

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

**CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DO SISTEMA RADICULAR EM PASTAGENS
DE *Pennisetum purpureum* Schum. MANEJADAS SOB DIFERENTES
INTENSIDADES DE MANEJO EM ITAMBÉ-PE.**

HIRAN MARCELO SIQUEIRA DA SILVA
Engenheiro Agrônomo

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2013**

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

**CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DO SISTEMA RADICULAR EM PASTAGENS
DE *Pennisetum purpureum* Schum. MANEJADAS SOB DIFERENTES
INTENSIDADES DE MANEJO EM ITAMBÉ-PE.**

HIRAN MARCELO SIQUEIRA DA SILVA
Engenheiro Agrônomo

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2013**

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

**CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DO SISTEMA RADICULAR EM PASTAGENS
DE *Pennisetum purpureum* Schum. MANEJADAS SOB DIFERENTES
INTENSIDADES DE MANEJO EM ITAMBÉ-PE.**

HIRAN MARCELO SIQUEIRA DA SILVA

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2013**

HIRAN MARCELO SIQUEIRA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DO SISTEMA RADICULAR EM PASTAGENS
DE *Pennisetum purpureum* Schum. MANEJADAS SOB DIFERENTES
INTENSIDADES DE MANEJO EM ITAMBÉ-PE.**

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

Área de Concentração: Forragicultura.

Comitê de Orientação:

Prof. PhD. José Carlos Batista Dubeux Júnior – Orientador Principal

Pesq. PhD. Maria Lúcia Silveira – Coorientadora

Pesq. Dr. Erinaldo Viana de Freitas – Coorientador

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2013**

Ficha catalográfica

S586c Silva, Hiran Marcelo Siqueira da
Caracterização do solo e do sistema radicular em
pastagens de *Pennisetum purpureum* schum. manejadas sob
diferentes intensidades de manejo em Itambé-PE / Hiran
Marcelo Siqueira da Silva. -- Recife, 2013.
94 f. : il.

Orientador (a): José Carlos Batista Dubeux Júnior.
Tese (Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Zootecnia, Recife, 2013.
Referência.

1. Forragicultura 2. Matéria orgânica 3. Ciclagem de
nutrientes 4. Raiz 5. Taxa de lotação 6. Adubação nitrogenada
7. Gramínea. I. Dubeux Júnior, José Carlos Batista,
Orientador II. Título

CDD 636

HIRAN MARCELO SIQUEIRA DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DO SISTEMA RADICULAR EM PASTAGENS
DE *Pennisetum purpureum* Schum. MANEJADAS SOB DIFERENTES
INTENSIDADES DE MANEJO EM ITAMBÉ-PE.**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 28 de fevereiro de 2013.

Orientador:

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

Comissão Examinadora:

Prof^ª. Maria Betânia Galvão dos Santos Freire.
Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Agronomia

Prof. Mário de Andrade Lira
Instituto Agronômico de Pernambuco

Prof^ª. Mércia Virgínia Ferreira dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Rômulo Simões Cezar Menezes
Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Energia Nuclear

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2013**

A Deus, meu equilíbrio, minha força, a Ti, toda honra e toda glória.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a elaboração desta obra.

Ofereço

Aos meus pais, José Carlos e Josefa Siqueira, pelo dom da vida e por contribuírem com parte daquilo que sou hoje.

Aos meus irmãos, Halan, Jôse, Diana e Juliane, por me apoiarem em minhas decisões. Amo vocês.

Aos meus sobrinhos, Juninho e Raquelzinha, minha inspiração de um amanhã melhor.

À tia Noemia, tio Assis, Rhimon, Rhodrigo e Jussara, por todo apoio, conselho, paciência e carinho. Vocês moram em meu coração.

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

Dedico

Ora, àquele que é poderoso para fazer infinitamente mais do que tudo quanto pedimos ou pensamos, conforme o seu poder que opera em nós.

Efésios 3: 20

AGRADECIMENTOS

Ao professor, **José Carlos Batista Dubeux Júnior**, pelo apoio, paciência, dedicação, orientação, convivência e amizade. Obrigado pela insistência e por acreditar em mim.

À professora, **Mércia Virgínia Ferreira dos Santos**, pela confiança, dedicação, orientação e seus ensinamentos.

Ao professor, **Mário de Andrade Lira**, por nos agraciar com seus ensinamentos, orientação e sua sabedoria.

Ao professor, **Alexandre Carneiro Leão de Mello**, meu primeiro professor de forragem e, mesmo sem saber, um dos grandes responsáveis por eu estar aqui hoje.

Ao professor, **Mário de Andrade Lira Jr.**, por sua orientação, dedicação e por enriquecer este trabalho com sua ajuda.

À professora, **Maria Lúcia Silveira**, por todo apoio e amizade. Grato, também, pela confiança, dedicação, orientação e seus ensinamentos.

Ao professor, **João Vendramini**, por todo aprendizado, apoio e amizade. E pela disponibilidade em ajudar sempre que solicitado.

Ao professor, **Rômulo Simões Cezar Menezes**, por compartilhar os seus conhecimentos, orientação e pela amizade.

Aos colegas da Forragicultura, **Vicente, Joelma, Amanda, Mônica, Liz, Adeneide, Felipe Martins, Manuela, Bruno, Eduardo Bruno, Marcelo, Francisco, Nalígia, Laura, Nunes, Andréia, Martinha, Rerisson, Socorro, Vanessa, Adílio, Stênio, Janete, Valéria, Talita, Carolina, Gabriela, Erinaldo, Osniel e Diego**, pela convivência durante toda essa jornada, momentos que irei guardar para sempre.

Aos colegas da Pós-Graduação, **Lucíola, Andrezza, Carol, Elton, Gustavo, Alessandra, Solano, Marcos Aurélio, Rinaldo, Raquel, Guilherme, Ana Maria, Marcio Vilela, Stélio, Paulo Márcio, Paulo Marcílio e Luciana**, pela convivência.

Aos amigos, **Sharlyton e Waleska** (*in memoriam*), que, apesar de não estarem mais entre nós, fizeram grande diferença na minha caminhada, na Pós-Graduação em Zootecnia. Obrigado por terem compartilhado um pouco de vocês comigo, seus conhecimentos, pensamentos e momentos de descontração e alegria.

Aos colegas da graduação ligados à Forragicultura, **Ericka Veruza e Alexandre Castro**, por toda a colaboração, amizade e convivência. Sem a ajuda de vocês não seria possível a realização deste trabalho.

Aos amigos, **Dário, Júlio, Patryk, Emmanuel, Kennedy, Tácio, Fábio, Jackson, Renisson, Erika Graciano e Hailson**, pela oportunidade de aprender com vocês e pela ajuda em parte da minha caminhada na Pós-Graduação.

Aos amigos que fiz, quando da realização de meu estágio fora do País, na Range Cattle Research & Education Center – IFAS/UF, **André Aguiar, Julius, Sutie, Cindy Holley, Guilherme, Henrique Brunetti, Wilton, Philipe, Bruna, Milena, Paulo, João e Mariana**, pela oportunidade de aprender com vocês, pois cada um de vocês me fez crescer em algum aspecto da minha vida.

A **todos os professores** do Departamento de Zootecnia e do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Ao **Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE**, pela oportunidade.

Ao **Instituto Agrônomo de Pernambuco** – IPA, pela disponibilidade dos seus recursos físicos e humanos para realização deste trabalho.

À **Estação Experimental de Itambé** – PE, por todo apoio recebido para a realização deste trabalho, através dos seus dirigentes, **Aluísio e José Reginaldo de Araújo**, bem como aos funcionários, em especial **Nego, Preto velho, Deca, Tonho, Davi, Seu Bio e Sr. Silva**.

À **Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE**, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq**, pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

À **Universidade da Florida**, pela oportunidade em ter contribuído para minha formação profissional.

Aos **funcionários** do Laboratório de Nutrição Animal, Raquel, Omer, Sr. Antônio e Victor, pela indispensável ajuda.

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

BIOGRAFIA DO AUTOR

HIRAN MARCELO SIQUEIRA DA SILVA, natural de Recife – PE, iniciou o curso de graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, no ano de 1998. Em fevereiro de 2005, obteve o título de Engenheiro Agrônomo. Em 2007, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Forragicultura, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, concluindo o mestrado em Fevereiro de 2009. Em março de 2009, ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, concluindo o curso em Fevereiro de 2013.

SUMÁRIO

	Página
Lista de Tabelas	Xiv
Lista de Figuras	Xvi
Resumo Geral.....	Xvii
Abstract.....	Xix
Considerações iniciais.....	21
Capítulo 1 – Referencial Teórico.....	22
Introdução.....	23
Referências bibliográficas.....	27
Capítulo 2 – Atributos físico-químicos do solo e distribuição radicular em pastagem de capim-elefante.....	30
Resumo.....	31
Abstract.....	32
Introdução.....	34
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	45
Conclusões.....	63
Referências bibliográficas.....	64
Capítulo 3 – Decomposição de raiz em pastagem de capim-elefante.....	71
Resumo.....	72
Abstract.....	73
Introdução.....	74
Material e Métodos.....	75
Resultados e Discussão.....	79
Conclusões.....	87
Referências bibliográficas.....	88

LISTAS DE TABELAS

Capítulo 2

	Página
1 Análise química e granulometria das amostras de solo da área experimental coletadas em janeiro de 2009 em Itambé-PE.....	38
2 Efeito da lotação animal (UA ha ⁻¹) sobre a densidade do solo (g cm ⁻³) em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. na camada de 0-20 cm em Itambé-PE.....	45
3 Fração leve da matéria orgânica (mg kg solo ⁻¹ de C) na profundidade de 0-10 cm em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. manejadas sob diferentes lotações animais; Itambé – PE.....	49
4 Diâmetro médio ponderado dos agregados por via seca (DMPAs) em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. manejadas sob diferentes lotações animais e adubações nitrogenadas em Itambé – PE.....	50
5 Distribuição porcentual de agregados, por classe de tamanhos, obtida por peneiramento via seca (Macro Seco e Micro Seco) e via úmida (Macro Úmido e Micro Úmido) e do diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos por via seca (DMPAs) e via úmida (DMPAu) e estabilidade estrutural (DMPAu/DMPAs) em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. em Itambé – PE.....	51
6 Diâmetro médio ponderado dos agregados por via seca (DMPAs) e via úmida (DMPAu) e estabilidade estrutural (DMPAu/ DMPAs) em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. nas diferentes profundidades (cm) em Itambé – PE.....	53
7 Atributos químicos do solo em função das profundidades (camada) de amostragem (cm) em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. em diferentes taxas de lotação animal (UA ha ⁻¹) e adubações nitrogenadas (kg ha ⁻¹ N ano ⁻¹) em Itambé – PE.....	55
8 Densidade de comprimento de raiz (cm cm ⁻³) em função das camadas de amostragem (cm) em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. em diferentes taxas de lotação animal (UA ha ⁻¹) e adubações nitrogenadas (kg ha ⁻¹ N ano ⁻¹) em Itambé – PE.....	58

9	Massa de raiz (g C m^{-2}) fina ($> 2 \text{ mm}$), grossa ($< 2 \text{ mm}$) e total em função das camadas de amostragem (cm) em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. sob diferentes taxas de lotação animal (UA ha^{-1}) e adubações nitrogenadas ($\text{kg ha}^{-1} \text{ N ano}^{-1}$) em Itambé – PE.....	60
10	Estoque de N em raiz (g N m^{-2}) fina ($> 2 \text{ mm}$), grossa ($< 2 \text{ mm}$) e total em função das camadas de amostragem (cm) em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. sob diferentes taxas de lotação animal (UA ha^{-1}) e adubações nitrogenadas ($\text{kg ha}^{-1} \text{ N ano}^{-1}$) em Itambé –PE.....	61

Capítulo 3

	Página	
1	Teores de nitrogênio (N), carbono (C), lignina (LIG) e N contido na fibra em detergente ácido (NIDA), relações C:N, LIG:N, LIG:NIDA e NIDA:N com base na matéria orgânica (MO) em raízes de capim-elefante nos anos de 2009 e 2010, antes de incubação no solo em Itambé – PE.....	78
2	Biomassa remanescente de raiz de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. em diferentes doses de adubação nitrogenada e taxa de lotação animal na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco, em Itambé, Pernambuco, Brasil.....	81
3	Características e serrapilheira de raiz de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum., médias de todos os tempos de decomposição (0, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 e 512 dias), em diferentes níveis de adubação nitrogenada nos períodos 9-10 e 10-11 na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco, em Itambé, Pernambuco, Brasil.....	82
4	Características de serrapilheira de raiz de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum., médias de todos os tempos de decomposição (0, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 e 512 dias), em diferentes taxas de lotação animal nos períodos 9-10 e 10-11 na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco, em Itambé, Pernambuco, Brasil.....	83

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

	Página
1 Precipitação pluvial (mm) e temperatura (°C) mensal (ano 2009, 2010 e média histórica) na Estação Experimental do IPA; Itambé, PE (Itep, 2011; Agritempo, 2011).....	37
2 Efeito da profundidade (cm) sobre a densidade do solo (g cm^{-3}) em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. em Itambé-PE. Erro padrão = 0,01; P=0,0110.....	46

Capítulo 3

	Página
1 Precipitação pluvial e temperatura mensal e suas médias históricas na Estação Experimental de Itambé nos anos de 2009, 2010 e 2011, Pernambuco, Brasil (Itep, 2011; Agritempo, 2011).....	75
2 Porcentagem de biomassa remanescente (A) e relação C:N (B) de serrapilheira de raiz em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. manejadas sob diferentes lotações animais e adubações nitrogenadas em Itambé – PE. Linhas verticais indicam a erro-padrão da média.....	80
3 Relação lignina:N (A) e nitrogênio remanescente (B) em serrapilheira de raiz em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. manejadas sob diferentes lotações animais e adubações nitrogenadas em Itambé – PE. Linhas verticais indicam a erro-padrão da média.....	86
4 Teor de lignina (A), teor de N (B) e teor de NIDA (C) em serrapilheira de raiz em pastagens de <i>Pennisetum purpureum</i> Schum. manejadas sob diferentes lotações animais e adubações nitrogenadas em Itambé – PE. Linhas verticais indicam a erro-padrão da média.....	89

