; Woodard et al. 2003).

O animal em pastejo apresenta grande influência sobre o processo de ciclagem de nutrientes em pastagens. Uma das razões dessa influência decorre da modificação das características físicas e químicas da planta ingerida, após ser submetida aos processos de mastigação e ruminação. Assim, quando ocorre a excreção, a mineralização do material excretado ocorre de forma mais rápida, contribuindo para o aumento da diversidade dos microorganismos e velocidade de decomposição, propiciando maior disponibilidade de nutrientes (Archer e Smeins 1991). Contudo, esta rápida disponibilidade de nutrientes propicia perdas, principalmente por volatilização, lixiviação, erosão e lavagem pela água da chuva sobre a superfície do solo.

Os fatores que afetam a distribuição das excretas podem ser divididos em dois grupos: i) os relacionados com a quantidade e frequência das fezes e urina produzidas e; ii) os relacionados às atitudes comportamentais inerentes aos animais, em relação às características ambientais e da pastagem (Braz et al. 2003).

Em locais onde há elevada concentração de fezes e urina, ocorre grande acúmulo de nutrientes, fazendo com que ocorram perdas e até excesso do nutriente, podendo chegar a tornar-se um fator limitante ao crescimento das plantas.

O efeito do manejo da pastagem sobre o retorno de nutrientes via excreta animal ainda é pouco estudado e compreendido, sendo necessário mais estudos nessa área, notadamente em ecossistemas de pastagens tropicais. Diante disso, procurou-se avaliar o efeito da intensidade de pastejo sobre os aspectos quantitativos e qualitativos do processo de reciclagem dos nutrientes, através das fezes e urina de bovinos em uma pastagem de capim elefante, nas condições da Zona da Mata Seca de Pernambuco.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Itambé, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). O município de Itambé possui coordenada geográfica de 07° 24' S e 35°06' W, está localizado na microrregião da mata seca de Pernambuco, apresentando uma altitude aproximada de 190 m, com precipitação anual média de 1.200 mm e temperatura anual média de 25 °C (CPRH 2003). O total de chuvas acumuladas durante o período experimental (Figura 1) foi de 1.480 mm (ITEP 2010).

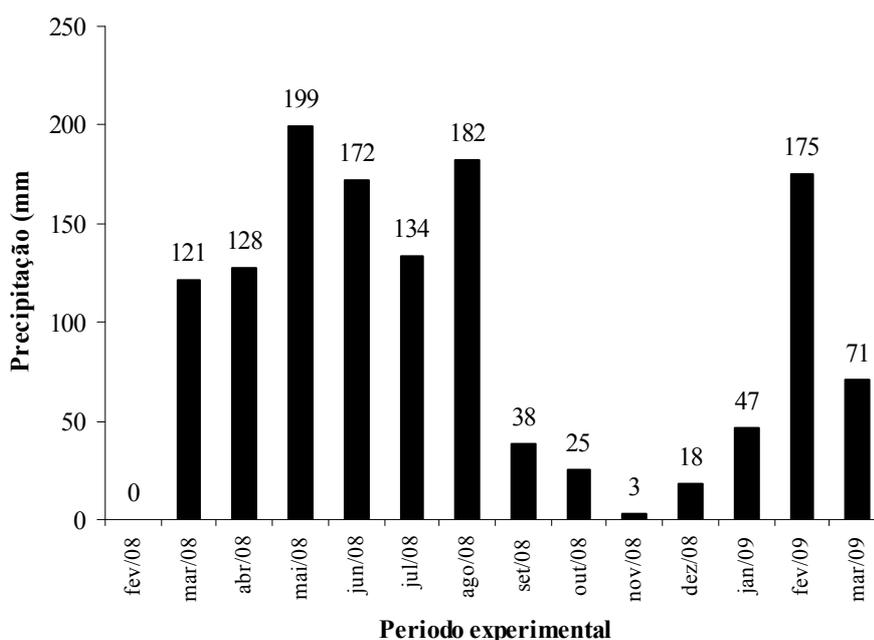


Figura 1. Precipitação pluvial na Estação Experimental de Itambé, durante o período de fevereiro de 2008 a março de 2009 (ITEP, 2010).

Os solos predominantes em Itambé-PE classificam-se como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb DISTRÓFICO, com horizonte A proeminente de textura médio argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (Jacomine 2001; Embrapa 2006). As amostras para análise de solo foram retiradas da camada 0-20 cm. As análises química (Tabela 1) foram realizadas conforme metodologia proposta pela Embrapa (1979).

Tabela 1. Caracterização química do solo na camada 0-20 cm.

pH	P	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺²	Ca ⁺²	Al ⁺³	H+Al	CO ¹	MO ²
(água - 1:2,5)	(MG/dm ³)			(cmol _c /dm ³)			(cmol _c /dm ³)		g/kg
5,62	12,94	0,43	0,54	5,68	3,56	0,22	4,92	22,71	39,15

¹CO = carbono orgânico; ²MO = matéria orgânica

O experimento foi realizado numa pastagem de capim elefante clone IRI 381 com quatro anos de estabelecimento, durante o período de Fev/2008 a Mar/2009, avaliando-se a deposição de nutrientes em reposta a diferentes alturas de resíduo pós pastejo (40, 80, e 120 cm), ao longo de sete ciclos de pastejo. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento, em blocos casualizados, com três repetições. As parcelas experimentais apresentavam área de 833 m².

O método de pastejo utilizado foi o de lotação intermitente, com ciclo de pastejo variando de acordo com o período do ano. No período chuvoso, a permanência em cada piquete foi de três dias, seguido por um período de descanso de 32 dias, totalizando 35 dias de ciclo de pastejo. No período seco, o ciclo de pastejo foi de 70 dias, com três dias de pastejo e 67 dias de descanso. Após a saída dos animais dos piquetes, foram aplicados 300 kg/ha da fórmula 20-10-20 (N-P₂O₅-K₂O), sempre que a umidade do solo apresentava-se adequada para o aproveitamento do fertilizante, tendo sido realizadas

cinco adubações referentes aos ciclos de pastejo de março, maio, junho, julho e agosto de 2008.

Antes da entrada nos piquetes, os animais eram pesados e separados por categoria, de maneira que todos os piquetes recebiam a mesma taxa de lotação no primeiro dia de pastejo e, a partir do segundo dia, a taxa de lotação era ajustada, de acordo com a altura do resíduo pós pastejo desejada para cada tratamento. Foram utilizados animais mestiços holandês x zebu. Os animais testes foram vacas de aproximadamente 500 kg de PV, já os animais de ajuste foram de diversas categorias com peso variando de 100 a 650 kg de PV. Os animais, no período chuvoso, eram alimentados exclusivamente a pasto; no período seco recebiam suplementação com concentrado e sal mineral no momento da ordenha além de mistura de cana de açúcar com 1% da mistura uréia + sulfato de amônio (9:1).

Foram coletadas amostras de fezes e urina para a determinação da excreção diária de fezes e urina, bem como para determinação da composição de macronutrientes encontradas nas excreções. A concentração de cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), fósforo (P) e potássio (K) foram determinados através de digestão nitroperclórica. As leituras realizada por espectrofotometria; a determinação de nitrogênio foram conduzida através do método micro-Kjeldahl, segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002).

A cada ciclo de pastejo foram escolhidos dois animais teste por parcela. Para estes animais, foi ministrada a lignina purificada e enriquecida (LIPE[®]), o qual foi fornecida como indicador para estimativa da produção fecal diária. O fornecimento foi iniciado um dia antes da entrada dos animais no piquete, sendo fornecida, diariamente, uma cápsula de LIPE[®] com 500 mg por animal.

As coletas de fezes foram realizadas no segundo e no terceiro dia de pastejo, pela manhã, executadas diretamente sob o solo, tendo o cuidado de coletar apenas a parte superficial da placa, evitando, desta forma, a contaminação com solo sendo coletado aproximadamente 250 g de fezes por amostra. Após coletadas, as fezes foram pesadas e colocadas em estufa de circulação forçada, a 55 °C, por um período de 72 horas. Em seguida, foram moídas, em moinho com peneira de 0,1 mm, sendo armazenadas em embalagens plásticas, devidamente etiquetadas. Após a moagem, foram feitas amostras compostas dos dois dias de coleta por animal, sendo, desta forma, obtidas duas amostras por parcela, uma de cada animal, totalizando 18 amostras por ciclo de pastejo.

As amostras de fezes, depois de moídas, foram analisadas no laboratório de nutrição animal da EV/UFMG, em espectrômetro de infravermelho FTIV, modelo Varian 099-2243, para a determinação da concentração de LIPE nas fezes, obtendo a partir desta informação, a produção de fezes dos animais avaliados (Rodriguez et al. 2006).

Foram realizadas coletas *spot* de urina, obtidas no segundo e terceiro dia de pastejo de cada bloco, no momento da ordenha, durante micção espontânea. Uma alíquota de 10 mL de urina foi diluída em 40 mL de ácido sulfúrico a 0,036 N. Após a diluição, foi aferido o pH, sendo ajustado, caso necessário, para valores inferiores a 3, com ácido sulfúrico concentrado, a fim de evitar destruição bacteriana dos derivados de purina. As amostras foram armazenadas a -20 °C para posterior análise de creatinina e minerais. A análise de creatinina foi conduzida no Laboratório de Patologia Veterinária da UFRPE utilizando-se kits comerciais (Doles), com leitura realizada pelo método colorimétrico, segundo Fujihara et al. (1987), descrito por Chen & Gomes (1992).

O volume urinário médio diário foi estimado para cada animal, multiplicando-se o respectivo peso vivo (PV) do animal pela excreção diária de creatinina (mg/ kg de PV) e dividindo-se esse produto pela concentração de creatinina na urina *spot* (mg/L), utilizando-se o valor 24,4 mg de creatinina/kg de peso corporal (Pereira 2003).

Com as produções de fezes e urina por animal obtidas através da LIPE e da concentração de creatinina, juntamente com os dados laboratoriais referente aos teores de nutrientes das excretas e a lotação animal adotada nas parcelas, foram estimadas as seguintes variáveis:

Excreção total de fezes e urina:

$$ETF = [PF/PV]. LA$$

$$ETU = [PU/PV]. LA$$

Onde:

PV = Peso vivo animal em kg/ha.dia

ETF = excreção total de fezes em kg MS/ha.dia

ETU = excreção total de urina em L/ha.dia

PF = Produção Fecal em kg MS de fezes/ha.dia

PU = Produção de Urina em L/ha.dia

LA = Lotação animal em kg/ha.dia

Quantidade de nutrientes retornados:

$$QNRF = CN (g/kg) . ETF$$

$$QNRU = CN (g/L). ETU$$

Onde:

QNRF – quantidade de nutrientes retornados via fezes (g/ha.dia)

QNRU – quantidade de nutrientes retornados via urina (g/ha.dia)

CN – concentração de nutrientes (g/kg e g/L)

Os dados foram submetidos à análise de variância em delineamento em blocos, ao acaso, com medidas repetidas no tempo, por meio do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) e as médias comparadas pelo LSMEANS do SAS, a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Não foi observado efeito das alturas de resíduo pós pastejo sobre a composição química, retorno e proporção dos nutrientes avaliados ($P > 0,05$), com exceção da deposição de N e Mg via fezes (Tabela 5). As alturas de resíduo observadas não foram condizentes com os tratamentos desejados, com as mesmas apresentando médias de $71,5 \pm 18,1$; $98,7 \pm 12,9$; $117,0 \pm 9,6$ cm, para os tratamentos de 40, 80 e 120 cm, respectivamente. Provavelmente, a ausência de diferença entre os tratamentos foi decorrente de ações somadas como ataque de pragas, quantidades insuficientes de animais para o rebaixamento adequado do pasto e aumento do período de descanso do pasto (32 para 67 dias), além da qualidade da forragem, visto que os animais, quando em pastejo, exibem preferência em consumir partes mais palatáveis da planta, como folhas e colmos jovens, rejeitando os materiais mais velhos e com maior concentração de compostos de baixa digestão. Somado a esses fatores, prováveis erros nas medições de altura do pasto ocorreram, pois, após a saída dos animais dos piquetes, permaneciam perfilhos com altura elevada no meio da touceira, o que pode ter dificultado essas medidas de altura.