RESUMO GERAL

As propriedades físicas do solo podem ser afetadas pela taxa de lotação animal. Quando as taxas de lotação animal são aplicadas de forma correta podem proporcionar ambiente favorável ao crescimento do sistema radicular. A adubação nitrogenada também pode estimular o crescimento e a atividade radicular. Sendo assim, a reposição nitrogenada em ecossistema de pastagem resulta em maior biomassa produzida e absorção mais eficiente dos nutrientes no solo. A manipulação na lotação e a adubação interferem nos processos de decomposição do tecido vegetal, afetando a ciclagem dos nutrientes nos ecossistemas de pastagem. O estudo foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco em Itambé por dois anos (2009-2010). Os tratamentos experimentais consistiram de três taxas de lotação animal (2, 3,9 e 5,8 UA ha⁻¹; 1 UA = 450 kg PV) e três níveis de adubação nitrogenada (0, 150 e 300 kg N ha⁻¹ano⁻¹) em pastagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Os tratamentos foram repetidos três vezes, sendo utilizado o delineamento em blocos casualizados em arranjo de parcelas subdivididas. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da taxa de lotação nos atributos físico-químicos do solo, na distribuição de raízes em profundidade e na decomposição das raízes em pastagens de capim-elefante. Para a parte de solo e distribuição de raiz em profundidade foram determinados: a densidade do solo, densidade das partículas, porosidade total, estabilidade de agregados, infiltração básica de água no solo, a fração leve da matéria orgânica do solo, fertilidade do solo em profundidade, a densidade de comprimento de raiz e a biomassa radicular. Para a análise de decomposição, foi utilizado o modelo exponencial simples para porcentagem de desaparecimento de biomassa, N remanescente (%). O modelo de dois estágios (“plateau linear”) foi utilizado para descrever LIG, NIDA, N e LIG:N ao longo do período de incubação. O aumento da taxa de lotação resultou em maiores densidades do solo que variou de 1,42 a 1,58 g cm⁻³. A fração leve da matéria orgânica do solo reduziu

com o aumento da lotação animal. O índice de agregação aumentou com a profundidade, com valores de 42,07, 47,75 e 51,04% para as camadas de solo 0-2,5, 2,5-7,5 e 7,5-15 cm, respectivamente. A fertilidade do solo também variou nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. O comprimento de raiz apresentou efeito entre as profundidades. Na camada de 0-20 cm houve maior comprimento de todos os tipos de raízes (fina, grossa e total). A decomposição da biomassa no segundo período experimental (10-11) foi maior ao primeiro período (9-10). Após 512 dias de incubação, a biomassa remanescente no primeiro período foi de 40%, enquanto que no segundo período foi de 30%. A relação C:N caiu para os dois períodos experimentais no decorrer dos 512 dias de incubação, no entanto, à medida que foram passando os tempos de incubação, a relação C:N para o segundo período caiu mais rapidamente ($k=0,00168 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), se comparado ao primeiro período ($k=0,00113 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). O teor de lignina aumentou durante o tempo incubação. No tempo zero, o teor de lignina no primeiro período foi superior (~17%) ao encontrado para segundo período (~10%). A estabilização da lignina, no primeiro período, só foi alcançada aos 240 dias de decomposição com valor final de 22%, enquanto que no segundo período a estabilização foi alcançada aos 118 dias de incubação com valor final aproximado de 20%. Ao final de dois anos experimentais os tratamentos, taxa de lotação e adubação nitrogenada não alteraram a P_t , VIB e o EA, nem tão pouco influenciaram os parâmetros de fertilidade do solo, a distribuição do sistema radicular e na decomposição do resíduo radicular no período experimental. Por outro lado, a taxa de lotação modificou a densidade do solo e a fração leve da matéria orgânica. As doses de nitrogênio interferiram na mineralização do estoque de N da raiz.

ABSTRACT

The physical properties of the soil can be affected by stocking rate. When stocking rates are applied correctly can provide favorable environment for root growth. Nitrogen fertilization can also stimulate growth and root activity. Thus, the replacement nitrogen ecosystem grazing results in higher biomass production and more efficient absorption of the nutrients in the soil. Manipulation in stocking and fertilization interfere in the processes of decomposition of plant tissue affecting nutrient cycling in pasture ecosystems. The study was conducted at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco in Itambé for two years (2009-2010). The experimental treatments consisted of three stocking rates (2.0, 3.9 and 5.8 AU ha⁻¹, 1 AU = 450 kg BW) and three nitrogen levels (0, 150 and 300 kg ha⁻¹ N year⁻¹) grazing elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). Treatments were replicated three times and used a randomized block design in a split plot arrangement. Therefore, the objective was to evaluate the effect of nitrogen fertilization and stocking rate on physical and chemical attributes of the soil, the root distribution in depth and decomposition of roots grazing elephant grass. For part of soil and destruction of root was determined soil bulk density, particle density, porosity, aggregate stability, infiltration rate of the soil water, the light fraction of soil organic matter, soil fertility in depth, root length density and root biomass. For the decomposition analysis, we used the simple exponential model for percentage of disappearance of biomass remaining N (%). The two stage model ("plateau linear") was used to describe ON, NIDA, N and LIG: N throughout the incubation period. The increased stocking rate resulted in higher densities of soil ranging from 1.42 to 1.58 g cm⁻³. The light fraction of soil organic matter decreased with increasing stocking rate. The aggregation index increased with depth with values of 42.07, 47.75 and 51.04% for the soil layers 0-2.5, 2.5-7.5 and 7.5-15 cm, respectively. Soil fertility also varied at 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm. The root length had an effect between depths. In the 0-20 cm layer was longest of all types of roots (thin, thick and full). The decomposition of biomass in the second period (10-11) was higher in the first period (9-10). After 512 days of incubation, the biomass remaining in the first period was 40% whereas in the second period was 30%. The C: N ratio dropped to two periods over the 512 days of incubation, however, as they were passing incubation times, the C: N ratio for the second period fell faster ($k = 0.00168 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$) compared to the first period ($k = 0.00113 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$). The lignin content increased during the incubation time. At time zero, the lignin content in the first period was higher (~ 17%) found for the second period (~ 10%). The stabilization of lignin in the first period was only achieved after 240 days

of decomposition with final value of 22%, whereas in the second period, stabilization was reached after 118 days of incubation with final value of approximately 20%. At the end of two years experimental treatments, stocking rate and nitrogen fertilization did not affect Pt, VIB and EA nor influenced the fertility of the soil, the root distribution and root residue decomposition during the trial period. Moreover, the stocking rate modified the soil density and light fraction organic matter. Nitrogen rates interfered with mineralization of N from the root stock.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O crescimento da população mundial faz com que a demanda por alimentos alcance patamares cada vez maiores. Assim, países com potencial de produção buscam a utilização de mecanismos e processos que atendam tais demandas. Isso tem levado a práticas cada vez mais intensivas no uso dos solos, visando aumentar a produção por área das plantas cultivadas. Dentre as plantas cultivadas, as espécies forrageiras se destacam, principalmente quando se considera a produção de alimentos de origem animal.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) tem sido uma planta bastante utilizada no Brasil em virtude de seu alto potencial de produção de fibra, boa palatabilidade, boa qualidade, vigor e persistência, quando manejada corretamente.

Nos ecossistemas de pastagem, a taxa de lotação e a adubação nitrogenada são os pontos mais críticos na tomada de decisão nas práticas de manejo. Quando as práticas de manejo são bem aplicadas, obtêm-se benefícios ambientais, tais como sequestro de carbono, boa infiltração de água no solo, melhoria na ciclagem dos nutrientes, melhorias na fertilidade do solo e, conseqüentemente, diminuição dos riscos que levam à degradação das pastagens nas regiões tropicais e subtropicais.

Assim, a presente tese objetiva avaliar os efeitos no solo e no sistema radicular em pastagens de capim-elefante manejadas sob diferentes intensidades de manejo em Itambé-PE.

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

Introdução

Os ecossistemas de pastagem totalizam aproximadamente 25% da superfície terrestre, sendo os mesmos considerados como uma das opções alimentares mais abundantes para alimentação de ruminantes (Marcelino et al., 2006). No planeta, as áreas de pastagens totalizam cerca de 3 bilhões de hectares, já na América do Sul esta área fica em torno de 450 milhões, tendo o Brasil uma área aproximada de 197 milhões de hectares (IBGE, 2006). Nos últimos 30 anos, as áreas de pastagens têm aumentado no Brasil como resultado de um aumento expressivo nas áreas de pastagens cultivadas (Silva e Nascimento Júnior, 2006).

Neste contexto, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) tem se destacado como forrageira no Brasil (Cunha et al., 2011). O aumento da utilização do capim elefante está relacionado com seu alto potencial de rendimento forrageiro, associado a outras características, tais como palatabilidade, boa qualidade, vigor e persistência (Martins et al., 2010). Apesar de o capim-elefante ser tradicionalmente utilizado na forma de capineiras (Mello et al., 2002), tem mostrado potencial para ser usado sob pastejo (Cunha et al., 2007; Meinerz et al., 2011), tendo proporcionado excelentes resultados na produção de carne e leite (Mello et al., 2002).

Atualmente tem-se buscado a otimização da produção por área, pois, a cada dia tem aumentado a demanda por alimentos derivados de animais (ex., carne e leite) no mundo, particularmente em países em desenvolvimento (Dubeux Jr. et al., 2011). A maior demanda por alimentos tem sido ocasionada pelo crescimento populacional. Apenas em 2010, a população em todo mundo alcançou 6,9 bilhões de pessoas e a expectativa para 2050 é que a população mundial alcance 9,15 bilhões de pessoas (FAOSTAT, 2013).

Sendo assim, o crescimento populacional exige, por parte da comunidade científica e dos produtores, estratégias integradas objetivando a maior produção de alimentos, sobretudo em países com maiores capacidades de produção, levando cada vez mais ao uso intensivo dos

solos (Collares, 2005), onde a sustentabilidade do sistema de solo-planta-animal depende da obtenção e da manutenção da produtividade em ecossistemas de pastagem (Silva et al., 2003).

O potencial produtivo das pastagens é determinado pelo sistema como um todo. Fatores como o clima, o solo e a espécie vegetal podem favorecer limitações ao crescimento da planta pela capacidade de supri-las com nutrientes, água e oxigênio (Silva et al., 2006). Entretanto, aspectos relacionados ao solo, principalmente os atributos físicos e químicos de solo, estão relacionados com a degradação das pastagens, do crescimento do sistema radicular, da compactação dos solos, da obtenção e manutenção de elevadas produtividades (Rodrigues et al., 2000; Silva et al., 2006; Giarola et al., 2007).

A degradação do solo pode surgir também em consequência dos aspectos físicos e químicos. Nesse sentido, a degradação dos solos vem aumentando gradativamente nos últimos anos no mundo, já afetando 10% da área de pastagem, mais de 20% de terras agrícolas e 30% das florestas, implicando a redução nos teores de matéria orgânica do solo (MOS), aumentando a liberação de carbono para a atmosfera, diminuindo a qualidade do solo e a capacidade de retenção de água e nutrientes (FAO, 2008).

A MOS tem papel fundamental em alguns processos biológicos, físicos e químicos do solo, estando ligada à ciclagem e retenção de nutrientes, agregação do solo, dinâmica da água, além de fonte de energia para os microrganismos do solo (Roscoe et al., 2006). A MOS também é imprescindível para a manutenção da qualidade do solo, onde o desequilíbrio entre a deposição e decomposição de resíduos poderá desencadear processos de degradação do solo (Roscoe e Machado, 2002).

Estudos sobre dinâmica de matéria orgânica são importantes para a interpretação do efeito de diferentes manejos aplicados na pastagem sobre respostas de longo prazo. A determinação da matéria orgânica total dificilmente consegue detectar precocemente mudanças devido ao manejo. Para isto, o fracionamento físico da fração leve da MO é de

fundamental importância, pois é mais sensível a práticas de manejo que alterem a deposição de resíduos, sendo possível detectar precocemente mudanças na dinâmica da MOS (Six et al., 2002).

Já a compactação é um processo que pode ocorrer em solos manejados inadequadamente, afetando, direta ou indiretamente, o crescimento e a produção das culturas, sendo um dos principais problemas de degradação em sistemas agropecuários. A compactação normalmente ocorre pelo uso intensificado de máquinas e implementos agrícolas nas lavouras e a elevação do número de animais por unidade de área em pastagens que mostram a possibilidade do aumento generalizado da densidade do solo e da redução da macroporosidade do mesmo (Silva et al., 2006; Giarola et al., 2007). O excesso de carga animal, ocasionado por diferentes taxas de lotação sob as pastagens, pode afetar negativamente algumas propriedades do solo, aumentar a susceptibilidade à erosão hídrica e diminuir sua capacidade produtiva (Bertol et al., 2000; Proffitt et al., 1995), bem como o aumento da densidade do solo, a compactação e, conseqüentemente, diminuir o rendimento da cultura (Clark et al., 2004).

Outra característica dos solos é a velocidade de infiltração de água, que é um processo dinâmico pelo qual a água penetra no perfil do solo, a partir da sua superfície, em função do tempo decorrido. O seu valor é elevado, no início, e diminui com o tempo até se tornar constante no momento em que o solo fica saturado. Assim, a velocidade de infiltração básica (VIB) do solo é um parâmetro de fundamental importância para definir os métodos de conservação do solo (Cunha et al., 2009). O manejo do solo é um fator que pode influenciar a infiltração de água, sendo assim, em solos manejados erroneamente podem ocorrer perdas por escoamento superficial, lixiviação de pesticidas e fertilizantes, causando efeitos negativos à produção agrícola e ao ambiente (Netto e Fernandes, 2005).

O incorreto manejo do solo pode causar a degradação das pastagens e com isso diminuir o estoque de carbono no solo (Cruz et al., 2007). O estoque de carbono no solo aumenta quando o manejo propicia altas adições de biomassa vegetal e que tenham a capacidade de alocar o carbono a maiores profundidades no perfil do solo, via sistema radicular, contribuindo para o sequestro de carbono (Balesdent e Balabane, 1996). O estoque de carbono é o balanço do que entra no solo - através da deposição de vegetal morto - e a perda, devido aos processos de decomposição e à mineralização, e a perda desse carbono pode ser fortemente induzida pelas práticas de manejo (FAO, 2006). A degradação da MOS pode comprometer a sustentabilidade da cadeia produtiva, especialmente dos países em desenvolvimento, e aumentar a contribuição da agricultura para o efeito estufa (Cruz et al., 2007), principalmente pelo aumento da emissão de CO₂. O aumento do CO₂ atmosférico poderá afetar aspectos importantes de uma pastagem, tais como qualidade da forragem e quantidade de biomassa produzida, composição botânica das espécies, fertilidade do solo, além do potencial do sequestro de carbono do solo (Soussana e Lüscher, 2007).

Referências bibliográficas

BALESDENT, J.; BALABANE, M. Major contribution of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v.28, n. 9, p.1261-1263,1996.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A.; ALMEIDA, E.X. Propriedades físicas do solo relacionadas com relacionadas com diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott. **Perquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p.1047-1054, 2000.

BLAND, W.L.; MESARCH, M.A. Counting error in the line-intercept method of measuring root length. **Plant and Soil**, v.125, n.1, p.155-157, 1990.

BOUWER, H. Intake Rate: Cylinder Infiltrometer. In: Klute (Ed.) **Methods of Soil Analysis. Part 1- Physical and Mineralogical Methods**. 2. ed. Medison: USA, 1986. 825-844.

CLARK, J.T.; RUSSEL, J.R.; KARLEN, D. L. et al. Soil surface propriety and soybean yield response to corn stove grazing. **Agronomy Journal**. v.96, p.1364-1371, 2004.

COLLARES, G.L. **Compactação em Latossolo e argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Centro de Ciências Rurais. Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

CRUZ, L.E.C.; PILLON, C.N.; FLORES, C.A. potencial de sequestro de carbono sob sistemas de cultura em plantio direto na encosta da serra do sudeste, RS. **Revista Brasileira Agroecologia**, v.2, n.1, 2007.

CUNHA, J.L.X.L.; ALBUQUERQUE, A.W.; SILVA, C.A. velocidade de infiltração da água em um latossolo amarelo submetido ao sistema de manejo plantio direto. **Caatinga**, v.22, n.1, p.199-205, 2009.

CUNHA, M.V.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. Association between the morphological and productive characteristics in the selection of elephant grass clones. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.482-488, 2011.

CUNHA, M.V.; SANTOS, M.V.F.; LIRA, M.A. Características estruturais e morfológicas de genótipos de *Pennisetum* sp. sob pastejo no período de seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.540-549, 2007.

DUBEUX JR., J.C.B.; MUIR, J.P.; SANTOS, M.V.F. Improving grassland productivity in the face of economic, social, and environmental challenges. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.280-290, 2011.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 2ª Edição – EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, 2006. 306p.

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

FAO [2006]. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>> Acessado em: 08/09/2009.

FAO [2008]. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/sofa/>> Acesso em: 07/09/2009.

FAO. FAOSTAT. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/home/index.html>> Acesso em: 01/04/2013.

GIAROLA, N.F.B.; TORMENA, C.A.; DUTRA, A.C. Degradação Física de um latossolo vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.31, p.863-873, 2007.

IBGE [2006]. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/paisesat/main.php>> Acesso em: 07/09/2009.

MARCELINO, K.A., JÚNIOR, D.N.; SILVA, S.C. et al. Características morfológicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2243-2252, 2006.

MARTINS, C.E.; SOBRINHO, F.S.; GOMES, F.T. Tolerância à toxidez por alumínio em capim-elefante. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.3, n.1, 2010.

MEIJBOOM, F.W., HASSINK, J.; VAN NOORDWIJK, M. Density fractionation of soil macroorganic matter using silica suspensions. **Soil Biology Biochemistry**, v.2, p.1109-1111, 1995.

MEINERZ, G.R.; OLIVO, C.J.; AGNOLIN, C.A. Produção e valor nutritivo da forragem de capim-elefante em dois sistemas de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.12, p.2673-2680, 2011.

MELLO, A.C.L.; LIRA, M.A.; DUBEUX JR., J.C.B. Caracterização e Seleção de Clones de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.30-42, 2002.

NELSON, P.W.; SOMMERS, C. E. Total C, organic C and organic matter. In: PAGE, A.L. (Ed.). **Methods of soil analysis. Part2. Chemical methods**. Madison: SSSA, 1996. p.539-579.

NETTO, A.A. e FERNANDES, E.J. Avaliação da taxa de infiltração de água de um latossolo vermelho submetido a dois sistemas de manejo. **Irriga**, v.10, n.2, 2005.

PROFFITT, A.P.B.; BENDONTTI, S.; McGARRY, D. A comparasion between continuous and controlled grazing on a red duplex soil. I. Effets on the phisicis caractheristics. **Soil and Tillage Research**. v.35, p.199-210, 1995.

RODRIGUES, L.R.A.; QUADROS, D.G.; RAMOS, A.K.B. Recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO PECUÁRIO 2000 – PERSPECTIVA PARA III MILÊNIO, 1., Pirassununga, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FZEA.

ROSCOE, R. e MACHADO, P.L.O.A. **Fracionamento físico do solo em estudo da matéria orgânica**. EMBRAPA: Dourados, MS, 2002. p.85.

ROSCOE, R.; BODDEY, R.M; SALTON, J.C. **Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo**. In: R. Roscoe, F.M. Mercante e J.C. Salton (Ed.) *Dinâmica da material orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares*. EMBRAPA: Dourados, MS, 2006. p.17-42.

SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in irrigated short – duration grazing system. **Soil and Tillage Research**, v.70, p.83-90, 2003.

SILVA, G;J.; MAIA, J.C.S; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas a irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um latossolo vermelho escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.31-40, 2006.

SILVA, S.C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Sistema Intensivo de Produção de Pastagem. In: Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal, 2., 2006. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal, 2006.

SIX, J.; CONANT, R.T.; PAUL, E.A. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil**, v.241, p.155-176, 2002.

SOUSSANA, J.F. e LUSCHERT, A. Temperate grasslands and global atmospheric change: a review. **Grass and Forage Science**, v.62, p.127-134, 2007.

CAPÍTULO 2

ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO E DISTRIBUIÇÃO RADICULAR EM PASTAGEM DE CAPIM, SUBMETIDOS A TRÊS LOTAÇÕES E DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA.

Resumo: O manejo da pastagem afeta as propriedades físicas e químicas do solo, bem como a distribuição de raiz em profundidade. Nesse contexto, os ajustes da pressão de pastejo e da adubação nas pastagens são importantes ferramentas de manejo. Superpastejo pode causar compactação do solo, diminuição da infiltração de água no solo e reduzir o desenvolvimento radicular. Por sua vez, a pressão de pastejo adequada e a adubação nitrogenada nas doses recomendadas podem estimular o crescimento e a atividade radicular, resultando em maior biomassa produzida e absorção mais eficiente dos nutrientes no solo. O estudo foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Itambé, nos anos de 2009 e 2010. Os tratamentos experimentais consistiram de três taxas de lotação animal (2, 3,9 e 5,8 UA ha⁻¹; 1 UA = 450 kg PV) e três doses de adubação nitrogenada (0, 150 e 300 kg ha⁻¹ N ano⁻¹) em pastagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. 381). Os tratamentos foram repetidos três vezes, sendo utilizado o delineamento em blocos ao acaso em um arranjo de parcelas subdivididas. Objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da taxa de lotação nos atributos físico-químicos do solo e a distribuição de raízes em profundidade em pastagens de capim-elefante. Determinou-se a densidade do solo (D_s), densidade das partículas (D_p), porosidade total (P_t), estabilidade de agregados (EA), infiltração básica de água no solo (VIB) e fração leve da matéria orgânica do solo (MOL), fertilidade do solo e densidade de comprimento e biomassa radicular. O aumento da taxa de lotação resultou em maiores densidades do solo. A densidade do solo variou de 1,42 a 1,58 g cm⁻³ para os tratamentos sujeitos às taxas de lotação de 2,0 a 5,8 UA ha⁻¹, respectivamente. O teor de C da fração leve da matéria orgânica do solo reduziu com o aumento da lotação animal, variando de 174 a 383 mg kg solo⁻¹ de C. A fertilidade do solo, a densidade de comprimento de raiz e o estoque de C e N, via sistema radicular, variaram entre as camadas de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Ao final de dois anos experimentais os tratamentos, taxa de lotação e adubação nitrogenada não alteraram a P_t, VIB e o EA, nem tão

pouco influenciaram os parâmetros de fertilidade do solo e a distribuição do sistema radicular no período experimental.

Palavras-chave: adubação, densidade do solo, gramínea, matéria orgânica, raiz, taxa de lotação.

Physical and chemical attributes of the soil and root distribution in elephant grass pasture

Abstract: The pasture management affects the physical and chemical properties of soil as well as the distribution of root depth. In this context, the setting of grazing pressure on pastures and fertilization are important management tools. Overgrazing can cause soil compaction, reduced water infiltration into the soil and reduce root development. In turn, the grazing pressure and adequate nitrogen fertilizer at recommended doses can stimulate the growth and activity resulting in increased root biomass and produced more efficient absorption of nutrients in the soil. The study was conducted at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco, in Itambé, in the years 2009 and 2010. The experimental treatments consisted of three stocking rates (2.0, 3.9 and 5.8 AU ha⁻¹, 1 AU = 450 kg BW) and three doses of nitrogen (0, 150 and 300 kg ha⁻¹ N year⁻¹) grazing elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. 381). The treatments were repeated three times, and used a randomized block design in a split plot arrangement. This study aimed to evaluate the effect of nitrogen fertilization and stocking rate on physical and chemical attributes of the soil and root distribution in depth grazing elephant grass. Was determined bulk density (BD), particle density (Dp), total porosity (Pt), aggregate stability (AS), infiltration rate of the soil water (VIB) and light fraction of soil organic matter (MOL), soil fertility and length density and root biomass. The increased stocking rate resulted in higher densities of soil. Soil bulk density ranged from 1.42 to 1.58 g cm⁻³ treatments subject to stocking rates from 2.0 to 5.8 AU ha⁻¹, respectively. The C content of the light fraction of soil organic matter decreased with

increasing stocking rate, ranging from 174 to 383 mg kg⁻¹ of soil C. The fertility of the soil, root length density and the stock of C and N through the root system ranged between 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm. At the end of two years experimental treatments, stocking rate and nitrogen fertilization did not affect Pt, VIB and AS nor influenced the fertility of the soil and root system distribution in the experimental period.

Keyword: fertilization, soil density, grass, organic matter, root, stocking rate.

Introdução

As áreas de pastagens totalizam 25% de toda a superfície terrestre (Schimel, 1995). Nos últimos 30 anos, as áreas de pastagens têm aumentado no Brasil como resultado de um aumento expressivo nas áreas de pastagens cultivadas (Silva e Nascimento Júnior, 2006). Apesar de ser uma atividade competitiva e rentável, faz-se necessário compreender melhor a relação solo-planta-animal, para atenuar os efeitos da degradação das áreas sob pastagens (Santos et al., 2010), já que o impacto do manejo nos ecossistemas de pastagens não são bem compreendidos (Bell et al., 2011).

O impacto negativo em ecossistemas de pastagens está relacionado às taxas de lotações aplicadas em relação à capacidade produtiva e características físicas e químicas dos solos (Bertol et al., 2000). Além da taxa da lotação animal, o uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados pode causar contaminação dos lençóis freáticos e aumentar o custo de produção (Soares e Restle, 2002; Silveira et al., 2012). Entretanto, quando as pastagens são bem manejadas, os efeitos deletérios nas propriedades físicas do solo pela aplicação da taxa de lotação animal podem ser minimizados e, conseqüentemente, proporcionar ambiente favorável ao crescimento do sistema radicular (Ferreira et al., 2010). A adubação nitrogenada pode estimular o crescimento e a atividade radicular, resultando em maior biomassa produzida e absorção mais eficiente dos nutrientes no solo (Silveira et al., 2012). Assim, o solo impõe limitações ao crescimento das plantas, tanto das folhas como das raízes, pela incapacidade de supri-las com nutrientes, água e oxigênio, afetando a manutenção da produtividade em ecossistema de pastagem (Imhoff et al., 2000; Silva et al., 2006).

A presença dos animais pode alterar os atributos físicos e químicos do solo mediante as diferentes taxas de lotação animal adotadas (Carassai et al., 2011) e mudança no balanço de nutrientes no sistema (Kurz et al., 2006). Em condições de pastejo, parte dos nutrientes é

reciclada devido à deposição de fezes e urina na superfície do solo, perdas de biomassa no pastejo e a senescência de tecidos vegetais (Sarmiento et al., 2008a).

As altas pressões de pastejo dos animais nas áreas de pastagens podem causar o aumento da densidade do solo, alterar a porosidade total, reduzir a capacidade de retenção de água (Araújo et al., 2011), diminuir a taxa de infiltração de água (Bell et al., 2011), reduzir a estabilidade de agregados em água (Bertol et al., 1998), modificar a macroporosidade (kurz et al., 2006), aumentar a resistência a penetração das raízes no solo (Paciullo et al., 2010) e interferir no crescimento das raízes em profundidade (Rosolem et al., 2002).

O grau de alteração do solo sob pastejo depende de vários fatores que se relacionam em conjunto. Dentro os fatores, se destacam a intensidade de pastejo (Imhoff et al., 2000; Du Toit et al., 2009; Carassai et al., 2011; Parente e Maia, 2011), a fertilidade do solo (Celik et al., 2004), a aplicação de fertilizantes (Hati et al., 2007), o teor de matéria orgânica (Ferreira et al., 2010), a textura do solo (Lanzanova et al., 2007) e o potencial de crescimento das raízes (Sarmiento et al., 2008b).

Apesar da importância da avaliação das raízes em pastagem no crescimento vegetal e a dinâmica de nutrientes na pastagem, poucas pesquisas têm sido realizadas (Sarmiento et al., 2008b). A quantificação de raízes envolve métodos dispendiosos e trabalhosos (Böhm, 1979; Batista e Monteiro, 2006; Cunha et al., 2010), representando um desafio para a pesquisa (Himmelbauer et al., 2004). Por outro lado, ensaios com raízes são de grande importância para o entendimento do desempenho e desenvolvimento das plantas cultivadas, pois o sistema radicular está em constante interação com a parte aérea da planta, fornecendo carboidratos e proteínas para a rebrota, principalmente após a desfolhação (Saraiva, 2010).