Excreta - Composição química

A composição química (N, P, K, Ca, Mg e Na) das fezes foi influenciada pelos períodos de avaliação (Tabela 2). A concentração de N nas fezes foi maior ($P < 0,05$) na avaliação de março/09, apresentando 21g N/kg MS fecal. Para P, foram observadas

concentrações variando de 1,11 a 3,64 g/kg, nos meses de março/09 e maio/08, respectivamente. Não era esperada maior concentração de N e P neste período, pois as adubações foram realizadas nos meses de março a agosto/08. Contudo, o início das chuvas no mês de março (Figura 1) pode ter influenciado a composição e o teor de N e P nas fezes, devido à maior concentração de nutrientes nas plantas, no início do período chuvoso. Tal efeito é usualmente constatado, devido à maior mineralização da matéria orgânica do solo no início das chuvas, notadamente em regiões tropicais, com período chuvoso definido. A água é o meio de transporte pelo qual os íons se movimentam do solo para o sistema radicular das plantas, principalmente quando esse movimento se dá por fluxo de massa e difusão. Além disso, a água possibilita quebra dos agregados do solo após longos períodos de estiagem, disponibilizando nutrientes da matéria orgânica, por meio do aumento da sua mineralização e aporte de nutrientes para as plantas (Dubeux Jr. et al. 2006). Desta forma, a falta de níveis adequados de umidade no solo também leva as plantas à deficiência de nutrientes.

Rodrigues et al. (2008) estudando a concentração de nutrientes nas fezes de novilhas em pastagens de capim Mombaça, observaram variação de 3,0 a 4,6 g/kg para P, valores superiores aos observados neste trabalho. Os demais nutrientes demonstraram variação durante o período de avaliação, apresentando teores mínimos de 7,46; 0,13; 5,15; 4,27 g/kg e máximos de 12,09; 0,30; 6,12; 5,86 g/kg para K, Na, Ca e Mg, respectivamente, sendo as maiores proporções registradas nos períodos de maio a setembro, o qual apresentaram maior disponibilidade hídrica (Figura 1) somados a reposição da fertilidade do solo por meio de adubações químicas.

Tabela 2. Concentração de nutrientes em fezes de vacas 5/8 holandês/zebu em pastagens de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé -PE

Período de avaliação	N	P	Na	K	Ca	Mg
	g/kg					
Março/08	18,23 b	1,44 b	0,19 bc	7,46 b	6,01 a	4,28 b
Maió/08	15,43 c	3,64 a	0,13 d	11,76 a	5,67 ab	5,80 a
Julho/08	16,47 c	1,54 b	0,30 a	12,09 a	6,12 a	4,85 ab
Agosto/08	15,22 c	1,53 b	0,23 bc	9,59 a	5,71 ab	5,77 ab
Setembro/08	16,71 c	1,38 b	0,24 b	8,69 b	5,39 ab	5,74 ab
Outubro/08	14,02 c	1,23 b	0,19 c	10,01 a	6,12 a	5,81 a
Março/09	21,32 a	1,11 b	0,15 c	8,19 b	5,15 b	4,76 b
Erro Padrão	0,5	0,22	0,16	1,24	0,39	0,37

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS do SAS a 5% de probabilidade.

Nas fezes bovinas, além da presença de nutrientes consumidos e não absorvidos, são observados também produtos metabólicos e resíduos endógenos do metabolismo animal, incluindo bactérias. Embora a concentração de nutrientes nas fezes seja baixa, estando correlacionado com as quantidades de nutrientes reciclados por esta via, a quantidade reciclada pode ser alta, dependendo da lotação animal utilizada (Van Soest 1994).

A concentração de nutrientes na urina dos animais sofreu influência do período de avaliação, com amplitude de 1,94 a 6,41 g/kg; 0,68 a 1,79 g/kg; 22,6 a 42,7 g/kg; 0,24 a 0,34 g/kg; 0,08 a 0,36 g/kg, para N, Na, K, Ca e Mg, respectivamente (Tabela 3). A concentração de P na urina não foi detectada em virtude da baixa concentração de P na urina, em comparação com as fezes (Rodrigues et al., 2008). O teor de N na urina apresentou o mesmo comportamento demonstrado nas fezes, com maior concentração no período de março/09. Possivelmente, a alteração na qualidade da forragem consumida nesse período afetou o resultado. As concentrações específicas de N na urina de vacas dependem de fatores como dieta e consumo de água mas normalmente varia de 8 a 15 gN/L (Clough et al. 2004 e White 2008). Assim, mudanças na qualidade do

alimento podem contribuir para variação na concentração de N. Contudo, o volume excretado e o número de excreções devem ser considerados. A utilização de sais na alimentação pode contribuir para a redução na concentração de N na urina, pois o animal eleva o consumo de água, tornando a urina mais diluída (Van Groenigen et al. 2005). Segundo Russelle (1997), o N excretado nas fezes encontra-se principalmente na forma orgânica (apenas 20 a 25% é solúvel em água), enquanto o N da urina é constituído, principalmente, de uréia (50 a 80%). A uréia, quando penetra no solo, é rapidamente hidrolisada pela enzima urease, sendo convertida a amônia, que é facilmente perdida por volatilização. Desta forma, embora a excreção de N seja alta, suas perdas também são elevadas.

A concentração de Na foi superior nos últimos períodos de avaliação, com valores variando entre 1,60 e 1,79 g/L. Provavelmente, a maior concentração deste elemento na urina dos animais nos últimos períodos de avaliação, ocorreu devido à redução na qualidade da forragem, notadamente no período de outubro/08, o que permite maior consumo de sal pelos animais, bem como o menor volume de urina observados nestes períodos (Tabela 4) que possibilita urina mais concentrada apresentando maior concentração de minerais principalmente de N, K e Na. A concentração de Mg apresentou grande variação durante o período experimental, com médias variando de 0,08 a 0,36 g/L. A menor concentração foi obtida no período de maio/08, provavelmente devido à redução da proporção de folhas do capim, resultante do ataque de lagartas (*Mocis latipes*). O referido ataque resultou na diminuição das lâminas foliares e, conseqüentemente, reduzindo os teores dos nutrientes, principalmente Mg e N, devido à mobilidade dos mesmos na planta e maior concentração nas folhas.

Tabela 3. Concentração de nutrientes em urina de vacas 5/8 holandês/zebu em pastagens de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé-PE.

Período de avaliação	N	Na	K	Ca	Mg
Março/08	3,53 b	0,89 b	35,81 a	0,33 a	0,29 a
Maió/08	1,94 c	0,68 b	22,62 a	0,34 a	0,08 b
Julho/08	2,34 c	1,05 b	29,80 a	0,24 a	0,36 a
Agosto/08	2,30 c	0,84 b	33,75 a	0,27 a	0,15 ab
Setembro/08	2,14 c	0,92 b	38,07 a	0,27 a	0,24 ab
Outubro/08	2,29 c	1,79 a	42,73 a	0,24 a	0,32 a
Março/09	6,41 a	1,60 a	40,53 a	0,32 a	0,20 ab
Erro Padrão	3,8	1,6	3,83	0,04	0,06

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS do SAS a 5% de probabilidade.

Excreta - Retorno de nutrientes

A lotação e a produção de urina por animal variaram com os períodos de avaliação (Tabela 4). A lotação dos períodos de agosto e setembro/09 foram superiores ($P < 0,05$) aos demais períodos, com exceção de julho/08 e março/09. Este fato ocorreu, não apenas devido ao maior crescimento das forrageiras nesse período, mas também devido ao ataque de lagartas, no período de março a maio/08, causando perdas de área foliar, o que reduziu a capacidade de suporte da pastagem, diminuindo a lotação nestes períodos. No entanto, a menor lotação observada no mês de outubro/08, pode ser explicada pela redução na precipitação (Figura 1).

A excreção total de fezes e urina dentro de cada ciclo, não variou em resposta ao período de avaliação ($P > 0,05$), apresentando amplitude de 13 a 17 kg MS fecal/ha.dia e, 65,8 a 116,7 L urina/ha.dia (Tabela 4). A excreção fecal por animal não apresentou variação durante o período experimental ($P > 0,05$), com produção média de 4,17 kg MS fecal/animal.dia. A excreção de urina por animal apresentou variação de acordo com os períodos ($P < 0,05$), tendo sido observado os maiores valores em maio/08, com 30,3 L/animal.dia.

Tabela 4. Lotação animal, produção de urina e fezes por animal e excreção total de fezes e urina de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagem de capim elefante cv IRI 381 nos diferentes períodos de avaliação

Data da avaliação	Lotação	Produção de Urina	Produção Fecal	Excreção total de urina	Excreção total de fezes
	kg /ha	L/animal.dia	Kg MS fecal/animal.dia	L urina/ha.dia	Kg de MS fecal/ha.dia
Março/08	1510,1 b	28,3 ab	4,3 a	93,5 a	14,0 a
Maió/08	1788,5 b	30,3 a	4,2 a	94,9 a	13,3 a
Julho/08	1906,3 ab	25,5 ab	4,2 a	91,5 a	16,2 a
Agosto/08	2235,0 a	28,0 ab	4,1 a	116,7 a	17,8 a
Setembro/08	2151,2 a	21,5 b	4,2 a	85,4 a	17,1 a
Outubro/08	1825,5 b	19,5 b	4,0 a	65,8 a	14,5 a
Março/09	1888,8 ab	19,3 b	4,1 a	68,2 a	13,2 a
Erro Padrão	90,3	2,8	0,2	11,7	1,7

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS do SAS a 5% de probabilidade.

Foi observada diferença significativa para o retorno de Mg e N via fezes ($P < 0,05$) para os diferentes tratamentos (Tabela 5), tendo comportamento linear negativo, à medida que houve aumento da altura de resíduo pós pastejo. Este resultado sugere que a elevação da altura de resíduo reduz a qualidade da forragem, em virtude da maior proporção de colmos e avanço na maturidade, reduzindo, por consequência, a concentração de nutrientes nas fezes. A menor altura de resíduo propiciou maior retorno de Mg e N, quando comparada às demais alturas avaliadas ($P < 0,05$). Provavelmente, a maior quantidade de animais nessas parcelas propiciou uma rebrota de melhor qualidade de forragem, com maior proporção de folhas novas, que apresentam maior concentração de Mg e N. Segundo Braz et al. (2002), a variação nos teores de Mg e N nas fezes pode ser atribuída à seletividade dos animais, uma vez que estes nutrientes são móveis nas plantas e se concentram nas folhas jovens, as quais são preferencialmente selecionadas para o consumo. Estes mesmos autores ao trabalhar em área de *B. decumbens* com novilhas de aproximadamente 300 kg de PV observaram concentrações de minerais nas fezes em torno de 1,4; 5,6; 3,8 e 2,4 g/kg para P, K, Ca e Mg, respectivamente. Essa

diferença comprova que as concentrações de nutrientes ingeridos na dieta animal e excretada nas fezes, variam de acordo com a espécie vegetal, idade, sexo e peso dos animais.

Boddey et al. (2004) relatam que o aumento da pressão de pastejo resulta em uma maior proporção de N reciclado na planta, através da deposição de urina e fezes dos animais. A influência negativa do aumento da taxa de lotação sobre a sustentabilidade da pastagem, não é só devido ao aumento das perdas de N e outros nutrientes, mas também, da má distribuição dos excrementos que, em muitos casos, são depositados em locais de repouso, onde a vegetação é escassa e pouco nutriente é recuperado para a produção de forragem de qualidade (Peterson e Gerrish 1996).

Tabela 5. Retorno de N e Mg via fezes de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagens de capim elefante cv IRI 381 submetidas a diferentes alturas de resíduo pós-pastejo

Altura de resíduo pós pastejo	Retorno de N via fezes (g/ha/dia)	Retorno de Mg via fezes (g/ha/dia)
40 cm	313,4 a	97,5 a
80 cm	232,0 b	75,2 b
120 cm	223,3 b	69,4 b
Erro Padrão	22,7	5,0
Efeito Linear	0,0321	0,0008

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS do SAS a 5% de probabilidade.

O retorno de nutrientes (N, P, Na e Mg) na pastagem foi influenciado ($P < 0,05$) pelos períodos de avaliação (Tabela 6). A deposição de N via fezes, variou ao longo dos períodos de avaliação, com amplitude de 192 a 314 g/ha.dia. A variação na concentração de N nas fezes entre os períodos se relaciona com a concentração deste elemento na forragem, devido a fatores como adubação, nível de água no solo e lotação. A excreção de P foi maior no mês de maio/08, com média de 54 g/ha.dia. Essa maior excreção nesse período pode estar relacionada com a maior concentração deste mineral

na planta, devido ao pulso de mineralização da matéria orgânica do solo, contribuindo para a maior absorção deste elemento pelas raízes.

Para o Na, a maior excreção foi obtida no período de julho a setembro/08, no entanto, para Mg, agosto foi superior aos demais períodos avaliados, com exceção de julho, setembro e outubro/08 (Tabela 6). As deposições de Ca e K não foram influenciadas pelos períodos de avaliação ($P>0,05$), apresentando média de 87,6 e 149,4 g/ha.dia, respectivamente.

Braz et al. (2002), estudando a excreção fecal de novilhas em pasto de braquiária, estimaram o retorno diário por animal de 10,06 g de P; 6,12 g de K; 21,70 g de Ca e 9,47 g de Mg. Rodrigues et al. (2008) avaliando as concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais, em pastagem de capim mombaça, fertilizada com fontes de fósforo, observaram retorno de nutrientes, com base na produção fecal (2,78 kg de MS), de 46, 40, e 11 g/animal.dia de N, K e P, respectivamente. As quantidades absolutas retornadas, nos diferentes trabalhos encontrados na literatura, são de limitado uso para comparação, em virtude das diferenças existentes nas quantidades de nutrientes armazenadas em cada ecossistema. Assim, faz-se necessário o conhecimento da produtividade da gramínea, concentração dos minerais na mesma e/ou do consumo de nutrientes pelo animal, que retorna ao sistema através das fezes, para se inferir comparações mais específicas.

Tabela 6. Retorno de nutrientes via fezes de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagens de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé - PE.

Período de avaliação	N	P	Na	K	Ca	Mg
	g/ha.dia					
Março/08	276,2 ab	20,8 b	2,8 b	112,8 a	86,3 a	62,5 b
Mai/08	203,4 b	53,9 a	1,9 b	174,5 a	79,7 a	77,9 b
Julho/08	271,4 ab	24,8 b	4,7 a	188,4 a	100,5 a	79,7 ab
Agosto/08	267,2 ab	26,6 b	3,9 a	169,6 a	100,2 a	100,4 a
Setembro/08	270,3 ab	22,7 b	4,1 a	144,6 a	88,8 a	94,8 ab
Outubro/08	191,6 b	17,2 b	2,5 b	137,4 a	83,9 a	80,3 ab
Março/09	313,7 a	14,1 b	2,2 b	118,5 a	73,7 a	69,5 b
Erro Padrão	36,5	4,3	0,3	27,4	11,2	8,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS do SAS a 5% de probabilidade.

A concentração de Na e K na urina não sofreram influência dos períodos de avaliação ($P>0,05$), apresentando médias de 92,9 e 2972 g/ha.dia, respectivamente. O retorno de N foi maior no período de março/08 e 09 ($P<0,05$), com média de 306,9 e 453,8 g/ha/dia (Tabela 7). Esta maior deposição de N, nestes períodos, deve estar relacionada à maior concentração do mineral observada nos mesmos (Tabela 3). A deposição de Mg e Ca apresentaram grande variação ao longo dos períodos de avaliação, com excreção mínima e máxima de 7,7; 16,4 e 33,6; 33,7 g/ha/dia, respectivamente.

Tabela 7. Retorno de nutrientes via urina de vacas 5/8 holandês/zebu, em pastagem de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé - PE.

Período de avaliação	N	Na	K	Ca	Mg
	g/ha.dia				
Março/08	306,9 a	88,1 a	3473,0 a	28,5 a	29,1 ab
Mai/08	176,6 b	68,4 a	2060,5 a	33,7 a	7,7 b
Julho/08	208,6 b	96,5 a	2710,0 a	21,4 ab	33,6 a
Agosto/08	268,3 b	93,9 a	3747,0 a	31,7 a	16,4 ab
Setembro/08	176,7 b	79,3 a	3245,4 a	23,0 ab	20,7 ab
Outubro/08	161,5 b	114,2 a	2809,8 a	16,4 b	22,1 ab
Março/09	453,8 a	110,2 a	2758,1 a	22,2 a	13,5 b
Erro Padrão	59,5	20,4	502,8	4,9	6,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS do SAS a 5% de probabilidade.

Excreta - Proporção de nutrientes retornados via fezes e via urina

As proporções de N e K não foram influenciadas ($P>0,05$) pelos períodos de avaliação (Tabela 8). O retorno total de nitrogênio à pastagem foi de 506 g N/ha/dia, sendo 47% via urina e 53% via fezes (Tabela 8). Esses resultados foram inferiores aos descritos por Haynes & Williams (1993), que observaram retorno de 60 a 70% do nitrogênio da pastagem ao solo, via urina dos animais em pastejo. Esse resultado confirma que a excreção de nitrogênio pelo animal, contribui para a manutenção das pastagens e para a sustentabilidade do sistema, devendo ser considerado, no entanto, as perdas deste elemento, quando reciclado via urina. Rodrigues et al. (2008) verificaram retorno de N, via urina e fezes, de, aproximadamente, 62 e 38%, respectivamente. Segundo os autores, esse retorno contribui para a manutenção da fertilidade do solo, pois correspondeu a 42% do N aplicado na pastagem, via fertilizante.

O K e Na apresentaram maior proporção de retorno na urina, apresentando médias de 95% e 96%, respectivamente. Segundo Mathews et al. (1996), praticamente todo o K excretado pelos animais encontra-se na forma iônica, que, por sua vez, é solúvel e está prontamente disponível para as plantas. Contudo, este elemento é facilmente perdido por lixiviação. As maiores proporções de Na retornado via urina foram obtidas nos períodos de maio e outubro/08 e março/09, com média de 97%, 97% e 98%, respectivamente.

Tabela 8. Proporção de retorno de N, K e Na em excreta de vacas 5/8 holandês/zebu em pastagens de capim elefante cv IRI 381, em diferentes períodos de avaliação; Itambé-PE

Período de avaliação	% N		% K		% Na	
	Fezes	Urina	Fezes	Urina	Fezes	Urina
Março/08	48 a	52 a	4 a	96 a	4 ab	96 ab
Mai/08	53 a	47 a	7 a	93 a	3 b	97 a
Julho/08	56 a	44 a	7 a	93 a	5 a	95 b
Agosto/08	51 a	49 a	4 a	96 a	4 ab	96 ab
Setembro/08	61 a	39 a	4 a	96 a	6 a	94 b
Outubro/08	59 a	41 a	5 a	95 a	3 b	97 a
Março/09	42 a	58 a	4 a	96 a	2 b	98 a
Erro Padrão	5,53		0,93		0,78	

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS do SAS a 5% de probabilidade.

As disponibilidades de Ca e Mg na superfície do solo e em resíduos de plantas são baixas, pois a maior proporção desses nutrientes é componente estrutural de células, apresentando componentes de baixa solubilidade, o que acarreta menor disponibilidade destes nutrientes nas excretas. Diferente dos demais nutrientes estudados, as concentrações de Ca e Mg foram maiores nas fezes (Tabela 9). A proporção de Ca não variou com os períodos de avaliação ($P>0,05$), apresentando média de 78%, para fezes e, 22%, para urina. Para o Mg foi observado proporção média de 81%, nas fezes e 19%, na urina. O P apresentou retorno apenas via fezes. O retorno de N foi semelhante nas fezes e urina (53% e 47%).

Tabela 9. Proporção do retorno de Ca, Mg e P em excreta de vacas 5/8 holandês/zebu em pastagens de capim elefante IRI 381 em diferentes períodos de avaliação; Itambé-PE

Período de avaliação	% Ca		% Mg		%P	
	Fezes	Urina	Fezes	Urina	Fezes	Urina
Março/08	73 a	27 a	71 b	29 a	100	0
Mai/08	73 a	27 a	92 a	8 b	100	0
Julho/08	81 a	19 a	73 b	27 a	100	0
Agosto/08	77 a	23 a	87 a	13 b	100	0
Setembro/08	80 a	20 a	83 ab	17 ab	100	0
Outubro/08	84 a	16 a	80 ab	20 ab	100	0
Março/09	78 a	22 a	83 ab	17 ab	100	0
Erro Padrão	3,50		3,78			

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMEANS do SAS a 5% de probabilidade.

Conclusões

As alturas de resíduo pós pastejo pouco influenciaram a produção e composição química das fezes, apresentando apenas efeito sobre a concentração de Mg e N, provenientes das fezes dos animais. A concentração e o retorno dos minerais ao solo sofreram influência da época de avaliação. A urina foi a principal via de retorno para o sódio e potássio enquanto o cálcio e magnésio retornaram principalmente pelas fezes, o fósforo retornou apenas via fezes e o nitrogênio foi semelhante na urina e fezes.

Referências Bibliográficas

- Archer, S, Smeins, FE, (1991) Ecosystem-level processes, In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Eds.). *Grazing management: an ecological perspective*. Portland pp.109-139.
- Bossey, RM, Macedo, R, Tarré, RR, (2004) Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: The key to understanding the process of pasture decline. *Agri. Ecos. Envi.* 103:389-403.
- Braz, SP, Nascimento Jr, D, Cantarutti, RB, (2003) Caracterização da distribuição espacial das fezes por bovinos em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. *Rev. Bras. Zootec.* 32:787-794.
- Braz, SP, Nascimento Jr, D, Cantarutti, RB, (2002) Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *Brachiaria decumbens* na zona da Mata de Minas Gerais. *Rev. Bras. Zootec.* 31:858-865.
- Chen, XB, Gomes, MJ, (1992) Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. Aberdeen: Rowett Research Institute.
- Clough, TJ, Kelliher, FM, Sherlock, RR, and Ford, CD, (2004) Lime and soil moisture effects on nitrous oxide emissions from a urine patch. *Soil Scie. Soci. Amer. J.* 68:1600-1609.
- Cóser, AC, Martins, CE, Cardoso, FPN. (2001) Produção de leite em pastagem de capim elefante submetida a duas alturas de resíduo pós pastejo. *Ciên. Agro.* 25:417-423.
- CPRH – Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (2003) Diagnóstico sócio ambiental do Litoral Norte de Pernambuco. Recife.