Portanto, nos últimos anos, a avaliação do sistema radicular tem tido grandes avanços, sobretudo com as análises de imagens que têm facilitado a caracterização das raízes,

destacando-se as variáveis relativas ao comprimento, diâmetro e área da superfície (Himmelbauer et al., 2004).

As raízes podem ter seu crescimento também influenciado pela concentração de elementos tóxicos como Al^{3+} , concentração de outros nutrientes, principalmente o N, presença de água no solo e o pH do solo (Medina et al., 2002; Lavres Jr. e Monteiro, 2003, Zonta et al., 2006; Sarmiento et al., 2008a). A inibição do crescimento das raízes leva ao crescimento mais restrito da planta como um todo. Isto afeta a capacidade de aquisição dos nutrientes e água, além de aumentar os riscos de estresse da planta à seca (Monteiro e Consolmagno Neto, 2008). Assim, o estabelecimento profundo e espalhado das raízes é uma estratégia que pode promover maior adaptação das gramíneas tropicais às condições adversas, podendo levar à escolha de espécies mais adequadas ao meio (Kanno et al., 1999).

A escolha de espécies mais adaptadas pode proporcionar maiores adições de biomassa vegetal, alocando carbono em maiores profundidades no perfil do solo, via sistema radicular. O ecossistema da pastagem contribui para a retenção de carbono, permitindo que o C sequestrado não seja imediatamente liberado para a atmosfera, ou que seu tempo de retorno seja mais prolongado (Balesdent e Balabane, 1996; Lal, 2007). Assim, o conhecimento dos fatores que influenciam o crescimento e a distribuição das raízes, a fertilidade, solo em profundidade, bem como os aspectos físicos do solo nos diferentes tipos de manejo - tais como adubação, lotação animal e método de pastejo em ecossistemas de pastagens - são desejados.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da taxa de lotação nos atributos físico-químicos do solo e a distribuição de raízes em profundidade em pastagens de capim-elefante, procurando práticas de manejo que minimizem a degradação das pastagens, tornando os sistemas de produção animal nestes ecossistemas mais sustentáveis.

Material e métodos

O estudo foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizada no município de Itambé. Este município localiza-se na microrregião fisiográfica da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco, com latitude 7°25' S; longitude 35°6' W e altitude de 190 m. O tipo climático é subúmido megatérmico, segundo a classificação de Thornthwaite. A precipitação média anual é de 1.300 mm, caracterizada por uma distribuição temporal irregular. Os solos predominantes na Estação Experimental são classificados como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Distrófico, com horizonte A proeminente de textura média/argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (Jacomine, 2001; Embrapa, 2006).

As precipitações e as temperaturas médias nos anos de 2009, 2010, bem como a precipitação média histórica e a temperatura média histórica são apresentadas na Figura 1 (Itep, 2011; Agritempo, 2011).

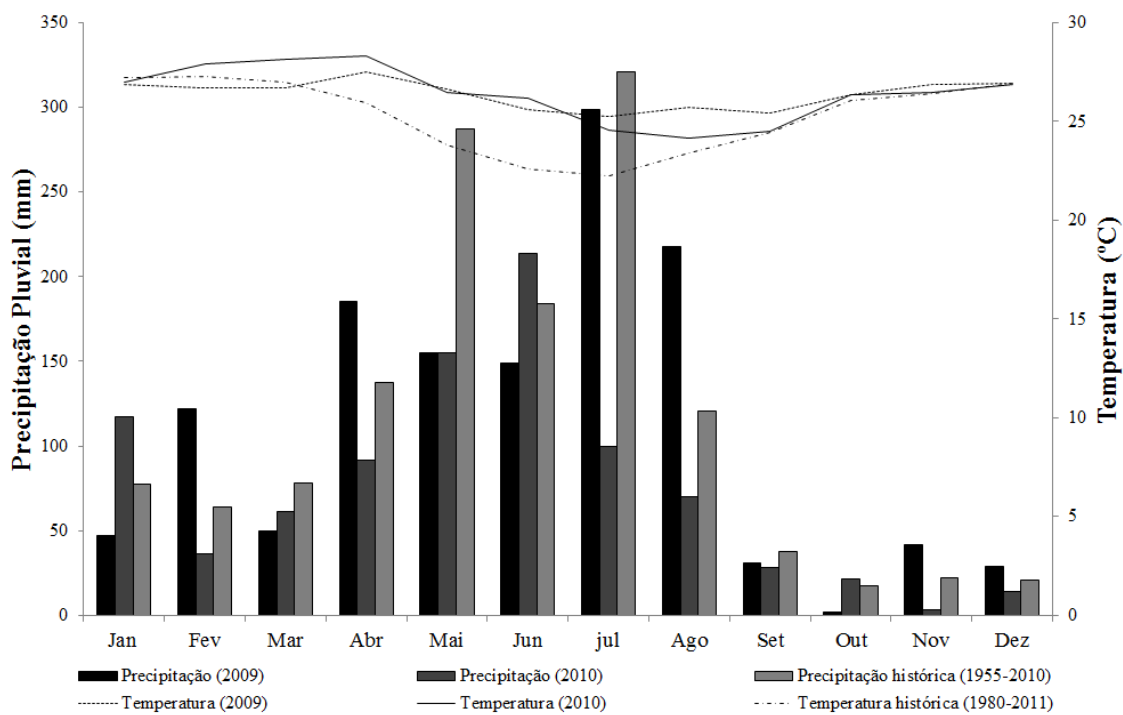


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperatura (°C) mensal (ano 2009, 2010 e média histórica) na Estação Experimental do IPA; Itambé, PE (Itep, 2011; Agritempo, 2011).

Na área de estudo foram realizados, no período de 1977 a 1980, ensaios experimentais com *Sorghum bicolor*; de 1981 a 2001, ensaios com *Brachiaria decumbens*; de 2001 até 2010, ensaios experimentais com clones de *Pennisetum purpureum*.

Amostras de solo nas camadas 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm foram retiradas com a finalidade de caracterização química no início do experimento (Tabela 1) e seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). As frações granulométricas nas diferentes camadas seguiram metodologia proposta por Almeida (2008).

Tabela 1. Análise química e granulometria das amostras de solo da área experimental coletadas em janeiro de 2009 em Itambé-PE.

Camada cm	pH ¹ água	P mg dm ⁻³	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	C.O. ¹	Granulometria ³ g kg ⁻¹		
										Are.	Sil.	Arg.
0-20	5,43	17,81	0,48	0,21	2,50	3,25	0,36	5,27	27,43	580	130	290
20-40	5,21	5,72	0,48	0,24	1,74	2,25	0,57	5,70	22,27	550	100	350
40-60	5,03	1,86	0,46	0,14	1,30	1,65	0,79	5,72	15,93	530	110	360
60-80	5,02	1,67	0,44	0,11	1,16	1,42	0,81	5,20	13,70	520	110	380
80-100	4,99	1,67	0,52	0,11	0,98	1,51	0,72	4,71	11,14	460	130	410

¹pH feito em água (1:2,5), ²C.O. = carbono Orgânico e ³Are.= areia, Sil.=silte, Arg.=argila.

Os tratamentos experimentais consistiram de três taxas de lotação animal (2, 3,9 e 5,8 UA ha⁻¹; 1 UA = 450 kg PV) e três doses de adubação nitrogenada (0, 150 e 300 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N) em pastagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. 381. O experimento ocorreu no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010. Os tratamentos foram repetidos três vezes, sendo utilizado o delineamento de blocos casualizados no arranjo de parcelas subdivididas. A parcela principal foi formada pela lotação animal e a subparcela pela dose de adubo nitrogenado. A unidade experimental foi a pastagem, com área de 833 m² por parcela principal, sendo a subparcela formada por 1/3 desta área (278 m²). As parcelas experimentais foram cercadas para evitar a contaminação pelos animais, via excreta, de uma área para outra. Foi utilizada lotação rotacional com ciclo de pastejo de 35 dias, sendo 34 dias

de descanso e um dia de permanência. Foram utilizadas vacas bimestiças (5/8 holandês/Zebu), com peso vivo médio de 437 ± 42 kg, provenientes do rebanho experimental do IPA.

Foram realizadas adubações nitrogenadas, utilizando a ureia como fonte de N, após cada ciclo de pastejo durante a estação chuvosa de cada ano experimental. A aplicação de N foi parcelada em cinco doses iguais durante o período chuvoso. Durante a época de déficit hídrico os piquetes não foram adubados, não sendo permitida a entrada dos animais, permanecendo todos os piquetes sem pastejo animal. Foram realizadas adubações com P, K e calcário aplicado, conforme recomendação do laboratório de fertilidade de solo do IPA (IPA, 2008), no início do período experimental. Em cada parcela os animais experimentais tiveram acesso à água e sal mineral.

Medidas nas características físicas do solo

No final de 2010, amostras de solo foram coletadas para a determinação da densidade do solo (D_s), densidade das partículas (D_p), porosidade total (P_t), estabilidade de agregados (EA), infiltração básica de água no solo (VIB) e fração leve da matéria orgânica do solo (MOL). Para determinação da densidade do solo (D_s) foi utilizado o método do cilindro, onde foram coletadas amostras indeformadas nas profundidades de 0-10, 0-20 e 10-20 cm. Para densidade da partícula foi coletada amostra de solo na profundidade de 0-20 cm, seguindo o método do balão volumétrico. A porosidade total foi calculada com os dados de densidade do solo e densidade das partículas em solos coletados na camada de 0-20 cm, conforme Embrapa (1997).

A taxa de infiltração de água no solo foi determinada em campo, utilizando-se cilindros infiltrômetros, representados por dois anéis metálicos cilíndricos e concêntricos, tendo os cilindros altura de 30 cm e instalados à profundidade de 15 cm no solo, o cilindro maior, com o diâmetro de 50 cm e o menor, diâmetro de 25 cm (Bouwer, 1986). O método

consistiu em manter uma lâmina de água de 5 cm em ambos os cilindros e cronometrar a infiltração do volume de água ao longo do período de ensaio no cilindro interno (Klar, 1991).

A fração leve da matéria orgânica (mg kg^{-1} de C no solo) foi determinada em água com modificações, onde toda partícula orgânica com densidade menor que 1 kg dm^{-3} ascendia por flotação (Fraga e Salcedo, 2004; Correia, 2010). Foram coletadas amostras de solo em campo, na profundidade 0-10 cm, em três pontos e feita uma amostra composta em cada subparcela do experimento. Em seguida, foram pesadas subamostras de 50 g de terra fina, seca ao ar (TFSA) que, após serem maceradas com o auxílio de um almofariz e pistilo, foram passadas em peneira de 0,5 mm. Após esse procedimento, a amostra foi colocada em peneira de 0,053 mm e lavada em água corrente até que a mesma saísse límpida, indicando que as frações silte e argila haviam sido removidas da amostra. O material retido na peneira de 0,053 mm foi transferido para copos descartáveis de 500 mL de capacidade, posteriormente preenchidos com água, até 1,0 cm abaixo da borda. Agitaram-se as amostras com bastão de vidro para que a matéria orgânica leve (MOL) ficasse em suspensão na água, e então as amostras foram deixadas em repouso por 24 h até que a suspensão ficasse límpida.

Em seguida, procedeu-se a filtração do material em suspensão com a ajuda de uma tela de 0,053 mm e piceta. O material em suspensão recolhido na tela foi lavado com água destilada e seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas e, posteriormente, pesado em balança analítica de precisão (Fraga e Salcedo, 2004; Correia, 2010). Antes desta análise, o material foi moído em moinho de bola e aproximadamente 10 a 15 mg para a análise do C total. C total da amostra foi analisado pelo método de combustão seco, usando o analisador de CNS Carlo-Erba NA-1500 (Haak-Buchler Instruments, Saddlebrook, NJ).

No mês de dezembro de 2010 foram coletadas amostras de solo indeformadas (torrão) nas camadas de 0-2,5; 2,5-7,5 e 7,5-15 cm em três pontos, para a análise de estabilidade de agregados (EA). Em cada subparcela foi feita uma amostra composta. Logo em seguida, as

amostras de solo foram levadas para o laboratório de Física do Solo da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Campus III – Areia-PB, onde foram destorroadas manualmente e passadas em peneiras de 9,52 mm e secas à sombra por 72 h.

A distribuição do tamanho e da estabilidade de agregados via úmida, em água, foi feita por método descrito por Tisdall et al. (1978) e adaptado por Carpenedo e Mielniczuck (1990). Da massa de solo com agregados inferiores a 9,52 mm foram pesados aproximadamente 50 g, colocadas sobre papel de filtro em recipientes de plásticos previamente furados na parte inferior e com algodão na parte interna do recipiente. Isso foi feito para que os agregados fossem umedecidos com água por capilaridade, por um período de 24 h.

Após esse período de umedecimento, os agregados foram transferidos para tubos de plásticos de 20 cm de comprimento e 9,5 cm de diâmetro, contendo 500 mL de água, e agitados por 2 minutos a 16 rpm, em agitador rotativo, o que daria a este solo a simulação de ter rolado por uma distância de 6,4 m. Em seguida, o conteúdo de cada tubo foi transferido para provetas de 1.000 mL, onde completou-se o volume com água e, após esse processo, determinou-se o teor de silte e argila, disperso em água pelo método do densímetro (Bouyoucos, 1951 e modificado por Day, 1965). O conteúdo de cada proveta foi transferido para um conjunto de peneiras (2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,106 mm) o qual foi agitado em água por 15 minutos, em agitador de oscilação vertical com 42 oscilações por minuto.

O solo retido em cada peneira foi submetido à secagem em estufa de 105°C por período de 24 h. Calculou-se a massa e a porcentagem de agregados estáveis em cada classe, sendo a classe inferior a 0,053 mm de diâmetro, obtida pela leitura de silte + argila dispersos em água, enquanto que a classe 0,106 a 0,053 mm, obtida pela diferença entre a massa total da amostra e o somatório das demais frações. Correções para umidades foram também realizadas nesta etapa.