De-Polli, H, Guerra, JGM, (1999) C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. (Ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre pp. 389-411.

Dubeux Jr, JCB, Solleberg, LE, Mathyews, BW, (2007) Nutrient Cycling In Warm-Climatic Grasslands – A Review. Interpretation. Crop Science. 47:915-928.

Dubeux Jr, JCB, Lira, MA, Santos, MVF, Cunha, MV, (2006) Fluxo de nutrientes em ecossistema de pastagens: impactos no ambiente e na produtividade. In: Pedreira, C.G.S., Moura, J.C., Silva, S.C. & Faria, V.P. (Eds), As pastagens e o meio ambiente. Anais. do 23º Simpósio sobre o manejo das pastagens. Piracicaba, pp. 439-493.

EMBRAPA, (2006) Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 2ª Edição – EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, Brazil.

EMBRAPA, (1979) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, Brazil.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO. (2010) Disponível em: <http://www.itep.br>. Acesso em 15/01/2010.

Jacomine, PKT, (2001) Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros, Anais. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju pp. 19-46.

Haynes, R, Williams, PH. (1993) Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. Adv. Agro. 49:119-199.

Mathews, BW, Sollenberger, LE, Tritschler, JP, (1996) Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: Soil considerations. In Joost, RE, and Roberts, CA, (ed.) Nutrient cycling in forage systems. Potash and Phosphate Institute and the Foundation for Agronomic Research, Manhattan, Kansas. pp. 213-229.

PEREIRA, MLA (2003) Proteína na dieta de vacas nos terços inicial e médio de lactação. Tese Universidade Federal de Viçosa.

Peterson, PR, Gerrish, JR, (1996) Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: livestock management considerations. In: Joost, R.E., Roberts, C.A. (Eds.), Proceedings of the Symposium on Nutrient Cycling in Forage Systems, Columbia, Missouri, USA, March 7–8, 1996, Potash and Phosphate Institute, The Foundation for Agronomic Research, Kansas, pp. 203–212.

Rodrigues, AM, Cecato, U, Fukumoto, NM, (2008) Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. Rev. Bras. Zootec. 37:990-997.

Rodrigues, NM, Saliba, EOS, Guimarães Jr, R, (2006) Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Anais. João Pessoa pp.323-352.

Rotz, CA, Taude, F., Russelle, MP, Oenema, J, Sanderson, MA, Wachendorf, M, (2005) Whole-farm perspectives of nutrient flows in grassland agriculture. *Crop Sci.* 45:2139-2159.

Russelle, MP, (1997) Nutrient cycling in pasture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, Anais. GOMIDE, J. A. (ed.) Viçosa, pp. 235-266.

Santos, IPA, Pinto, JC, Siqueira, JO, (2002) Influencia do fosforo, micorriza e nitrogenio no conteudo de minerais de *Brachiaria brizantha* e *Arachis pintoi* consorciados. *Rev. Bras. Zootec.* 31:605-616.

Silva, DJ, Queiroz, AC, (2002) Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa.

van Groenigen, JW, Velthof, G, van der Bolt, JE and Kuikman, PJ, (2005) Season variation in N₂O emissions from urine patches: Effects of urine concentration, soil compaction and dung. *Plant and Soil.* 273:15-27.

Van Soest, PJ, (1994) Nutrition ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press.

VEIGA, JCB, (1990) Utilização do capim elefante ob pastejo. In: Simpósio de Capim elefante, v.2, 1990, Coronel Pacheco. Anais. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, pp. 133-154.

WIHTE, UR, (2008) Nutrient dynamics in Bhaiagrass sward impacted by cattle excreta. Tese University of Florida.

Woodard, KR, Edwin CF, Lewin AS, et al. (2003) Nitrogen removal and nitrate leaching for two perennial, sod-based forage systems receiving dairy effluent. *J. Environ.* 32:996-1007.

Capítulo 2

Caracterização do solo e do sistema radicular em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob diferentes intensidades de pastejo¹

¹. Elaborado conforme normas da revista *Agriculture, Ecosystems & Environment*

Caracterização do solo e do sistema radicular em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob diferentes intensidades de pastejo

RESUMO - Estudos referentes ao sistema radicular de gramíneas forrageiras ainda são escassos, destoando da importância deste componente na produção e desenvolvimento das plantas. Da mesma forma, trabalhos relacionando medidas de manejo do pastejo e seus respectivos impactos sobre o solo ainda são necessários. Foram realizados dois experimentos de pastejo na Estação Experimental de Itambé-PE, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), objetivando avaliar a densidade, fertilidade do solo e características do sistema radicular em diferentes profundidades do solo, em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. cv. IRI 381 manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo (40, 80 e 120 cm) e *Brachiaria decumbens* Stapf. sob diferentes lotações animais (2, 4 e 6 UA/ha). Os ciclos de pastejo foram de 35 dias (32 dias de descanso e três dias de ocupação), na época chuvosa e 70 dias (67 dias de descanso e três dias de ocupação), na época seca, sendo utilizados bovinos mestiços holandês x zebu como animais experimentais, em ambos os experimentos. Nos dois experimentos foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com três repetições por tratamento. Foram retiradas amostras de solo em cinco profundidades, a cada 20 cm, da superfície até 1 m. Não foi observado efeito ($P>0,05$) das alturas de resíduo pós pastejo e lotações animais para as variáveis analisadas. A camada superficial do solo (0-20 cm) apresentou maior comprimento radicular (59 e 54 cm/200 g solo), densidade de comprimento radicular (0,37 e 0,33 cm/cm³) e biomassa radicular (2,04 e 2,84 Mg/ha), bem como estoque de carbono (61 e 91 Mg.ha⁻¹), respectivamente para o capim elefante e a braquiária. A camada de 0-20 cm apresentou maior teor de P, independente da gramínea estudada. A braquiária acumula maior quantidade de carbono no solo, em virtude de sua maior capacidade de cobertura do mesmo, sendo esse estoque maior nas camadas superficiais. O sistema radicular de ambas as espécies concentra-se principalmente na camada de 0-20 cm, todavia, *B. decumbens* apresentou maior biomassa radicular em camadas mais profundas do solo quando comparada ao *P. purpureum*.

Palavras chaves: Fertilidade, Carbono, Raiz, Capim elefante.

Characterization of soil and root system in pastures of tropical grasses under different grazing intensities

Abstract: Studies on the root systems of tropical grasses are still scarce, diverging from the importance of this component in plant production and development. Similarly, studies relating measures of grazing management and their impacts on soil are still needed. Two grazing experiments were carried out at the Experimental Station of Itambé –PE, from the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA). The objective was to evaluate soil density, soil fertility, and characteristics of root system at different soil layers in *Pennisetum purpureum* Schum cv IRI 381 pastures managed under different post-grazing stubble heights (40, 80, and 120cm) and *Brachiaria decumbens* Stapf. pastures managed under different stocking rates (2, 4, and 6 AU/ ha). Grazing cycle was 35 days (32 days resting period and three days of grazing period) in the rainy season and 70 days (67 days resting period and three days grazing period) in the dry season. Crossbred Holstein-Zebu cattle were used as experimental animals and a complete randomized block design was applied, with three replications per treatment, for both experiments. Soil samples were collected at five soil layers, from the soil surface down to 1 m depth, every 20 cm. There was no effect ($P > 0.05$) of post-grazing stubble heights to the studied variables. The shallower soil layer (0-20 cm) showed greater root length (59 and 54 cm/200 g soil), root length density (0.37 and 0.33 cm/cm³), root biomass (2,04 and 2,84 Mg/ha), and carbon storage (61 and 91 Mg.ha⁻¹), respectively to elephant grass and *Brachiaria*. The layer of 0-20 cm presented higher soil P concentration regardless of the grass. *Brachiaria* accumulated more C in the soil due to its greater capacity of soil coverage, with greater C stock at the upper layers. Root system of both species occurred mainly at the 0-20 cm layer, however, *B. decumbens* presented greater root biomass at deeper soil layers compared to *P. purpureum*.

Index terms: Fertility, Carbon, Root, elephant grass.

1. Introdução

No Brasil, a produção pecuária é predominantemente extensiva e tem como base alimentar dos rebanhos a exploração de pastagens nativas ou cultivadas (Santos et al., 2002). Desta forma, as gramíneas tropicais como a *Brachiaria decumbens* Stapf e *Pennisetum purpureum* Shum vêm se destacando. Causas da redução na produção das plantas forrageiras nos trópicos incluem a acidez do solo, toxidez por Al e Mn, além da reduzida disponibilidade de nutrientes, em especial P e N (Silva e Ranno 2005). Somam-se a esses problemas a retirada de nutrientes do solo via produto animal sem a devida reposição (Zimmer e Correa, 1993) e o manejo deficiente das pastagens.

De maneira geral, a maior parte dos estudos com plantas forrageiras está relacionada à parte aérea, resultando em deficiência de informações sobre o sistema radicular dessas plantas (Cecato et al., 2004). Contudo, o crescimento das plantas se estabelece por dois processos: i) síntese de material orgânico pela parte aérea; e ii) absorção de água e nutrientes via raízes. Estes dois processos agem de forma integrada, visto que um complementa o outro (Muraro, 2004). Assim, o sistema radicular está em constante interação com a parte aérea, constituindo fonte de carboidratos e proteínas para o início da rebrota das forrageiras, após o pastejo. O sistema radicular vigoroso reduz o tempo de rebrota das plantas, aumentando a quantidade de ciclos de pastejo e, conseqüentemente, elevando a produtividade da planta forrageira, além de aumentar a tolerância das gramíneas ao estresse hídrico e competição por nutrientes (Monteiro e Neto, 2008).

A caracterização do sistema radicular das plantas forrageiras ajuda a definir práticas de preparo do solo e adubação, além de auxiliar o entendimento dos processos

ecofisiológicos básicos, principalmente aqueles relacionados com a nutrição mineral e o balanço hídrico das plantas (Gonçalves e Mello, 2000).

Estudos que abordam as estruturas e funções do sistema radicular são de grande importância para entender o desempenho e desenvolvimento das plantas cultivadas. Contudo, medir comprimento, volume, área e diâmetro das raízes demandam tempo e trabalho. Além disso, os métodos utilizados estão sujeitos a erros que podem limitar a precisão dos resultados (Zoon e Tienderen, 1990).

A densidade do comprimento e a superfície das raízes estão associados à absorção de nutrientes e, desta forma, estas características são importantes indicadores da capacidade de absorção de minerais, possibilitando maior desenvolvimento das plantas (Himmelbauer et al., 2002).

Com as atuais discussões sobre as mudanças climáticas globais, a utilização do solo passa a ter grande importância na mídia, principalmente referente à agricultura e pecuária. Os solos atuam como fonte ou dreno de gases que causam o efeito estufa, sendo a forma de atuação dependente do manejo adotado. Sistemas que aumentam a adição de resíduos vegetais e retêm carbono no solo são importantes para aumentar a capacidade de dreno de C-CO₂ atmosférico, contribuindo para a manutenção da temperatura global (Amado et al., 2001; Bayer et al., 2006).

A pesquisa sobre estoques de carbono nos solos tropicais tem crescido nos últimos anos, devido ao crescente interesse na quantificação do sequestro de carbono atmosférico no âmbito dos sistemas agrícolas (Zinn et al., 2005). Chapuis-Lardy et al. (2002) observaram que a conversão de áreas nativas em pastagens, promove aumento de carbono no solo, o que evidencia a importância das pastagens na manutenção da temperatura da terra. No entanto, em pastagens convencionais, com baixos níveis de

fertilidade e redução das propriedades físicas do solo, a baixa produção de biomassa reduz o teor de carbono no solo (Silva et al., 2004).

Diante da reduzida quantidade de informações geradas sobre o comportamento do sistema radicular de gramíneas tropicais e de como o manejo do pastejo afeta características do solo, notadamente na Zona da Mata de Pernambuco, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar o solo e o sistema radicular em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. cv. IRI 381, manejada sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e de *Brachiaria decumbens* Stapf., manejada sob diferentes lotações fixas.

2. Material e Métodos

Foram realizados dois experimentos de pastejo na Estação Experimental de Itambé-PE, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). O município de Itambé possui como coordenadas geográficas 07° 24' S e 35°06' W, localizado na microrregião da mata seca de Pernambuco, apresentando altitude aproximada de 190 m, com precipitação anual média de 1.200 mm e temperatura anual média de 25 °C (CPRH 2003). O total de chuvas acumuladas durante o período experimental (Figura 1) foi de 1.311 mm (ITEP, 2010).

Os solos predominantes em Itambé-PE classificam-se como ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Tb DISTRÓFICO, com horizonte A proeminente de textura médio argilosa, fase floresta tropical sub caducifólia e relevo suave ondulado (Jacomine, 2001; Embrapa, 2006).

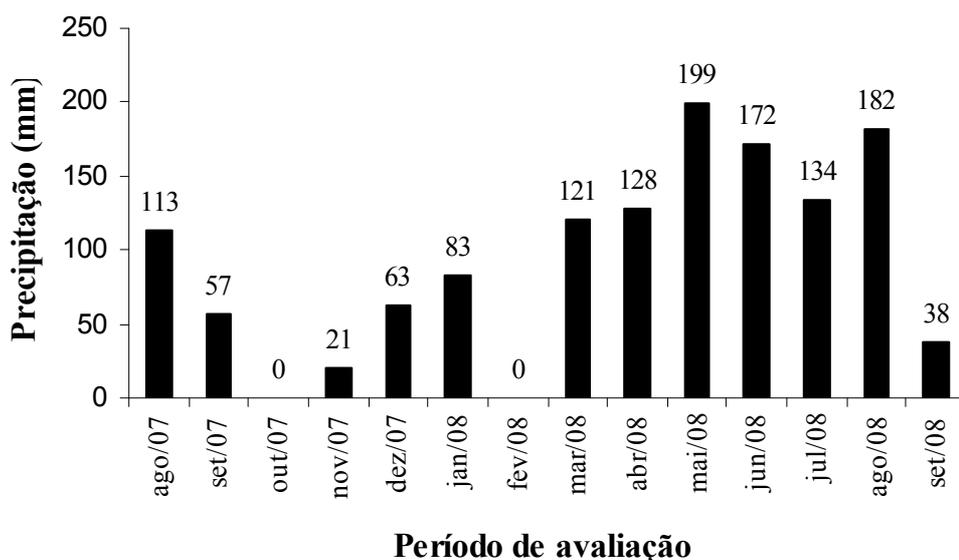


Figura 1. Precipitação pluvial na Estação Experimental de Itambé, no período de Agosto de 2007 a Setembro de 2008 (ITEP, 2010).

Os experimentos foram realizados no período de agosto de 2007 a setembro de 2008, avaliando características físicas e químicas do solo, além da caracterização do sistema radicular em diferentes profundidades de coleta. Os experimentos consistiram da avaliação em pastagens de *Pennisetum purpureum* cv. IRI 381, submetidas a três alturas de resíduo pós pastejo: 40, 80 e 120 cm (experimento 1) e *Brachiaria decumbens*, manejada com três taxas de lotação: 2, 4 e 6 UA/ha (experimento 2). O capim elefante foi estabelecido em julho de 2003. As parcelas de braquiária eram originalmente formadas pelo híbrido de *Pennisetum* sp. HV 241 (capim elefante x milheto), estabelecido na mesma época do IRI 381. Todavia, devido a problemas no estabelecimento, a área do HV 241 foi ocupada espontaneamente pela *Brachiaria decumbens*.

O manejo adotado foi o de lotação intermitente com carga variável, para o capim elefante, sendo o ajuste realizado com base na massa de forragem pré pastejo e altura do resíduo pós pastejo (40, 80 e 120 cm), ao longo do período de pastejo. No experimento de braquiária, as lotações (2, 4 e 6 UA/ha) foram fixas. No período chuvoso, a

permanência em cada piquete foi de três dias, seguido por um período de descanso de 32 dias, totalizando 35 dias de ciclo de pastejo. No período seco, o ciclo de pastejo foi de 70 dias, com três dias de pastejo e 67 dias de descanso. Após a saída dos animais dos piquetes, foram aplicados 300 kg/ha da fórmula 20-10-20 (N-P₂O₅-K₂O), sempre que a umidade do solo apresentava-se adequada para o aproveitamento do fertilizante, tendo sido realizadas cinco adubações referentes aos ciclos de pastejo de março, maio, junho, julho e agosto de 2008.

Amostras de solo compostas foram coletadas nas unidades experimentais, antes do início e no final do experimento, com o auxílio de um trado, em cinco camadas: 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 cm, em áreas pastejadas e em áreas excluídas do pastejo. As zonas de exclusão consistiram de áreas cercadas em cada unidade experimental, com aproximadamente 9 m², onde os animais não tinham acesso, com o objetivo de contrastar amostras de solo da área pastejada vs. área não pastejada.

Para o capim elefante, foram coletadas amostras de solo em seis pontos na área pastejada, sendo três nas linhas e três nas entrelinhas de plantio, mais dois pontos na área de exclusão, sendo um na linha e outro na entrelinha. As coletas de amostras de solo para a braquiária foram realizadas em sete pontos na área do piquete, mais um ponto na área de exclusão. Após coletadas, as amostras foram misturadas, obtendo-se uma amostra composta por camada amostrada, para linha e entrelinha, nas áreas de exclusão e pastejadas para o capim elefante e amostras de áreas de exclusão e áreas pastejadas para a braquiária.

Após a coleta, as amostras foram secas ao ar e, em seguida, realizada a determinação da densidade, através do método da proveta de PVC de 100 cm³ e granulometria do solo (Embrapa 1979), bem como procedidas as análises químicas de pH (água), fósforo (P, Mehlich 1), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio

(Al), hidrogênio (H), carbono orgânico (CO) e matéria orgânica (MO), para cada camada amostrada, segundo metodologia descrita pela Embrapa (1979).

Para a quantificação da biomassa, comprimento radicular e densidade do comprimento de raízes foram utilizados 200 g de solo. As raízes foram separadas do solo, passando por um conjunto de peneiras com 2,0, 1,0 e 0,50 mm de malha. Para a quantificação do comprimento radicular, foi utilizado o método de linhas de interseção (Bland & Mesarch, 1990). Após quantificar o comprimento, as raízes foram pré secas em estufa de circulação, forçada a 65°, sendo, em seguida, pesadas em balança de precisão. A densidade do comprimento radicular foi calculada dividindo o comprimento de raízes pelo volume de solo avaliado. O estoque de carbono do solo foi calculado com base na densidade do solo, concentração de carbono orgânico e profundidade da camada avaliada (Veldkamp, 1994).

Os dados referentes ao sistema radicular e características do solo foram submetidos à análise de variância, por meio do pacote estatístico SAS (SAS 1996). Os dados obtidos no início do experimento foram utilizados como co variáveis em relação aos dados finais, para minimizar o efeito de possíveis diferenças iniciais na área estudada. As médias foram comparadas pelo procedimento PDIFF do SAS, por meio de contraste ortogonal. Foi realizado o teste T de student para comparação de espécies forrageiras em cada camada de solo, ao nível de 5% de probabilidade.

3. Resultados e discussão

Não foi observado efeito ($P>0,05$) das alturas de resíduo pós pastejo, lotações, linha e entre linha para o capim elefante e área de exclusão e pastejadas, independente da variável avaliada. Provavelmente, o período de avaliação de 13 meses foi insuficiente

para afetar as características do solo e sistema radicular das gramíneas, e/ou ainda, a baixa amplitude de variação observada entre as alturas de resíduo pós pastejo, no caso do capim elefante. As alturas de resíduo observadas não foram condizentes com os tratamentos desejados, as quais apresentaram médias de $71,5 \pm 18,1$; $98,7 \pm 12,9$; $117,0 \pm 9,6$ cm para os tratamentos de 40, 80 e 120 cm, respectivamente. Provavelmente a ausência de diferença entre os tratamentos foi decorrente de ações divergentes, como ataque de pragas, quantidades insuficientes de animais para o rebaixamento adequado do pasto e aumento do período de descanso do pasto (32 para 67 dias), além da qualidade da forragem, visto que os animais, quando em pastejo, exibem preferência em consumir partes mais palatáveis da planta, como folhas e colmos jovens, rejeitando os materiais mais velhos e com maior concentração de compostos de baixa digestão. Somado a esses fatores, prováveis erros nas medições de altura do pasto ocorreram, pois, após a saída dos animais dos piquetes, permaneciam perfilhos com altura elevada no meio da touceira, o que pode ter dificultado essas medidas de altura.

3.1. Sistema radicular, densidade, granulometria e estoque de carbono orgânico do solo

A densidade do solo não variou com as alturas de resíduo pós pastejo e lotação animal, bem como com as profundidades do solo ($P>0,05$) independente da espécie estudada (Tabela 1). Os dados revelam que nas camadas mais profundas o teor de argila foi maior independente da espécie estudada (Tabela 1). A camada de 0 a 20 cm apresentou 29,5% de argila; já a amostra representativa da camada de 80 a 100 cm apresentou 40,6% de argila. A elevação no percentual de argila nas camadas mais profundas pode dificultar o crescimento das raízes principalmente devido à

compactação do solo. Este resultado também foi observado por Roselem et al. (1999) que observaram que a compactação do solo é maior e mais frequente em solos mais argilosos. A proporção de areia apresentou-se de forma inversa a argila. Em camadas mais profundas, obteve-se menor porcentagem de areia, correspondente a 60% e 58% na camada de 0-20 (Tabela 1) e 44% e 46% na camada de 80-100 para a braquiária e capim elefante, respectivamente. O silte não apresentou variação significativa.

Tabela 1

Densidade do solo (DS) e granulometria do solo em pastagens de capim elefante manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e *Brachiaria decumbens* sob diferentes lotações animais

Profundidade do solo (cm)	Granulometria ^a						DS ^a	DS ^a
	Argila (<i>B.decumbens</i>)	Areia	Silte	Argila	Areia (IRI 381)	Silte	(<i>B.decumbens</i>) kg/dm ³	(IRI 381) kg/dm ³
	%							
0-20	27 b	60 a	13 a	29 b	58 a	13 a	1,24 a	1,21 a
20-40	35 ab	54 ab	11 a	35 ab	55 a	10 a	1,29 a	1,18 a
40-60	39 a	52 b	09 a	36 a	53 a	11 a	1,34 a	1,19 a
60-80	40 a	51 b	09 a	38 a	52 ab	10 a	1,35 a	1,18 a
80-100	43 a	44 c	13 a	41 a	46 b	13 a	1,30 a	1,24 a
Erro Padrão	9,6	8,2	1,4	8,6	8,1	1,5	0,08	0,07

^a Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo PDIFF do SAS por meio de contraste ortogonal.