Para avaliação da distribuição do tamanho de agregados via seca foram pesadas aproximadamente 50 g de amostras de agregados inferiores a 9,52 mm de diâmetro e colocadas em um conjunto de peneiras (2,00; 1,00; 0,50; 0,25; 0,106 e 0,053 mm), acopladas a um vibrador Produtest durante um minuto. Em seguida, o material de cada peneira foi pesado e corrigido para umidade.

O diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água (DMPAu) e o diâmetro médio ponderado dos agregados por via seca (DMPAs) foram calculados através do somatório dos produtos entre o diâmetro médio de cada fração de agregados e a proporção de massa da amostra em cada classe, em relação à massa total de amostra, obtidos através da relação da massa de agregados em cada peneira pela massa total da amostra, fazendo as devidas correções para umidade. Já o índice de estabilidade em água das unidades estruturais do solo foi obtido pela relação entre o DMP dos agregados úmidos e o DMP dos agregados secos (DMPAu/DMPAs). Foram calculadas também a porcentagem de macro e microagregados, sendo considerado macroagregados os agregados maiores que 0,25 mm de diâmetro (Macro seco ou úmido), e microagregados os agregados menores que 0,25 mm de diâmetro (Micro seco ou úmido).

Medidas na fertilidade e distribuição radicular em profundidade

A análise de fertilidade do solo foi realizada em amostra de solo coletada em sete pontos, em cinco camadas (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), em cada subparcela, em janeiro de 2009 e dezembro de 2010. As amostras foram caracterizadas quimicamente, seguindo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

As avaliações da densidade de comprimento de raiz (cm cm^{-3}), massa de carbono na raiz (g C m^{-2}) e massa de nitrogênio na raiz (g N m^{-2}) foram realizadas em amostra de solo, coletadas em sete pontos, em cinco camadas (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), em cada parcela, ao final dos dois anos experimentais. Para a realização da coleta de solo e raízes

foi utilizada a sonda modelo S-100; desta coleta, foi feita uma amostra composta com aproximadamente 300 g, e extraída uma subamostra de aproximadamente 50 g, e feita lavagem com água corrente e de maneira cautelosa para minimizar as perdas.

No momento da lavagem foram utilizadas diferentes peneiras (2 e 0,053 mm), agrupadas neste sentido de forma a separar as raízes em diferentes tamanhos (Böhm, 1979), sendo classificadas como raízes grossas (> 2 mm) e finas (< 2 mm). Posteriormente à lavagem, as raízes foram colocadas em uma bandeja de acrílico transparente, com água, e feita a análise de comprimento radicular por meio da digitalização de imagem, utilizando scanner HP e o software WinRHIZO Versão 2009c (Regent Instruments Inc.). O material foi moído com o uso de almofariz e pistilo, e aproximadamente 10 a 15 mg foram usados para a análise do C e N total. Para a análise da massa de raiz, com base no carbono, foi utilizado o método de combustão seco, usando o analisador de CNS Carlo-Erba NA-1500 (Haak-Buchler Instruments, Saddlebrook, NJ).

As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o Proc Mixed do SAS (SAS Inst. Inc., 2010). Foi utilizado delineamento de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições. A taxa de lotação foi a parcela principal, e o nível de adubação foi a subparcela. Foram considerados efeitos fixos a lotação animal, a adubação nitrogenada bem como suas interações. Blocos e suas interações com os efeitos fixos foram considerados efeitos aleatórios. Para a análise de caracterização da fertilidade do solo em profundidade foi feita análise de covariância, onde o ano de 2009 foi considerado como covariável. Para a análise do sistema radicular em profundidades foram feitas análises de medidas repetidas no espaço, onde a escolha da matriz de covariância para cada variável foi realizada com base no menor AIC (*Akaike's Information Criterion*). Foram realizados contrastes ortogonais polinomiais para verificar efeito linear (L) ou quadrático (Q) para os fatores quantitativos (taxa de lotação e adubação nitrogenada). Os efeitos foram considerados significativos a 5%

de probabilidade, sendo as probabilidades das variáveis apresentadas apenas quando o nível de significância foi superior a 5%.

Resultados e discussão

Densidade do solo

Ao final dos dois anos experimentais, o aumento na taxa de lotação animal promoveu efeito linear positivo sobre a característica de densidade do solo na camada de 0-20 cm (Tabela 2), tendo variado de 1,42 a 1,58 g cm⁻³. Sarmiento et al. (2008a) afirmam que o aumento do pisoteio animal ocasionada pela maior lotação animal resulta em maior densidade no solo.

Nesse sentido, Du Toit et al. (2009), em ensaio com diferentes taxas de lotações, usando carneiros (4, 8 e 16 SSU ha⁻¹) numa vegetação mista, dominada por espécies de gramíneas e arbustos de pequeno porte, observaram, ao final do segundo ano experimental, que as densidades do solo foram 2,73, 6,67 e 8,94% maiores do que em áreas não pastejadas.

Lanzanova et al. (2007), em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto e em solo caracterizado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO alumínico típico, encontraram maior compactação do solo decorrente do pisoteio bovino na camada de 0-5 cm de profundidade em áreas pastejadas, em comparação com áreas não pastejadas a cada 14 dias de pastejo (1,20 vs. 1,00 g cm⁻³) e a cada 28 dias (1,16 vs. 1,00 g cm⁻³).

Tabela 2. Efeito da lotação animal (UA ha⁻¹) sobre a densidade do solo (g cm⁻³) em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. na camada de 0-20 cm em Itambé-PE

Lotação Animal UA ha ⁻¹	Densidade do solo g cm ⁻³
2,0	1,42
3,9	1,44
5,8	1,58
Erro-padrão	0,01
Efeito	L; P=0,003

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L), quadrático (Q) ou não significativo (NS).

Sendo assim, a densidade do solo pode refletir no arranjo das partículas que compõe o solo e nas características do sistema poroso (Ferreira, 2010). Isso sugere que a maior lotação tenha promovido compactação do solo na camada superficial. Esta mudança poderá resultar

na retenção de água no solo. Assim, quanto maior a densidade do solo que possua uma mesma textura, maior a compactação. Estes aspectos podem afetar o crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, a produção da parte aérea da planta (Silva et al., 2006; Du Toit et al., 2009; Santos et al., 2010, Ferreira, 2010). Altas pressões de pastejo levam à redução da longevidade do relvado, menor porosidade total, diminuição do movimento de água e gases, além de maior resistência à penetração das raízes (Imhoff et al., 2000).

Durante as avaliações no campo, no último ano (2010), foi observada morte de touceiras do capim *P. purpureum*, ocasionadas pelo tombamento e pisoteio animal, principalmente na taxa de lotação mais elevada (Apolinário, 2010). Possivelmente, a morte de touceiras, associada ao hábito de crescimento ereto do *P. purpureum*, possibilitou o aparecimento de áreas de solo descobertas. Áreas de solo descobertas deixam o solo susceptível às intempéries do meio, podendo ter contribuído para maior densidade do solo encontrada na lotação de 5,8 UA ha⁻¹. Por outro lado, alterações nos resíduos orgânicos no solo podem interferir na compactação do solo (Celik et al., 2010).

A densidade do solo foi diferente entre as camadas 0-10 e 10-20 cm, sendo que a camada 0-10 cm apresentou menor densidade ($D_s=1,45 \text{ g cm}^{-3}$) em comparação com a camada de 10-20 cm ($D_s=1,51 \text{ g cm}^{-3}$) conforme apresentado na Figura 2.

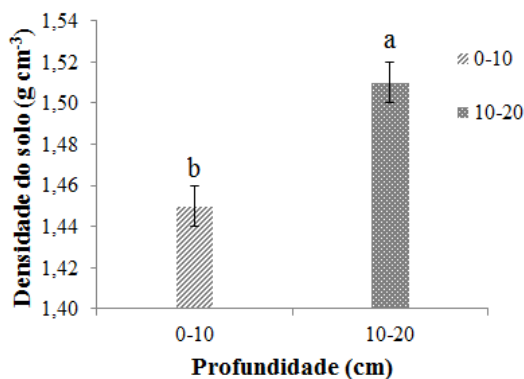


Figura 2. Efeito da profundidade (cm) sobre a densidade do solo (g cm^{-3}) em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum.; Itambé-PE. Erro-padrão = 0,01; P=0,0110.

Saraiva (2010), trabalhando em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. cv. IRI 381 submetidas a três alturas de resíduo pós-pastejo (40, 80 e 120 cm), observou que, ao aprofundar as coletas de solo em cinco camadas (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), não houve efeito nas densidades do solo entre essas camadas que variaram de 1,24 a 1,35 g cm⁻³. Portanto, no presente ensaio, é possível que a parte mais superficial do solo tenha tido maior aporte de matéria orgânica e este fato tenha contribuído para manter o solo melhor estruturado. Camadas do solo com estrutura granular grumosa apresentam valores mais baixos de densidade do solo em comparação com as camadas do solo que tenham a estrutura do tipo em blocos ou similar, pois, a estrutura granular grumosa está relacionada à presença de matéria orgânica no solo (Ferreira, 2010). Assim, a matéria orgânica é fundamental na estruturação das camadas superficiais do solo.

Densidade das partículas e porosidade total

Não foi observado efeito sobre a densidade das partículas na camada 0-20 cm nas diferentes taxas de lotação (P=0,640) e adubações nitrogenadas (P=0,390) e nem tão pouco para a porosidade total do solo nas diferentes taxas de lotação (P=0,174) e adubações nitrogenadas (P=0,390).

A densidade das partículas é um atributo físico, que é bastante estável, cujo valor depende da composição mineralógica e da fração orgânica do solo. A massa específica da matéria orgânica do solo é na ordem de 1,2 Mg m⁻³, no entanto, quando se considera a composição mineralógica, a presença do quartzo, cuja massa específica é na ordem de 2,65 Mg m⁻³, é predominante. Assim, o aumento da densidade das partículas pode ocorrer apenas se o manejo adotado ao longo do tempo alterar consideravelmente o teor da matéria orgânica do solo (Ferreira, 2010). Os valores de densidade das partículas encontrados nesse trabalho ficaram dentro do preconizado na literatura (2,71 ± 0,17 Mg m⁻³). Estes valores sugerem que o incremento da matéria orgânica do solo (MOS) não tenha sido alterado de forma a gerar

mudanças na densidade das partículas, ou que o tempo de dois anos de atuação dos tratamentos (taxa de lotação e adubação nitrogenada), sobretudo a adubação nitrogenada, não tenha sido suficiente para aumentar o aporte de MOS, pois, dificilmente estes tratamentos influenciariam na densidade das partículas.

Os resultados encontrados para a porosidade total do solo não diferiram na camada 0-20 cm nas diferentes taxas de lotação ($P=0,174$) e adubações nitrogenadas ($P=0,390$), embora se tenha observado efeito das taxas de lotação para a densidade do solo (Tabela 2). Isso indica que, se houve mudança de macroporos para microporos, essa transformação não interferiu na porosidade total. Contudo, a porosidade total é um atributo do solo bastante influenciado pelo manejo e uso do solo e pode variar de 30 a 70% (Ferreira, 2010). Segundo Klein (2008), o espaço poroso do solo precisa ser, no mínimo, de 10% para evitar a deficiência de aeração das raízes e armazenamento de água para as plantas. No presente ensaio, os valores de porosidade foram elevados para quaisquer tratamentos ($45,12 \pm 4,43\%$).

Do ponto de vista da qualidade do solo, este resultado se enquadra no mínimo de porosidade total para o eficiente desenvolvimento do sistema radicular e aeração do solo. Portanto, em longo prazo, a taxa de lotação pode ter impacto negativo sobre a porosidade total do solo, particularmente a macroporosidade, a qual é apontada como indicador sensível da qualidade física do solo, principalmente pela sua função de aeração e infiltração de água no solo (Bell et al., 2011).

Fração leve da matéria orgânica (densidade menor que 1 kg dm^{-3})

O teor de C da fração leve da MO apresentou efeito quadrático para as diferentes taxas de lotação animal (Tabela 3). De acordo com resultados dos valores de MOL, a maior lotação animal ($5,8 \text{ UA ha}^{-1}$) promoveu redução do carbono encontrado na fração leve da matéria orgânica. Experimento realizado na mesma área experimental, não foi observado efeito das taxas de lotação animal sobre a massa de serrapilheira depositada que foram na ordem de

2.937, 2.461 e 2.357 kg MO ha⁻¹, respectivamente, para as lotações 2, 3,9 e 5,8 UA ha⁻¹ (Apolinário, 2010).

Tabela 3. Fração leve da matéria orgânica (mg kg solo⁻¹ de C) na profundidade de 0-10 cm em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. manejadas sob diferentes lotações animais; Itambé – PE.

Lotação Animal (UA ha ⁻¹)	Fração leve da matéria orgânica (mg kg solo ⁻¹ de C)
2,0	263
3,9	383
5,8	174
Erro-padrão	38
Efeito	Q; P=0,0139

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L), quadrático (Q) ou não significativo (NS).

Ainda assim, na menor lotação (2 UA ha⁻¹), foi encontrado um valor intermediário entre as duas lotações. É possível que o material senescente, depositado sob o solo na lotação 2 UA ha⁻¹ seja um material menos recalcitrante, pois, na menor lotação, parte dos componentes mais tenros das plantas não são consumidas pelas animais e ainda podem ser perdidos devido ao pisoteio animal, caracterizando um material mais lábil depositado sob o solo. E isso pode ter acelerado a taxa de decomposição do C na MOL. Silva et al. (2010) observaram que, em condições de campo, a decomposição da serrapilheira de *Brachiaria decumbens* sob adubação nitrogenada de 300 kg ha⁻¹ N ano⁻¹ foi maior na lotação 2 UA ha⁻¹ do que nas outras duas lotações (4 e 6 UA ha⁻¹), o que seria justificado, segundo os autores, pela maior umidade conservada no solo, o que teria acelerado o processo de decomposição.

Portanto, a taxa de lotação média (3,9 UA ha⁻¹) adicionou mais C na MOL. Isto pode ser consequência da biomassa vegetal que não foi consumida pelos animais em pastejo e tenha sido depositado sob o solo na forma de serrapilheira menos lábil. Assim, é possível que a deposição tenha sido maior que a decomposição da serrapilheira nesse tratamento.