As variáveis referentes ao sistema radicular apresentaram variação (P<0,05) de acordo com a profundidade do solo (Tabela 2). Observou-se maior comprimento e densidade de raízes do capim elefante na camada superficial, com, aproximadamente, 38% do comprimento das raízes presente nessa camada. Venzke Filho et al. (2004), estudando o comportamento das raízes de milho (*Zea mays*) e soja (*Glycine max* (L.) Merr), sob sistema de plantio direto, verificaram que, aproximadamente 36% e 30% das raízes, se concentraram na camada de 0-10 cm, havendo variação na concentração de raízes finas entre as espécies, com menor proporção para o milho. Sarmiento et al. (2008), estudando o *Panicum maximum* Jacq. sob lotação intermitente e adubação

nitrogenada (0; 150; 300 e 450 kg/ha.ano), encontraram concentração de 85% das raízes na camada de 0-20 cm, independente do nível de N aplicado.

A fertilidade do solo nesta camada pode explicar este comportamento no crescimento das raízes. A camada superficial na área experimental apresentou maior concentração de P, elemento essencial para o crescimento das raízes, sendo observado 12,2 mg/dm³ na camada de 0-20, enquanto nas demais profundidades o teor deste mesmo elemento variou de 6,1 a 2,7 mg/dm³ (Tabela 4). Costa et al. (2009a) estudando a distribuição de P e raízes e crescimento do milho observaram que a maior concentração de P nas camadas iniciais do solo garante maior densidade de raízes nesta camada.

Para a *B. decumbens* foi observado comportamento similar ao apresentado pelo capim elefante, com maior concentração das raízes na primeira camada do solo (Tabela 2). O comprimento e densidade de comprimento de raízes apresentaram variação de 16 a 54 cm/200g de solo e 0,10 a 0,33 cm/cm³, respectivamente. Essa redução do sistema radicular em camadas mais profundas do solo está relacionada com o menor teor de nutrientes, bem como ao maior teor de argila e densidade do solo, observados nestas camadas, os quais dificultam o crescimento das raízes, devido a resistência à penetração. Costa (2004) estudando a distribuição do fósforo, do potássio, das raízes e o rendimento do milho, cultivado em diferentes sistemas de manejo do solo e de adubação a longo prazo e De Maria et al (1999), estudando o efeito da rotação de cultura nas propriedades químicas do solo observaram maiores densidade de raízes nas primeiras camadas do solo. Segundo os mesmos autores, o acúmulo de P e a maior disponibilidade de água nestas camadas mais superficiais, constituem fatores primordiais para a maior presença de raízes.

O comprimento e densidade de raízes na camada de 0-20 cm foram superiores para o capim elefante ($P = 0,038$), quando comparado com a braquiária, o que pode demonstrar a necessidade de maior sustentação da planta, em função do seu hábito de crescimento e peso da parte aérea. Nas demais camadas de solo não houve diferença ($P > 0,05$) para essas variáveis. A pequena diferença encontrada entre as espécies se deve a dificuldade de coletar somente raízes das espécies desejadas, sobretudo nas áreas com capim elefante, em virtude do grau de invasão por outras espécies, principalmente, a *B. decumbens*, que se mostrou a segunda espécie em participação na composição botânica do pasto de capim elefante. Oliveira et al (2008) observaram na mesma área do presente trabalho aproximadamente 18,8% de participação de outras espécies no pasto de capim elefante clone IRI 381, submetido a 40 cm de altura de resíduo pós pastejo.

Tabela 2

Comprimento radicular (CR) e densidade de comprimento de raízes (DCR) em pastagens de capim elefante manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e *B. decumbens* sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE.

Profundidade do solo (cm)	CR ^a		Teste T ^b Prob.	DCR ^a		Teste T ^b Prob.
	(<i>B. decumbens</i>) (cm/200g de solo)	(IRI 381)		(<i>B. decumbens</i>) (cm/cm ³)	(IRI 381)	
0-20	54 a	59 a	0,038	0,33 a	0,37 a	0,038
20-40	29 b	30 b	0,405	0,19 b	0,17 b	0,405
40-60	21 bc	27 bc	0,195	0,14 bc	0,16 bc	0,195
60-80	19 c	24 bc	0,178	0,12 c	0,14 bc	0,178
80-100	16 c	20 c	0,473	0,10 c	0,12 c	0,473
Erro Padrão	2,9	3,3		0,01	0,03	

^a Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo PDIFF do SAS por meio de contraste ortogonal.

^b O teste T de student refere-se à comparação entre espécies forrageiras para cada variável, dentro de cada camada de solo avaliada.

A camada de 0-20 cm também apresentou maior biomassa de raízes, independente da espécie estudada, apresentando 2,04 e 2,84 Mg/ha para o *B. decumbens* e capim elefante, respectivamente (Tabela 3), contrastando com uma média de 0,88 e 0,78 Mg/ha nas demais camadas analisadas. A biomassa total de raízes no perfil de 0 a

100 cm foi de 5,31 e 5,98 Mg/ha para a *B. decumbens* e capim elefante. Provavelmente, a maior biomassa de raízes na camada superficial também deve estar relacionada com a maior fertilidade do solo nesta camada. Sarmento et al. (2008), estudando o efeito da adubação nitrogenada sobre o sistema radicular do *Panicum maximum*, também observaram maior massa de raízes na camada de 0-20 cm.

Na camada superficial (0-20 cm), a biomassa de raízes foi similar entre as espécies forrageiras. O capim elefante apresentou maior biomassa radicular na camada de 20-40 cm, reduzindo nas demais camadas. Já a braquiária apresentou maior biomassa nas camadas mais profundas do solo (40-60, 60-80 e 80-100 cm). Provavelmente, essa redução na biomassa de raízes nas camadas mais profundas para o IRI 381 está relacionada com o menor pH observado nesta camada, bem como a maior concentração de Al^{+3} , visto que a *B. decumbens* apresenta maior tolerância a este elemento. Esta maior tolerância da braquiária está associada a mecanismos adaptativos, que permitem acúmulo de Al^{+3} nos tecidos, por meio de desintoxicação interna (Wenzl et al., 2002) através da eliminação de ácidos orgânicos pelo ápice das raízes (Hartwig et al., 2007). Em estudo de hidroponia, foi observada maior tolerância a este elemento da *B. decumbens*, quando comparada aos genótipos mais tolerantes de trigo (*Triticum aestivum*), milho e triticales (*Triticosecale rimpaii Wittm*) (Wenzl et al., 2001).

A utilização de pastagens é uma alternativa de menor impacto ambiental quando comparada com sistemas intensivos de criação. Contudo deve-se levar em consideração o tipo de manejo adotado. Pastagens, quando bem manejadas, apresentam elevada cobertura de solo, reduzindo perdas por erosão, além de possibilitar manutenção da fertilidade do solo (Dubeux et al., 2006a). Entretanto, se as pastagens são mal manejadas, com baixa adoção de insumos, pode ocorrer processo de degradação,

prejudicando o meio ambiente, através dos processos de liberação de C para a atmosfera.

O estoque de carbono foi influenciado pelas diferentes profundidades do solo ($P < 0,05$) apresentando estoque total de 358 e 214 Mg ha⁻¹ para a *Brachiaria decumbens* e capim elefante, respectivamente. A braquiária demonstrou maior quantidade de carbono nas duas primeiras camadas (0-40 cm), reduzindo na camada de 60-100 cm; a camada de 40-60 demonstrou comportamento intermediário. A maior concentração e conteúdo de carbono nas camadas superficiais do solo estão intimamente relacionadas com a deposição de material de origem vegetal e animal sobre a superfície do solo, além da presença de raízes em maior concentração nestes horizontes. Em estudo conduzido por Costa et al. (2009b), foi observado maior estoque de carbono na camada superficial do solo (0-20 cm), com melhores resultados para pastagens de braquiária bem manejadas em relação a áreas de mata e pastagens em estado de degradação, o que para os autores, isso ocorre devido a maior concentração de raízes nesta camada, que aumenta a disponibilidade de matéria orgânica. O estoque de carbono do IRI 381 mostrou redução, à medida que a profundidade do solo foi aumentando, com estoques de 65 e 27 Mg.ha⁻¹ nas camadas de 0-20 e 80-100, respectivamente.

O estoque de carbono da *B. decumbens* foi superior ao do capim elefante ($P < 0,05$), independente da camada estudada, com média de 29 Mg.ha⁻¹ de diferença (Tabela 3). Provavelmente, a maior concentração de carbono orgânico (CO) no solo, aliada à maior capacidade de cobertura do solo pela braquiária e maior presença de raízes, contribuíram para esta diferença. Kanno et al. (1999) destaca a importância das raízes para a manutenção da condição do solo, visto que as mesmas podem contribuir com mais de 50% da serrapilheira depositada e, conseqüentemente, maior estoque de carbono no solo. Outro fator que pode explicar este comportamento é a maior presença

de serrapilheira, oriunda da parte aérea nas parcelas da braquiária, podendo ter favorecido esta maior concentração de carbono no solo. Dubeux et al. (2006b e 2006c) definem a serrapilheira como resíduo vegetal que se origina da senescência das plantas, e que são depositadas sobre o solo, sendo a mesma importante compartimento de nutrientes da pastagem, pois atuam na imobilização e posterior mineralização da matéria orgânica, agindo como tampão em sistema intensivo de produção.

Atualmente, o sequestro de carbono da atmosfera é apontado como fator positivo que as pastagens, quando bem manejadas, podem apresentar. Fisher et al. (1994) relatam que o balanço global de dióxido de carbono da atmosfera, sugere retenção de, aproximadamente, 0,4 a 4,3 Gt por ano, através de drenos não identificados. Contudo, grande parte deste carbono é fixado nos ecossistemas de pastagens. Estes autores relatam que o processo de sequestro de carbono, oriundo de gramíneas tropicais de sistema radicular profundo, na América do Sul, apresenta importância global, visto que a produção animal nesta região é realizada basicamente a pasto.

Em estudo, comparando diferentes áreas de produção agrícola e uso para a pecuária, Marchão et al. (2009) observaram que áreas de pastagens cultivadas no Brasil Central, apresentaram 52,2 e 53,2 Mg C.ha⁻¹ para áreas manejadas de forma rotativa e contínua, respectivamente. Em outros estudos foram obtidos valores de 54, 31 e 41 Mg C.ha⁻¹ para a camada de 0-20 cm, sendo os mesmos semelhantes aos valores observados para o capim elefante (d'Andre'a et al., 2004; Silva et al., 2004; Bayer et al., 2006).

Tabela 3

Biomassa radicular (BR) e estoque de carbono (EC) em pastagens de capim elefante manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e *B. decumbens* sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE

Profundidade do solo (cm)	BR ^a		Teste T ^b Prob.	EC ^a		Teste T ^b Prob.
	(<i>B. decumbens</i>) (Mg/ha)	(IRI 381)		(<i>B. decumbens</i>) Mg.ha ⁻¹	(IRI 381)	
0-20	2,04 a	2,84 a	0,147	93 a	65 a	0,037
20-40	1,11 b	1,59 b	0,021	91 a	52 b	0,026
40-60	0,74 b	0,57 bc	0,002	74 ab	38 c	0,017
60-80	0,78 b	0,59 bc	0,002	62 b	32 cd	0,022
80-100	0,64 b	0,39 c	0,022	38 b	27 d	0,036
Total	5,31	5,98		358	214	
Erro Padrão	0,22	0,47		18	6,2	

^a Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo PDIFF do SAS por meio de contraste ortogonal.