Vale salientar que, à medida que houve aumento da taxa de lotação, houve elevação da densidade do solo para a camada de 0-20 cm (Tabela 2) e, conseqüentemente, diminuição da

MOL. Sepúlveda e Nieuwenhuys (2011), trabalhando em fazendas com predominância de *Brachiaria decumbens*, localizadas nas montanhas dos trópicos úmidos, no Norte de Honduras, encontraram na análise de correlação efeito negativo entre a densidade do solo e o teor de matéria orgânica ($r=-0,69$; $P<0,01$), e efeito positivo entre a densidade do solo e taxa de lotação ($r=0,44$; $P<0,01$). Sendo assim, práticas de manejo como colheita, aplicações de fertilizantes ou esterco e rotação de culturas (Sequeira et al., 2011) e o pastejo animal influenciam diretamente na qualidade do solo.

Tamanho e estabilidade de agregados do solo

Para os dados de estabilidade de agregados, foi observado efeito da interação lotação e adubação na variável diâmetro médio ponderado dos agregados por via seca (DMPAs). Houve efeito linear positivo para a adubação nitrogenada sobre o DMPAs na lotação de 2 UA ha⁻¹ (Tabela 4). Santiago (1997) afirma que a incorporação e a decomposição da matéria orgânica liberam substâncias cimentantes. Sendo assim, o maior nível de adubação nitrogenada pode aumentar o aporte de matéria orgânica e também a decomposição, por se tratar de um material mais rico em nitrogênio, além de estimular a produção de exsudados orgânicos nas raízes.

Tabela 4. Diâmetro médio ponderado dos agregados por via seca (DMPAs) em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. manejadas sob diferentes lotações animais e adubações nitrogenadas em Itambé – PE

Lotação Animal (UA ha ⁻¹)	Adubação nitrogenada (kg ha ⁻¹ N ano ⁻¹)			Efeito L.	Efeito Q.
	0	150	300		
	----- DMPAs (mm) -----				
2,0	2,82	2,84	3,07	P=0,0370	P=0,3063
3,9	3,25	2,76	2,96	P=0,0619	P=0,0118
5,8	2,45	2,83	3,08	P=0,0610	P=0,0844
Erro-padrão		0,13			
Efeito L.	P=0,3133	P=0,9417	P=0,9798		
Efeito Q.	P=0,1272	P=0,5258	P=0,6812		

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L), quadrático (Q) ou não significativo (NS).

Apesar de não haver efeito para lotação, adubação e interação lotação e adubação ($P > 0,05$), os dados gerais referentes à distribuição percentual de agregados, por classe de tamanhos, obtida por peneiramento via seca (Macro Seco e Micro Seco) e via úmida (Macro Úmido e Micro Úmido) e do diâmetro médio ponderado dos agregados para os diferentes tratamentos (taxa de lotação e adubação nitrogenada) obtidos via úmida (DMPAu) e estabilidade estrutural (DMPAu/ DMPAs) foram apresentados (Tabela 5).

Tabela 5. Distribuição percentual de agregados, por classe de tamanhos, obtida por peneiramento via seca (Macro Seco e Micro Seco) e via úmida (Macro Úmido e Micro Úmido) e do diâmetro médio ponderado dos agregados obtidos por via seca (DMPAs) e via úmida (DMPAu) e estabilidade estrutural (DMPAu/ DMPAs) em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. em Itambé – PE

Lotação	¹ Macro Seco	Macro Úmido	² Micro Seco	Micro Úmido	DMPAu/ DMPAs
(UA ha ⁻¹)	----- % -----				
2	94,00	70,82	5,99	29,17	46,00
3,9	94,13	72,64	5,87	27,35	45,99
5,8	92,85	71,85	7,14	28,14	49,14
Erro-padrão	0,77	1,57	0,77	1,57	0,02
Efeito L.	0,3723	0,6417	0,3723	0,6417	0,2139
Efeito Q.	0,4905	0,4685	0,4905	0,4685	0,5066
Adubação nitrogenada	¹ Macro Seco	Macro Úmido	² Micro Seco	Micro Úmido	DMPAu/ DMPAs
(kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹)	----- % -----				
0	93,26	72,40	6,73	27,59	46,43
150	94,52	71,18	6,80	28,81	48,62
300	94,07	71,73	5,47	28,26	46,02
Erro-padrão	0,78	1,47	0,78	1,47	0,02
Efeito L.	0,5093	0,4396	0,5093	0,4396	0,7184
Efeito Q.	0,3712	0,5033	0,3712	0,5033	0,6237

¹Macro = macroagregados obtidos via seca ou úmida (DM > 0,25 mm);

²Micro = microagregados obtidos via seca ou úmida (DM < 0,25 mm);

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L), quadrático (Q) ou não significativo (NS).

Observou-se que os macroagregados secos (Macro Seco) ficaram acima de 90%, porém, em água, estes macroagregados diminuíram para 70% (Macro Úmido). Para ambos os tratamentos (taxa de lotação e adubação nitrogenada), conseqüentemente houve aumento dos microagregados secos que passaram de aproximadamente 6% (Micro Seco) para 29% (Micro Úmido) em presença da água. Como pré-requisito para ocorrer agregação, a argila deve estar

floculada e ter substâncias com poder de cimentação (Ferreira, 2010). Assim, é possível que esse solo seja rico nestas substâncias e que a argila em presença de água seja pouco dispersa. Abiven et al. (2009), fazendo uma compilação de vários trabalhos na literatura, observaram vários compostos orgânicos que são encontrados no solo, que têm relação direta, como a formação de agregados (e.x.: glucose, amido e lignina).

Parte dos macroagregados ($> 0,25$ mm) se transformou em agregados menores, ou seja, microagregados ($< 0,25$ mm), o que refletiu no diâmetro médio ponderado seco que variou de 2,14 a 3,07 mm e o índice de estabilidade de agregados (DMPAu/ DMPAs) com valor abaixo de 50% (Tabela 5).

Silva e Mielniczuc (1998), em estudo com solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico sob vegetação perene com capim-pangola (*Digitaria decumbens* Stent.), observaram elevados valores na relação DMPAu/ DMPAs na ordem de 71, 58 e 42% para as profundidades de 10, 20 e 30 cm, respectivamente. Ainda estes autores relatam que quanto maior for a relação DMPAu/ DMPAs maior é a estabilidade de agregados em água. Sendo assim, este índice é fortemente influenciado por teores de carbono orgânico do solo, óxido de ferro e alumínio, densidade de raízes finas e hifas de fungos, células bacterianas agindo simultaneamente (Silva e Mielniczuc, 1998; Gardi et al., 2002; Abiven et al., 2009; Spohn e Giani, 2011; Tang et al., 2011).

Nas diferentes profundidades de coletas do solo para o estudo da estabilidade de agregados, foi observado efeito para o DMPAs, DMPAu e para a estabilidade estrutural (Tabela 6). Na camada superficial do solo (0-2,5 cm) foi observado o maior DMPAs, se comparado com as outras duas profundidades (2,5-7,5 e 7,5-15 cm). Comportamento contrário foi observado para o DMPAu, tendo o diâmetro médio aumentado com a profundidade. Na camada de 0-2,5 cm o pisoteio pode ter influenciado o maior diâmetro médio nessa camada. Considerando que a agregação pode ocorrer pela ação da compressão

sem, no entanto, ter ocorrido estabilização (Silva e Mielniczuc, 1998). Por outro lado, no processo de umedecimento, pode ocorrer dispersão das substâncias cimentantes e consequente enfraquecimento das ligações das partículas do solo (Santiago, 1997).

Tabela 6. Diâmetro médio ponderado dos agregados por via seca (DMPAs) e via úmida (DMPAu) e estabilidade estrutural (DMPAu/ DMPAs) em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. nas diferentes profundidades (cm) em Itambé – PE.

Profundidade	DMPAs	DMPAu	DMPAu/ DMPAs
<i>cm</i>	----- <i>mm</i> -----		%
0-2,5	3,02	1,20	42,07
2,5-7,5	2,86	1,26	47,75
7,5-15	2,80	1,39	51,04
Erro-padrão	0,08	0,61	1,80
Efeito	L; P=0,0317	L; P=0,0163	L; P=0,0007

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L), quadrático (Q) ou não significativo (NS). *Ep= erro-padrão.

O menor índice de estabilidade encontrado nas camadas superficiais (0-2,5 e 2,5-7,5 cm) em comparação com a camada mais profunda (7,5-15 cm) pode estar relacionado com a característica inerente deste solo, pois a argila, que é umas das responsáveis pela estabilidade de agregação dos agregados, é translocada para camadas inferiores em solos classificados como Argissolos, o que deixa as camadas superiores com elevados teores da fração areia e que, conseqüentemente, tem menor poder de agregação. Além disto, existem nestas áreas de *P. purpureum*, porções descobertas com menor atuação do sistema radicular das gramíneas. As raízes são consideradas fator positivo na estabilidade de agregados (Silva e Mielniczuc, 1998), além de diminuir a MOS, considerada um dos principais fatores que afetam a estabilidade de agregados (Abiven et al., 2009).

Velocidade básica de infiltração de água no solo

Não houve efeito dos tratamentos sobre a VIB nas diferentes taxas de lotação (P=0,4971) e adubações nitrogenadas (P=0,1098). Cumpre lembrar a ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre a porosidade total, embora tenha havido diferença da

densidade do solo nas camadas estudadas (Tabela 2). Os dados de infiltração apresentaram valor médio de 155,14 mm h⁻¹.

Bell et al. (2011) afirmam que a degradação da estrutura do solo pelo pisoteio animal pode reduzir a taxa de infiltração e a condutividade hidráulica do solo. Esse fenômeno pode surtir efeito negativo sobre o crescimento e estabelecimento das plantas. Miguel et al. (2009), avaliando a taxa de infiltração de água no solo em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico Típico com pastagem de 'braquiarião' (*Urochloa brizantha* (Stapf) Webster cv. Marandu) sob lotação rotacional média de 6 UA ha⁻¹, verificaram redução, onde a taxa de infiltração foi de 73,3 e 64,6% nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. Considerando que o período de pastejo era de seis dias e de trinta dias de descanso, e que o aumento foi verificado após 15 passagens pelos animais nos piquetes, ainda segundo os mesmos autores, a diminuição da taxa de infiltração se deu pelo fato de o pisoteio animal ter compactado o solo, sobretudo a camada mais superficial do solo (0-10 cm).

Du Toit et al. (2009) realizaram ensaio no Sul da África, em região dominada por vegetação mista de gramíneas/arbusto, e concluíram que altas taxas de lotação não só diminuíram a infiltração de água no solo como também afetaram a densidade do solo, e afirmaram que o aumento da densidade do solo foi uma das principais causas do efeito negativo na infiltração de água no solo. Lanzanova et al. (2007) afirmam que os atributos físicos do solo, os quais apresentaram maior sensibilidade ao processo de compactação causado pelo pisoteio animal são a resistência do solo à penetração, a macroporosidade do solo e a infiltração de água no solo.

Para que ocorram mudanças significativas na VIB é preciso atuação em conjunto de diversas variáveis, dentre essas: a densidade do solo, estabilidade de agregados, porosidade total, distribuição de poros, resistência tênsil do solo, textura do solo, cobertura do solo e matéria orgânica do solo (Brandão et al., 2009; Tang et al., 2011).

Fertilidade do solo

As variáveis de caracterização química do solo não foram influenciadas pelos tratamentos aplicados, no entanto, diferiram em função da profundidade. Os teores de matéria orgânica diminuíram à medida que as coletas de solo foram se aprofundando nas diferentes camadas do solo em estudo (Tabela 7).

Tabela 7. Atributos químicos do solo em função das profundidades (camada) de amostragem (cm) em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. em diferentes taxas de lotação animal (UA ha⁻¹) e adubações nitrogenadas (kg ha⁻¹ N ano⁻¹) em Itambé – PE.

Variáveis	Camada (cm)					Ep
	20	40	60	80	100	
pH ¹	5,24	5,17	4,99	4,98	4,97	0,07
H ⁺	58,0	64,2	63,8	53,4	49,3	3,40
P	6,68	1,61	2,24	1,52	5,55	0,81
Al ³⁺	3,09	8,08	10,53	12,26	8,80	0,12
K	4,19	3,087	2,04	1,66	1,37	1,21
Ca ²⁺	28,57	19,61	13,36	13,42	11,29	0,88
Mg ²⁺	28,66	15,08	14,82	10,26	13,29	1,90
MO	24,23	21,66	21,74	12,82	11,51	2,02
CTC	68,39	49,32	43,60	38,36	35,27	4,40
V	51,68	35,98	30,04	27,56	30,42	2,08
m	4,5	16	24	32	25	2,60

¹pH foi expresso em Água -1:2,5; P foi expressa em mg dm⁻³; Al³⁺, K, Ca²⁺, Mg²⁺ e CTC foram expressos em mmolc dm⁻³; MO foi expresso em g kg⁻¹; V e m são expressos em %. Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L), quadrático (Q) ou não significativo (NS). *Ep= erro-padrão.

Sarmento et al. (2008a) observaram em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico de textura arenosa, na cidade de Paranavaí (PR), que os teores de MO foram de 18, 13 e 9 g dm⁻³, respectivamente, nas camadas de 10, 20 e 40 cm. Ainda segundo esses autores, o maior teor de matéria orgânica encontrado nas camadas superficiais estava relacionado com maior concentração de raízes nessas camadas, maior acúmulo de resíduo vegetal e animal depositado em superfície.

Nas camadas superficiais, onde foram encontrados maiores teores de MO, também foram observados maiores valores de CTC (Tabela 7). O aumento do teor de matéria orgânica

tem a capacidade de gerar cargas negativas e elevar a CTC do solo (Meurer, 2007; Sarmiento et al., 2008a).

A variável saturação por base foi superior na camada de 20 cm em comparação às outras camadas (Tabela 7). O valor de V na camada de 20 cm foi superior a 50%, o que indica que essa camada é mais fértil (caráter eutrófico) do que nas demais camadas, onde esses valores foram inferiores a 50% (caráter distrófico). Isso é reflexo dos maiores teores dos nutrientes K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} presentes nessa camada. Sarmiento et al. (2008a) também encontraram decréscimo dos valores de V entre as camadas 10, 20 e 40 cm com consequente diminuição do pH.

O pH do solo diminui com a profundidade do solo (Tabela 7). O efeito do pH na solução do solo podem ter consequências diretas na disponibilidade dos elementos essenciais à nutrição das plantas. Segundo Meurer (2007), o pH menor do que 5 é classificado como extremamente ácido, e na faixa entre 5,0-5,5 classificado como muito ácido. Os valores de pH, neste estudo, variaram entre extremamente ácido a muito ácido. Esses valores de pH podem indicar a presença de elementos potencialmente tóxicos às plantas, sobretudo nas camadas mais profundas. Isto pode ocorrer pela maior atividade do H e Al nestas camadas (Saraiva, 2010). Por outro lado, na faixa de pH entre 6 a 7 os teores dos elementos Al^{3+} e Mn não são tóxicos às plantas (IPA, 1998). Meurer (2007) afirma que, além da presença de elementos tóxicos em condição de acidez - como é o caso dos elementos Mn e Al^{3+} -, a acidez do solo influencia negativamente na disponibilidade de alguns nutrientes, principalmente o P que, nessa condição, na maioria dos solos brasileiros é pouco disponível, em consequência dos elevados teores de óxidos de Fe e Al.

É possível que a elevada acidez encontrada possa ser explicada pelas sucessivas adubações nitrogenadas no campo que vêm sendo aplicadas há alguns anos. Costa et al. (2008) concluíram que há redução do pH (5,6 a 4,6 em água - 1:2,5) e aumento dos teores de

Al^{3+} (0,05 a 0,41 $cmol_c\ dm^{-3}$), após três anos de aplicação contínua de adubação nitrogenada. Lange et al. (2006) também constataram que aplicação de N reduziu o pH, os teores de Ca e Mg, além de aumentarem a saturação por alumínio.

A saturação por alumínio aumentou consideravelmente nas camadas mais profundas do solo e variou de 4,5 a 32%. Consequência dos valores de Al^{3+} encontrados neste estudo, que também diferiram com a profundidade (Tabela 7). Quando esse elemento é encontrado em níveis tóxicos no solo, podem causar danos ao sistema radicular e consequentes problemas na absorção de água e nutrientes nas plantas (Saraiva, 2010).

Os maiores teores de Mg^{2+} e K^+ encontrados na camada de 0-20 cm (Tabela 7) podem estar relacionados com a maior CTC do solo também encontrada nessa camada e que apresentou o mesmo efeito destes nutrientes. Solos com maior CTC apresentam maiores quantidades de sítios de retenção para o K^+ e Mg^{2+} do solo, possibilitando a redução das perdas destes nutrientes por lixiviação (Meurer, 2007; Sarmiento et al., 2008a).

O fósforo apresentou diferença entre as profundidades estudadas e variou de 6,68 a 1,52 $mg\ dm^{-3}$. Na camada de 0-20 cm o valor de P foi superior ao encontrado nas demais camadas. Saraiva (2010), trabalhando em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. cv. IRI 381, submetidas a três alturas de resíduo pós-pastejo (40, 80 e 120 cm), observou que, ao aprofundar as coletas de solo em cinco camadas (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm), encontrou valores superiores aos encontrados no presente trabalho e variaram de 12,2 a 3,1 $mg\ dm^{-3}$. Este autor explica que esse resultado está ligado à deposição de restos vegetais e animais nas camadas superficiais do solo.

Sendo assim, é possível afirmar que a camada mais superficial do solo (0-20 cm) apresentou melhor fertilidade do solo em relação às demais camadas (20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm).

Distribuição de raiz no perfil do solo

A densidade de comprimento de raiz diferiu entre as profundidades (Tabela 8). Na camada de 0-20 cm foi encontrada maior densidade de comprimento de raiz para todos os tipos de raízes (fina, grossa e total). A raiz de tipo fina na camada de 0-20 de profundidade foi de aproximadamente 33% ao encontrado em todo perfil do solo (0-100 cm) nesta mesma categoria. Já a raiz tipo grossa ficou em torno de 57% ao encontrado em todo perfil do solo e nesta categoria. Sarmento et al. (2008b) observaram em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, no perfil de 0-40 cm de profundidade, que, aproximadamente 85% do sistema radicular estavam na camada de 0-20 cm. Esse valor foi superior ao encontrado no presente trabalho, pois, apenas 62% do comprimento da raiz total foram encontrados na camada 0-20 cm, quando considerado o perfil de 0-40 cm.

Tabela 8. Densidade de comprimento de raiz (cm cm^{-3}) em função das camadas de amostragem (cm) em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. em diferentes taxas de lotação animal (UA ha^{-1}) e adubações nitrogenadas ($\text{kg ha}^{-1} \text{N ano}^{-1}$) em Itambé – PE.

Profundidade cm	Raiz Fina	Raiz Grossa cm cm^{-3}	Raiz Total
0-20	5,76	2,67	8,43
20-40	4,25	0,96	5,21
40-60	3,49	0,34	3,83
60-80	2,01	0,46	2,47
80-100	1,66	0,29	1,95
<i>Erro-padrão</i>	0,39	0,09	0,41
<i>Efeito Linear</i>	P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001
<i>Efeito Quadrático</i>	P=0,2360	P<0,0001	P=0,1755

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L), quadrático (Q) ou não significativo (NS).

Quando considerado o comprimento de raiz total em todas as camadas (0-100 cm), aproximadamente 78% da raiz encontrada foi do tipo fina (Tabela 8). Segundo Araújo e Machado (2006), sistemas radiculares mais extensos aumentam a área de contato entre as raízes e o solo, onde as maiores absorções dos nutrientes menos solúveis estão relacionadas com o maior comprimento radicular, sobretudo as raízes mais finas, as quais constituem a principal via de entrada de nutrientes e água para as plantas (Gregory, 2006). Assim, a

formação de um sistema radicular vigoroso é de fundamental importância para que a planta possa suportar situações de estresse como invernos intensos, verões secos e o pastejo animal (Cunha et al., 2007; Cunha et al., 2010).

É possível que na camada – como a elevada fertilidade do solo (0-20 cm) em comparação às demais camadas (20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm) -, tenha influenciado no aumento da densidade de comprimento de raiz na camada mais superficial (Tabela 8). Sendo assim, a diminuição da fertilidade e o aumento da saturação por alumínio, à medida que aumenta a profundidade do solo (Tabela 7), pode explicar a menor densidade de comprimento de raiz nas camadas abaixo de 0-20 cm. O maior teor de argila em profundidade também pode influenciar a densidade de comprimento de raiz (Tabela 1). Assim, a planta deve gastar mais energia para aumentar o comprimento do sistema radicular em camadas mais profundas e explorar ao máximo o solo e manter sua taxa de crescimento.

Para massa de raiz com base no carbono (tipo fina, grossa e total) foi observado diferença entre as profundidades (Tabela 9). Não houve diferença entre a camada de 0-20 e 20-40 cm para todos os tipos de raiz, porém, elas foram diferentes das demais camadas (40-60, 60-80 e 80-100 cm). A massa de raiz na camada de 0-20 cm foi em torno de 31, 47 e 36% da massa de raiz em todo o perfil para a raiz do tipo fina, grossa e total, respectivamente. A maior concentração de raiz na camada superficial do solo pode estar relacionada com a concentração de nutrientes (Sarmiento et al., 2008b).

Tabela 9. Massa de raiz (g C m^{-2}) fina ($> 2 \text{ mm}$), grossa ($< 2 \text{ mm}$) e total em função das camadas de amostragem (cm) em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. sob diferentes taxas de lotação animal (UA ha^{-1}) e adubações nitrogenadas ($\text{kg ha}^{-1} \text{ N ano}^{-1}$) em Itambé – PE.

Profundidade	Raiz Fina	Raiz Grossa	Raiz Total
cm	----- g C m^{-2} -----		
0-20	503	283	786
20-40	407	147	555
40-60	273	66	340
60-80	198	63	262
80-100	202	46	248
<i>Erro-padrão</i>	31,6	20,7	40,1
<i>Efeito Linear</i>	P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001
<i>Efeito Quadrático</i>	P=0,1340	P<0,0306	P=0,0853

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L), quadrático (Q) ou não significativo (NS).

Na camada de 20-40 cm a massa de raiz ficou próximo a 25% para as raízes fina, grossa e total. É possível que a baixa disponibilidade de nutrientes, considerada comum nos solos tropicais, sobretudo para o fósforo, contribua para o aumento do comprimento e massa de raízes tipo fina. Esse comportamento parece ser uma estratégia da planta para assimilar nutrientes, sugerindo que o P tenha influência sobre a distribuição de raízes em profundidade.

Em ensaio com oito progênies de espécies de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria ruziziensis*, obtidas de um trabalho de seleção, onde foram divididas em mais adaptadas e menos adaptadas para solos de baixa disponibilidade de fósforo, Kerguelen et al. (2009), observaram que a média das massas das raízes das progênies mais adaptadas foram o dobro das menos adaptadas ($0,36 \text{ vs. } 0,18 \text{ g planta}^{-1}$), e a média do comprimento radicular das progênies mais adaptadas também foram mais que o dobro em comparação com aquelas menos adaptadas ($51,9 \text{ vs. } 21,1 \text{ m planta}^{-1}$) em resposta ao estresse, por falta de P pelo aumento na formação e alargamento das raízes laterais e diminuição do alargamento da raiz primária.

O estoque de N nos diferentes tipos de raiz (fina, grossa e total) diferiu entre as camadas (Tabela 10). Não houve diferença entre os estoques de N nas camadas de 0-20 e 20-40 cm para a raiz do tipo fina, porém, os estoques de N na raiz tipo fina, nestas duas camadas

superficiais, foram diferentes dos estoques de N na raiz tipo fina, encontrados nas demais camadas (40-60, 60-80 e 80-100 cm). Para a raiz do tipo grossa e total, os estoques de N nestes tipos de raízes (fina e total), na camada de 0-20 cm, diferiram das demais camadas (20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm). Quando considerado todo o perfil do solo (0-100 cm) para raiz total, as raízes finas contribuíram com 73% do estoque de N, porém, quando considerado a profundidade de 0-20 cm a contribuição do estoque de N foi de 64%. Isso indica que a maior contribuição no estoque de N, sistema radicular, se encontra na camada de 0-20 cm.

Tabela 10. Estoque de N em raiz ($g N m^{-2}$) fina ($> 2 mm$), grossa ($< 2 mm$) e total em função das camadas de amostragem (cm) em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. sob diferentes taxas de lotação animal ($UA ha^{-1}$) e adubações nitrogenadas ($kg ha^{-1} N ano^{-1}$) em Itambé – PE.

Profundidade	Raiz Fina	Raiz Grossa	Raiz Total
cm	----- $g N m^{-2}$ -----		
0-20	14,0	7,8	21,8
20-40	13,4	3,8	17,2
40-60	8,6	3,4	12,1
60-80	5,7	1,9	7,7
80-100	5,3	0,7	6,1
<i>Erro-padrão</i>	0,84	0,52	0,91
<i>Efeito Linear</i>	P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001
<i>Efeito Quadrático</i>	P=0,5068	P<0,0114	P=0,0463

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L), quadrático (Q) ou não significativo (NS).

O N proveniente das raízes mortas é fundamental para manutenção da fertilidade do solo e para os processos de ciclagem de nutrientes, sobretudo das raízes finas. Na matéria orgânica do solo, que é compreendida pelos componentes vivos e não vivos (Ferreira et al., 2010), as raízes contribuem com 5-10% do total destes componentes (Silva e Mondança, 2007). Vale salientar que as raízes mais finas têm um papel importante na reciclagem dos nutrientes nos ecossistemas de pastagens. Guo et al. (2005) trabalharam com duas espécies de gramíneas, *Themeda triandra* e *Austroanthonia racemosa*, e observaram que cerca de 26% das raízes finas desapareceram em *Themeda triandra*, no período de um ano; já para a espécie *Austroanthonia racemosa*, cerca de 36% desapareceram pelo processo de decomposição.

Desta forma, pode-se inferir que as raízes mais finas tomam destaque, não só na manutenção nutricional da planta, mas também no processo de mineralização da matéria orgânica do solo.

Conclusões

Ao final de dois anos experimentais os tratamentos, taxa de lotação a adubação nitrogenada não alteraram a porosidade total, velocidade básica de infiltração de água no solo, índice de agregação, nem tão pouco influenciaram os parâmetros de fertilidade do solo e a distribuição do sistema radicular no período experimental.

Por outro lado, a taxa de lotação modificou a densidade do solo e da fração leve da matéria orgânica. Essas alterações sugerem efeito negativo da alta lotação animal na qualidade física do solo, podendo, a médio/longo prazo causar degradação do solo e interferir na produção da comunidade vegetal.

Referências bibliográficas

ABIVEN, S.; MENASSERI, S.; CHENU, C. The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability – A literature analysis. **Soil Biology e Biochemistry**, v.41, p.1–12, 2009.

AGRITEMPO (2011). Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=PE>>. Acesso em 09/09/2011.

ALMEIDA, B.G. **Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo**. 2008. 103f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade Luiz de São Paulo, Piracicaba.

APOLINÁRIO, V.X.O. **Massa e composição química de serrapilheira em pastagens sob diferentes taxas de lotação e níveis de nitrogênio**. 2010. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2006. p.253-280.

ARAÚJO, Q.R.; GATTWARD, J.N.; DANTAS, P.A.S. Efeitos da lotação animal em pastagem consorciada sobre propriedades de um solo coeso. **Magistra**, v.23, n.3, p.115-121, 2011.

BALESDENT, J.; BALABANE, M. Major contribution of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 28, n. 9, p.1261-1263, 1996.

BATISTA, K. e MONTEIRO, F. A. Sistema radicular do capim Marandu, considerando as combinações de doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.30, p.821-828, 2006.

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

BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A.; ALMEIDA, E.X. Propriedades físicas do solo relacionadas com diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.5, p.1047-1054, 2000.

BERTOL, I.; GOMES, K.E.; DENARDIN, R.B.N. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.779-786, 1998.

BÖHM, W. **Methods of studing root systems**. In: DURHAM, W.D.B., ATHENS, F.G., WÜRZBURG, O.L.L., OAK RIDGE, J.S.O. (eds). *Ecological Studies: analysis and syntesis*. v. 33. Brühlsche Universiätsdrukeriei: Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 1979. 188 p.