^b O teste T de student refere-se à comparação entre espécies forrageiras para cada variável, dentro de cada camada de solo avaliada.

3.2. Fertilidade do solo

O pH e a concentração de P do solo nas pastagens de capim elefante variaram de acordo com as profundidades estudadas (Tabela 4). O P variou de 12,2 a 3,1 mg/dm³, sendo a maior concentração obtida na camada superficial (P<0,05). Este resultado provavelmente está relacionado a deposição de resíduos vegetais e animais, que melhoram a condição do solo nas camadas mais superficiais. O pH variou de 5,5 a 5,0, tornando-se mais ácido nas camadas mais profundas do solo. Este fato usualmente ocorre devido à maior atividade do H e Al nessas camadas.

Não foi observado efeito das profundidades sobre o pH do solo, para a *B. decumbens* (P>0,05), apresentando média inferior a 5,7. Estudos realizados em áreas de cana de açúcar, pastagens de braquiária e capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq) demonstraram valores de pH variando de 5,7 a 5,2 (Souza et al., 2004; Teixeira et al., 2003; Yodayaga et al., 2006; Silva et al., 2009).

A concentração de fósforo decresceu, à medida que a profundidade do solo aumentou, variando de 18,9 (0-20 cm) a 2,5 mg/dm³ (60-100 cm). A camada de 0-20 cm apresentou maior concentração de P, quando comparada às demais camadas estudadas (P<0,05), fato esse, possivelmente associado à deposição de resíduos na superfície do solo e adubação fosfatada.

Com exceção das camadas de 20-40 e 80-100 cm, o pH do solo da *B. decumbens* foi superior ao do capim elefante (P<0,05). Provavelmente, a espécie mais afetada com as condições de fertilidade do solo foi o capim elefante por ser mais exigente em fertilidade. Para o fósforo, as camadas de 20-40 e 80-100 cm apresentaram diferença entre as espécies, com maior concentração de P para a braquiária na camada mais superficial e para capim elefante na camada mais profunda do solo.

Tabela 4.

Concentração de fósforo (P) e pH do solo em pastagens de capim elefante e *B. decumbens* manejadas sob diferentes intensidades de pastejo; Itambé-PE.

Profundidade do solo (cm)	pH ^a		Teste T ^b Prob.	P ^a		Teste T ^b Prob.
	(<i>B. decumbens</i>) (água – 1:2,5)	(IRI 381)		(<i>B. decumbens</i>) (mg/dm ³)	(IRI 381)	
0-20	5,66 a	5,41 a	0,040	18,9 a	12,2 a	0,239
20-40	5,33 a	5,48 a	0,096	8,7 b	6,1 b	0,045
40-60	5,23 a	5,05 b	0,029	3,3 bc	6,3 b	0,355
60-80	5,11 a	5,02 b	0,153	2,5 c	2,7 b	0,409
80-100	4,92 a	4,99 b	0,017	2,5 c	3,1 b	0,038
Erro Padrão	0,22	0,19		1,88	1,98	

^a Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo PDIFF do SAS por meio de contraste ortogonal.

^b O teste T de student refere-se à comparação entre espécies forrageiras para cada variável, dentro de cada camada de solo avaliada.

O solo dos pastos de capim elefante apresentou variações quanto à concentração de Ca e Al, em função das profundidades do solo (Tabela 5). A concentração de Ca foi maior nas camadas superficiais (P<0,05). O teor de Al aumentou consideravelmente nas camadas mais profundas, o que pode explicar um menor desenvolvimento do sistema radicular nessas profundidades. Esse aumento do Ca e redução do Al pode estar

associado ao maior pH, que promove maior disponibilidade de Ca e Mg (Silva e Ranno, 2005), além de reduzir a concentração de alumínio (Amaral et al., 2000) bem como, a maior concentração de MO nas camadas superficiais do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes para o sistema. Segundo Beutuler et al. (2001), a toxidez causada pelo Al é um dos fatores que limitam o crescimento e a produção vegetal em solos ácidos, principalmente em pH inferior a 5,0. Vale ressaltar que o baixo pH e a alta concentração de Al são condições encontradas na maioria dos solos tropicais. Quando esses elementos se encontram em níveis tóxicos às plantas, causam danos ao sistema radicular, resultando na exploração de menor volume de solo pelas plantas e prejudicando a absorção de água e nutrientes.

As concentrações de Ca e Al apresentaram comportamento inverso. A camada inicial foi superior às demais camadas ($P < 0,05$), com concentração de $2,92 \text{ cmolc/dm}^3$, enquanto as demais profundidades variaram de $1,92$ a $1,11 \text{ cmolc/dm}^3$. A concentração do Al no solo de *B. decumbens* foi maior ($P < 0,05$) nas camadas de 20-100 cm. Esse maior teor de Al nas camadas mais profundas está relacionado ao menor pH, bem como a menor concentração de P, CO e MO nestas camadas.

A camada de 0-20 cm apresentou maior teor de Ca e menor teor de Al ($P < 0,05$) na área da Braquiária (Tabela 5). Nas demais camadas não foram observadas diferenças significativas para esses elementos. Os níveis de Al atingiram maiores valores nas camadas mais profundas ($> 20 \text{ cm}$), podendo ter causado toxidez e redução no desenvolvimento radicular, sobretudo do capim elefante, que é menos tolerante a este elemento (Martins et al., 2005).

Tabela 5

Concentração de Ca e Al em solo de pastagens de capim elefante manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e *B. decumbens* sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE.

Profundidade do solo (cm)	Ca ^a		Teste T ^b	Al ^a		Teste T ^b
	(<i>B.decumbens</i>)	(IRI 381)		(<i>B.decumbens</i>)	(IRI 381)	
	cmolc/dm ³		Prob.	Cmolc/dm ³		Prob.
0-20	2,92 a	2,12 a	0,04	0,09 b	0,31 c	0,04
20-40	1,92 b	2,82 a	0,01	0,64 a	0,62 b	0,17
40-60	1,38 c	1,63 a	0,32	0,83 a	0,82 a	0,33
60-80	1,22 c	1,51 b	0,15	0,73 a	0,84 a	0,30
80-100	1,11 c	1,33 b	0,16	0,68 a	0,77 a	0,42
Erro Padrão	0,41	0,44		0,17	0,16	

^a Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo PDIFF do SAS por meio de contraste ortogonal.

^b O teste T de student refere-se à comparação entre espécies forrageiras para cada variável, dentro de cada camada de solo avaliada.

A concentração de potássio (K) e sódio (Na) não foram influenciadas pelas profundidades do solo ($P > 0,05$). A concentração de K das espécies não apresentou variação nas camadas iniciais do solo (Tabela 6), nas demais camadas foi observada maior concentração deste mineral para a *B. decumbens* ($P < 0,05$). Para o Na não foi observada diferença entre as espécies na camada superficial (0-20). Nas demais profundidades a braquiária apresentou maior concentração em relação ao capim elefante ($P < 0,01$).

Tabela 6

Concentração de potássio (K) e sódio (Na) em solo de pastagens de capim elefante manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e *B. decumbens* sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE

Profundidade do solo (cm)	K ^a		Teste T ^b	Na ^a		Teste T ^b
	(<i>B.decumbens</i>)	(IRI 381)		(<i>B.decumbens</i>)	(IRI 381)	
	cmolc/dm ³		Prob.	cmolc/dm ³		Prob.
0-20	0,36 a	0,39 a	0,32	0,43 a	0,47 a	0,56
20-40	0,33 a	0,43 a	0,08	1,47 a	0,52 a	0,01
40-60	0,25 a	0,13 a	0,03	2,32 a	0,48 a	0,01
60-80	0,18 a	0,09 a	0,01	1,12 a	0,46 a	0,01
80-100	0,16 a	0,08 a	0,01	2,08 a	0,53 a	0,01
Erro Padrão	0,71	0,39		1,75	0,08	

^a Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo PDIFF do SAS por meio de contraste ortogonal.

^b O teste T de student refere-se à comparação entre espécies forrageiras para cada variável, dentro de cada camada de solo avaliada.

As concentrações de carbono orgânico (CO) e matéria orgânica (MO) para a *B. decumbens* não apresentaram variação, de acordo com a profundidade do solo (Tabela 7), com médias variando de 34,98 a 17,73 g/kg e 60,34 e 30,55 g/kg para o CO e MO, respectivamente. Para o capim elefante, as concentrações de CO não variaram ($P>0,05$), apresentando médias de 23,53 e 15,05 g/kg, nas camadas de 0-20 e 80-100 cm. A matéria orgânica foi superior nas camadas mais superficiais, apresentando concentração de 46,64 e 39,35 g/kg, nas camadas de 0-20 e 20-40, respectivamente. As demais camadas variaram de 27,43 a 18,73 g/kg. A maior concentração obtida nesta camada é esperada, devido ao acúmulo de material sobre a superfície do solo, principalmente de origem vegetal, pois estes resíduos apresentam distribuição mais uniforme, contribuindo para a manutenção da fertilidade na área da pastagem. Teixeira et al. (2003), estudando variação dos teores de pH, carbono orgânico e micronutrientes, em diferentes profundidades de um ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, sob diferentes sistemas de preparo, observaram maior concentração de carbono orgânico nas camadas superficiais, com média de 26,03 g/kg. Araújo et al. (2008), estudando a influência de fontes de MO nas características químicas do solo, observaram que a matéria orgânica contribuiu para melhoria das características relacionadas à fertilidade do solo, aumentando os teores de K e P.

De maneira geral, a braquiária mostrou-se superior ao capim elefante ($P<0,05$), para o CO e MO do solo, com exceção da camada de 0-20 cm, onde não foi observada diferença entre as espécies ($P=0,39$). Mais uma vez, o hábito de crescimento da braquiária pode ter relação com esse resultado, pois, devido a maior cobertura do solo desta espécie, há maior distribuição de serrapilheira e raízes. Contudo, a qualidade dos resíduos provenientes desta espécie é baixa. Silva (2009), estudando a decomposição e composição química de serrapilheira de *Brachiaria decumbens*. e *Calopogonium*

mucunoides Desv em Itambé, observou alta relação C/N para a *B. decumbens* o que possibilitou maior imobilização de nutrientes o qual pode garantir maior retenção de C no solo.

Tabela 7.

Concentração de carbono orgânico (CO) e matéria orgânica (MO) em pastagens de capim elefante manejadas sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo e *B. decumbens* sob diferentes lotações fixas; Itambé-PE.

Profundidade do solo (cm)	CO ^a		Teste T ^b Prob.	MO ^a		Teste T ^b Prob.
	(<i>B. decumbens</i>) g/kg	(IRI 381)		(<i>B. decumbens</i>) g/kg	(IRI 381)	
0-20	34,98 a	23,53 a	0,398	60,34 a	46,64 a	0,398
20-40	33,92 a	21,18 a	0,040	58,46 a	39,35 a	0,040
40-60	27,73 a	16,36 a	0,027	47,80 a	27,43 b	0,027
60-80	24,63 a	15,86 a	0,028	42,43 a	23,36 bc	0,028
80-100	17,73 a	15,05 a	0,036	30,55 a	18,73 c	0,036
Erro Padrão	7,65	2,71		13,19	4,70	

^a Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo PDIFF do SAS por meio de contraste ortogonal.

^b O teste T de student refere-se à comparação entre espécies forrageiras para cada variável, dentro de cada camada de solo avaliada.

Os resultados da presente pesquisa revelam que as camadas superficiais do solo apresentam condições de fertilidades superiores às demais, o que possibilita nestas profundidades melhor desenvolvimento do sistema radicular do capim elefante e da *B. decumbens*, além de evidenciar o potencial das pastagens com relação a retenção de carbono.

4. Conclusões

1. As alturas de resíduo pós pastejo e as lotações animais não alteraram as características químicas do solo e do sistema radicular, no período avaliado.
2. As profundidades de coleta apresentaram diferenças no sistema radicular e estoque de carbono da *B. decumbens* e capim elefante.
3. A pastagem de braquiária apresentou maior desenvolvimento de raízes nas camadas profundas do solo, em comparação com pastagens de capim elefante, provavelmente

devido à maior tolerância ao Al tóxico e acidez. Assim, o capim braquiária apresenta maior potencial para reter C nas camadas mais profundas do solo sob condição prevaiente de acidez e níveis elevados de Al em solos de pastagens tropicais localizadas em regiões mais úmidas.

Referências

Amado, T.J.C.; Bayer, C., Eltz, F.L.F., Brum, A.C.R., 2001. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. Rev. Bras. Ciên. Solo, 25, 189-197.

Amaral, J.A.T., Cordeiro, A.T., Rena, A.B., 2000. Efeitos do alumínio, nitrato e amônio sobre a composição de metabólitos nitrogenados e de carboidratos em *Stylosanthes guianensis* e *Stylosanthes macrocephala*. Pesq. Agro. Bras., 35, 313-320.

Araujo, L.C., Santos, A.C., Ferreira, E.M., Cunha, O.F.R., 2008. Fontes de matéria orgânica como alternativa na melhoria das características químicas do solo e na produtividade do Capim Mombaça. Ver. Acad. Ciên. Agra. Amb. 6, 65-72.

Bayer, C.; Martin Neto, L.; Mielniczuk, J.; Pavinato, A. & Dieckow, J. 2006. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. Soil & Tillage Research. 86, 237-245.

Beutler, A.N., Fernandes, L.A., Faquin, V., 2001. Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais. Rev. Bras. Ciên. Solo, 24, 923-928.

Bland, W.L., Mesarch, M.A., 1990 Counting error in the line-intercept method of measuring root length. Plant and Soil, 125, 155-157.

Cecato, U., 2004. Sistema radicular – componente esquecido das pastagens. In: Pereira, O.G., Anais. do II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa, pp.109-158.

Chapuis-Lardy, L., Brossard, M., Lopes Assad, M.L., Laurent, J.Y., 2002. Carbon and phosphorus stocks of clayey Ferralsols in Cerrado native and agroecosystems. Brazil. Agric. Ecosys. Environ. 92, 147–158.

Costa, S.E.V.G.A., 2004. Distribuição do fósforo e potássio, raízes e rendimento do milho em sistema de manejo do solo e da adubação a longo prazo. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pp. 116.

Costa, S.E.V.G.A., Souza, E.D., Anghinoni, I., Flores, J.P.C., Cao, E.G., Holzschuh, M.J., 2009a Phosphorus and root distribution and corn growth as related to long-term tillage systems and fertilizer placement Rev. Bras. Ciên. Solo. 33, 1237-1247.

Costa, O.V., Cantarutti, R.B., Fontes, L.E.F., Costa, L.M., Nacif, P.G.S., Faria, J.C., 2009b. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. *Rev. Bras. Ciên. Solo.* 33, 1137-1145.

CPRH – Companhia Pernambucana do Meio Ambiente., 2005. Diagnóstico sócio ambiental do Litoral Norte de Pernambuco. Recife, Brazil.

D'Andréa, A.F., Silva, M.L.N., Curi, N., Guilherme, L.R.G., 2004. Estoque de carbono e formas de nitrogênio mineral em solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesq. Agro. Bras.* 39, 179-186.

DeMaria, I.C., Nnabude, P.C., Castro, O.M., 1999. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferrasolin shouthern Brazil. *Soil & Tillage Research* 51, 71-79.

Dubeux Jr., J.C.B., Sollenberger, L.E., Vendramini, J.M.B., 2006b. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed different intensities. *Crop Science* 46, 1299-1304.

Dubeux Jr., J.C.B., Sollenberger, L.E., Vendramini, J.M.B., 2006c Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. *Crop Science.*, 46, 1305-1310.

Dubeux Jr, J.C.B., Lira, M.A., Santos, M.V.F., Cunha, M.V., 2006a. Fluxo de nutrientes em ecossistema de pastagens: impactos no ambiente e na produtividade. In: Pedreira, C.G.S., Moura, J.C., Silva, S.C. & Faria, V.P. (Eds), *As pastagens e o meio ambiente. Anais. do 23º Simpósio sobre o manejo das pastagens.* Piracicaba, pp. 439-493.

EMBRAPA, 2006. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 2a Edition – EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, Brazil.

EMBRAPA, 1979. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, Brazil.

Fisher, M.J.; Rao, I.M.; Ayarza, M.A.; Lascano, C.E.; Sanz, J.I.; Thomas, R.J.; and Vera, R.R., 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* 371, 236–238.

Gonçalves, J.L.M., Mello, S.L.M., 2000. O sistema radicular das árvores. In: *Nutrição e fertilização de florestas.* Piracicaba, pp. 221-267.

Hartwig, I., Oliveira, A.C., Carvalho, F.I.F., Bertan, I., da Silva, J.A.C., Schmidt, D.A.M., Valério, I.P., Maia, L.C., Fonseca, D.A.R., dos Reis, C.E.S., 2007. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. *Ciên. Agrá.* 28, 219-228.

Himmelbauer, M.; Loiskandl, W.; Kastanek, F., 2002. Estimation of root morphological characteristics using Images analyses systems. In: *WCSS, 17., 2002, Thailand. Proceedings Thailand,* pp. 14-21.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO., 2010. Disponível em: <http://www.itep.br>. Acesso em 15/01/2010.

Jacomine, P.K.T., 2001. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros, Anais. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju pp. 19-46.

Kanno, T., Macedo, M.C.; Euclides, V.P.B.; Bono, J.A.; Santos, J.D.G.; Rocha, M.C.R.; and Beretta, L.G.R., 1999. Root biomass of five tropical grass pastures under continuous grazing in Brazilian savannas. *Grassl. Sci.* 45, 9–14.

Marchão, L.R., Becquer, T., Brunet, D., Baldino, N.C., Vilela, L., Brossard, M., 2009. Carbon and nitrogen stocks in a Brazilian clayey Oxisol: 13-year effects of integrated crop–livestock management systems. *Soil & Tillage Research* 103 442–450.

Martins, C.E., Gomes, F.T., Cóser, A.C., Machado, V.S., Fernandes, N.R.A., Alves, F.C.T., Freitas, A.T., 2005. Avaliação de genótipos de capim elefante quanto a tolerância ao alumínio.. In: 19a Reunión de la Associação Latinoamericana de produção animal. Anais. 33a Reunión de la Asociación de Produccion Animal.

Monteiro, F.A. e Consolmagno Neto, D., 2008. Sistema radicular do capim-tanzânia adubado com potássio e magnésio. *Rev. Bras. Zootec.* 37, 810-818.

Muraro, M.R., 2004. Componentes físicos do sistema de raízes de pastagem de inverno formado pelo consorcio aveia e azevem no sistema de integração lavoura e pecuária. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, pp. 63.

Oliveira, O.F., Santos, M.V.F., Lins, M.M., 2008. Composição botânica e solo descoberto de pastagens de *Pennisetum* sp. sob diferentes alturas de resíduo pós pastejo In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFRPE (CD ROM), Anais. Recife.

Rosolem, C.A., Fernandez, E.M., Andreotti, M., Crusciol, C.A.C., 1999. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. *Pesq. Agrop. Bras.* 34, 821-828.

Santos, H.Q., Fonseca, D.M., Cantarutti, R.B., Alvarez, V.H., Nascimento Jr, D., 2002. níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramínea forrageiras tropicais em diferentes idades. **Rev. Bras. Ciên. Solo** 26, 173-182.

Sarmiento, P., Rodrigues, L.R.A., Cruz, M.C.P., Lugão, S.M.B., Campos, F.P., Centurion, J.F., Ferreira, M.E., 2008. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. *Rev. Bras. Zootec.* 37, 27-34.

SAS Inst.Inc. SAS statistics user's guide., 1996. Release version 6. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Silva, J.E., Resck, D.V.S., Corazza, E.J., Vivaldi, L., 2004. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. *Agric. Ecosys. Environ.* 103, 357-363.

Silva, L.E. & Ranno, S.K., 2005. Calagem em solos de várzea e a disponibilidade de nutrientes na solução do solo após o alagamento. *Ciê. Rural* 35, 1054-1061.

Silva, S.C. da, Bueno, A.A.O., Carnevalli, R.A., Uebeli, M.C., Bueno, F.O., Hodgson, J. Matthew, C., Arnold G.C., Morais, J.P.G. da., 2009. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Panicum maximum* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. *Sci. agric.* 66, 8-19.

Silva, H.M.S., 2009. Decomposição e composição química de liteira de *Brachiaria decumbens* STAPF e *Calopogonium mucunoides* DESV. 68p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, pp. 68.

Souza, Z.M. de, Marques Jr, J., Pereira, G.T., 2004. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Ciê. Rural* 34, 1763-1771.

Teixeira, I.R., Souza, C.M., Borem, A., Sliva, G.F., 2003. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo. *Bragantia.* 62, 119-126.

Veldkamp, E., 1994. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. *Soil Scie. Soci. Amer. J.* 58, 175-180.

Venzke Filho, S.de.P., Feigl, B.J., Piccolo, M.C., Fante Jr, L., Siqueira Neto, M., Cerri, C.C., 2004. Root systems and soil microbial biomass under no-tillage system. *Sci. agric.* 61, 529-537.

Ydoyaga, D.F., Lira, M.A., Santos, M.V.F., Dubeux Jr, J.C.B., Silva, M.C., Santos, V.F., Fernandes, A.P.M., 2006. Métodos de recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. no Agreste Pernambucano. *Rev. Bras. de Zootec.* 35, 699-705.

Wenzl, P., Chaves, A.L., Patiño, G.M., Mayer, J.E., Rao, I.M., 2002. Aluminum stress stimulates the accumulation of organic acids in root apices of *Brachiaria* species. *J. Plant Nutr. Soil Scie.* 165, 582-588.

Wenzl, P., Patiño, G.M., Chaves, A.L., Mayer, J.E., Rao, I.M., 2001. The high level of aluminum resistance in signalgrass is not associated with known mechanisms of external aluminum detoxification in root apices. *Plant Physiology*, 125, 1473-1484.

Zoon, F.C., Tienderen, P. H, 1990. A rapid quantitative measurement of root length and root branching by microcomputer image analysis. *Plant Soil* 126, 301-308.

SARAIVA.F.M. Ciclagem de nutrientes em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob diferentes intensidades de pastejo

Zimmer, A.H., Corrêa, E.S.A., 1993. Pecuária nacional: uma pecuária a pasto? In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS. Anais. Instituto de Zootecnia Nova Odessa, pp.1-25.

Zinn, Y.L., Lal, R., Resck, D.V.S., 2005. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. Soil & Tillage Research. 84, 28-4