BOUWER, H. Intake Rate: Cylinder Infiltrrometer. In: Klute (Ed.) **Methods of Soil Analysis. Part 1. Phisical and Mineralogical Methods**. 2. ed. Medison: USA, 1986. p.825-844.

BOUYOUCOS, G.J.A. Recalibration of the hydrometer method for making analysis of soils. **Agronomy Journal**, Madison, v.43, p.434-437, 1951.

BRANDÃO, V.S.; CECÍLIO, R.A.; PRUSKI, F.F. Infiltração da água no solo. 3ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 120p.

CARASSAI, I.J.; CARVALHO, P.C.F.; CARDOSO, R.R. Atributos físicos do solo sob intensidades de pastejo e métodos de pastoreio com cordeiros em integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1284-1290, 2011.

CARPENEDO, V. e MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.99-105, 1990.

CELIK, I.; GUNAL, H.; BUDAK, M. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. **Geoderma**, v.160, p.236-243, 2010.

CELIK, I.; ORTAS, I.; KILIC, S. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. **Soil e Tillage Research**, v.78, p.59-67, 2004.

Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos (CPRH). 2003. Diagnóstico sócio-ambiental do Litoral Norte de Pernam-buco. CPRH, Recife, Pernambuco, Brazil.

CORREIA, K.G. **Biota do solo e atividade microbiana de áreas em diferentes estágios sucessionais e aspectos sócio-econômicos no município de Santa Terezinha-PB**. 2010. 123f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. I - Alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1591-1599, 2008.

COSTA, S.E.V.G.A.; SOUZA, E.D.; ANGHINONI, I. Distribuição de potássio e de raízes no solo e crescimento de milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1291-1301, 2009.

CUNHA, F.F.; RAMOS, M.M.; ALENCAR, C.A.B. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 351-357, 2010.

CUNHA, F.F.; SOARES, A.A.; SEDIYAMA, G.C. Avaliação do sistema radicular do capim-Tanzânia submetido a diferentes níveis de irrigação e turnos de rega. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.3, p.200-211, 2007.

DAY, P.R. Particle fractionation and particle size analysis. In BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; ENSMINGER, L.E.; WHITE, J.L. e CLARK, F.E., eds. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1, p.545-567.

DU TOIT, G.V.N.; SNYMAN, H.A.; MALAN, P.J. Physical impact of grazing by sheep on soil parameters in the Nama Karoo subshrub/grass rangeland of South Africa. **Journal of Arid Environments**, v.73, p.804–810, 2009.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 2ª Edição – EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1997. 212p.

FERREIRA, M.M. Caracterização Física do Solo. In: LIER, Q.J.V. (Ed) **Física do Solo**. 1.ed. Minas Gerais: Viçosa, 2010. p.1-27.

FERREIRA, R.R.M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V.M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina**, v.31, n.4, p.913-932, 2010.

FRAGA, V.S.; SALCEDO, I.H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. **Soil Science Society of America Journal**. v.68, p.215-224, 2004.

GARDI, C.; TOMASELLI, M., PARISI, V. Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. **European Journal of Soil Biology**, v.38, p.103–110, 2002.

GIAROLA, N.F.B.; TORMENA, C.A.; DUTRA, A.C. Degradação Física de um latossolo vermelho utilizado para produção intensiva de forragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31, p. 863-873, 2007.

GREGORY, J. P. **Plant Roots: Growth, Activity and Interaction with Soils**, 2006. p.318.

GUO, L.B., HALLIDAY, M.J., SIAKIMOTU, S.J.M. Fine root production and litter input: Its effects on soil carbon. **Plant and Soil**, v.272, p.1-10, 2005.

HATI, K.M.; SWARUP, A.; DWIVED, A.K. Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.119, p.127-134, 2007.

HIMMELBAUER, M.L.; LOISKAND, W.; KASTANEK, F. Estimating length, average diameter and surface area of roots using two different image analyses systems. **Plant and Soil**, v.260, p.111-120, 2004.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações de curvas de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.55, n.7, p. 1493-1500, 2000.

SCHUMAN, G.E., LECAIN, D.R., REEDER, J.D., MORGAN, J.A. Carbon dynamics and sequestration of a mixed-grass prairie as influenced by grazing. In: Lal, R. (Ed.) **Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect**. Soil Science Society of America, Special Publication No. 57, Madison, WI, 2001. p.67-75.

IPA - Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. *Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (2ª aproximação)*. 2.ed. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 2008. 198p.

ITEP [2011]. INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO. Disponível em: <<http://www.itep.br>>. Acesso em 09/09/2011.

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

KANNO, T., M.C. MACEDO, V.P.B. EUCLIDES, J.A. BONO, J.D.G. SANTOS, M.C. ROCHA, AND L.G.R. BERETTA. Root biomass of five tropical grass pastures under continuous grazing in Brazilian savannas. **Grassland Science**, v.45, p.9-14, 1999.

KERGUELEN, S.M.; RAO, I.; RAMÍREZ, H. Atributos morfológicos y fisiológicos de *Brachiaria* em un suelo con bajo fósforo disponible y alta saturación de alumínio. **Acta Agronomica**, v.58, p.1-8, 2009.

KLAR, A.E. **Irrigação: Frequência e quantidade aplicação**. Ed. Nobel, São Paulo, 1991, 156p.

KLEIN, V.A. **Física do solo**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2008. 212p.

KURZ, I. O'REILLY, C.D.; TUNNEY, H. Impact of cattle on soil physical properties and nutrient concentrations in overland flow from pasture in Ireland. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.113, p.378-390, 2006.

LAL, R. Carbon management in agricultural soils. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.12, p.303-322, 2007.

LANGE, A.; CARVALHO, J.L.N.; DAMIN, V. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.460-467, 2006.

LANZANOVA, M.E., NICOLOSA, R.S., LOVATO, T. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1131-1140, 2007.

LAVRES, JR.; MONTEIRO, F.A. Perfilhamento, Área Foliar e Sistema Radicular do Capim Mombaça Submetido a Combinações de Doses de Nitrogênio e Potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1068-1075, 2003.

MEDINA, C.C.; NEVES, C.S.V.J.; FONSECA, I.C.B. Crescimento radicular e produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de vinhaça em fertirrigação. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 23, n. 2, p. 179-184, 2002.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007. p.65-90.

MIGUEL, F.R.M.; VIEIRA, S.R.; GREGO, C.R. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1513-1519, 2009.

MONTEIRO, F.A.; CONSOLMAGNO NETO, D. Sistema radicular do capim-tanzânia adubado com potássio e magnésio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.810-818, 2008.

NASCIMENTO, J.T.; SILVA, I.F.; SANTIAGO, R.D. Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um luvisolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.825-831, 2005.

PACUILLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T.; GOMIDE, C.A.M. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Scientia Agricola**, v.67, n.5, p.598-603, 2010.

PARENTE, H.N.; MAIA, M.O. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.5, n.3, p.3-15, 2011.

REGENT INSTRUMENTS. WinRHIZO v2009c. Quebec, Canada: Regent Instruments Canada Inc.2009, 140p.

RODRIGUES, L.R.A.; QUADROS, D.G.; RAMOS, A.K.B. Recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO PECUÁRIO 2000 – PERSPECTIVA PARA III MILÊNIO, 1., Pirassununga, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FZEA.

ROSOLEM, C.A.; FOLONI, J.S.S.; TIRITIN, C.S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil e Tillage Research**, v.65, p.109–115, 2002.

SANTIAGO, R.D. **Agregação do solo: efeito de diferentes gramíneas na formação e estabilidade**. 1997. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SANTOS, J.T.; ANDRADE, A.P.; SILVA, I.F. et al. Atributos físicos e químicos do solo de Áreas sob Pastejo na Micro Região do Brejo Paraibano. **Ciência Rural**, v.40, n.12, p.2486-2492, 2010.

SARAIVA, F.M. **Ciclagem de nutrientes em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob diferentes intensidades de pastejo**. 2010. 73p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; CRUZ, M.C.P. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.183-193, 2008a.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; LUGÃO, S.M.B. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.1, p.27-34, 2008b.

SAS Inst.Inc. SAS statistics user's guide. Release version 9. **SAS Inst. Inc.**, Cary, NC. 2010.

SEPÚLVEDA, R.B.; NIEUWENHUYSE, A. Influence of topographic and edaphic factors on vulnerability to soil degradation due to cattle grazing in humid tropical mountains in northern Honduras. **Catena**, v 86 p.130–137, 2011.

SEQUEIRA, C.H.; ALLEY, M.M.; JONES, B.P. Evaluation of potentially labile soil organic carbon and nitrogen fractionation procedures. **Soil Biology e Biochemistry**, v.43, p.438-444, 2011.

SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; CORSI, M. Evaluation of soil compaction in irrigated short – duration grazing system. **Soil and Tillage Research**, v.70, p.83-90, 2003.

SILVA, G.J.; MAIA, J.C.S.; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um latossolo vermelho-escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.31-40, 2006.

SILVA, H.M.S, DUBEUX JR., J.C.B., FREITAS, E.V. Decomposição de Serrapilheira em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. em Itambé-PE. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2010]. (CD-ROM).

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.311-317, 1998.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria Orgânica do solo. In: In: NOVAIS, R.F. et al. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007. p.276-374.

SILVA, S.C.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Sistema Intensivo de Produção de Pastagem. In: Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal, 2., 2006. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal, 2006.

SILVEIRA, R.E.; PELISSARI, A.; MORAES, A. Intensidade de pastejo e adubação nitrogenada na massa seca de aveia e produtividade do milho na integração lavoura-pecuária. **Semina**, v.33, n.4, p.1323-1332, 2012.

SOARES, A.B.; RESTLE, J. Adubação Nitrogenada em Pastagem de Triticale mais Azevém sob Pastejo com Lotação Contínua: Recuperação de Nitrogênio e Eficiência na Produção de Forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.43-51, 2002.

SPOHN, M. e GIANI, L. Impacts of land use change on soil aggregation and aggregate stabilizing compounds as dependent on time. **Soil Biology e Biochemistry**, v.43, p.1081-1088, 2011.

TANG, J.; MO, Y.; ZHANG, J. Influence of biological aggregating agents associated with microbial population on soil aggregate stability. **Soil Ecology**, v.47, p.153–159, 2011.

TISDALL, J.M. COCKOFT, B., UREN, N.C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials microbial activity and physical disruption. **Australian Journal Soil Research**, v.16, p.9-17, 1978.

ZONTA, E.; BRASIL, F.C.; GOI, S.R. Sistema Radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M.S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2006. p.7-28.

CAPÍTULO 3

DECOMPOSIÇÃO DE RAIZ EM PASTAGEM DE CAPIM-ELEFANTE.

Resumo: Nutrientes são requeridos pelas plantas para seu eficiente crescimento em ecossistemas de pastagens. Os nutrientes podem ser fornecidos às plantas via adubações ou podem ser mineralizados via decomposição dos resíduos vegetais. O estudo foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco, em Itambé, em dois períodos (2009-2010 e 2010-2011). Os tratamentos experimentais consistiram de três taxas de lotação animal (2, 3,9 e 5,8 UA ha⁻¹; 1 UA = 450 kg PV) e três níveis de adubação nitrogenada (0, 150 e 300 kg ha⁻¹ N ano⁻¹) em pastagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. 381). Os tratamentos foram repetidos três vezes, sendo utilizado o delineamento em blocos casualizados com arranjo em parcelas subdivididas. Objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da taxa de lotação na decomposição e composição química de raízes em pastagens capim-elefante. A curva de decomposição de biomassa foi adequadamente explicada pelo modelo matemático exponencial negativo simples. No segundo período experimental (2010-2011), as raízes apresentaram maior taxa de decomposição quando comparado ao primeiro período (2009-2010), resultando em maior perda total de biomassa após 512 dias de incubação no segundo período do que no primeiro período (40 vs. 30%). Nos dois períodos experimentais, a relação C:N caiu no decorrer dos 512 dias de incubação. No entanto, à medida que foram passados os tempos de incubação, a relação C:N para o segundo período caiu mais rapidamente ($k=0,00168 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), se comparado ao primeiro período ($k=0,00113 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). A porcentagem de nitrogênio remanescente seguiu o modelo exponencial simples e os tratamentos diferiram entre si, com valores de 60, 45 e 40% N remanescente para 0, 150 e 300 kg ha⁻¹ N ano⁻¹, respectivamente. De um modo geral, a taxa de lotação animal e adubação nitrogenada não influenciaram a decomposição de resíduo de raiz. Por outro lado, as doses de nitrogênio interferiram na mineralização do estoque de N na raiz.

Palavras-chave: adubação, decaimento, gramínea, lignina, raiz, taxa de lotação.

Root decomposition on elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) pastures

Abstract: Nutrients are required for plant growth efficiency in grassland ecosystems. The nutrients can be supplied to plants by fertilizations or mineralization of plant residues. The study was conducted at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco in Itambé in two periods (2009-2010 and 2010-2011). The experimental treatments consisted of three stocking rates (2.0, 3.9 and 5.8 AU ha⁻¹, 1 AU = 450 kg BW) and three nitrogen levels (0, 150 and 300 kg ha⁻¹ N year⁻¹) grazing elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. 381). Treatments were replicated three times and used a randomized complete block design with split plots. This study aimed to evaluate the effect of nitrogen fertilization and stocking rate on the decomposition and chemical composition of elephant grass roots in pastures. The curve of decomposition of biomass was adequately explained by the simple negative exponential mathematical model. In the second period (2010-2011), the roots had higher rates of decomposition when compared to the first period (2009-2010), resulting in higher total loss of biomass after 512 days of incubation in the second period than in the first period (40 vs. 30%). In both experimental periods, the C:N ratio decreased over the 512 days of incubation. However, as they were passed incubation times, the C:N ratio for the second period fell faster ($k = 0.00168 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$) compared to the first period ($k = 0.00113 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$). The remaining percentage of nitrogen followed the simple exponential model and the treatments differ, with values of 60, 45 and 40% for the remaining nitrogen 0, 150 and 300 kg ha⁻¹ N yr⁻¹, respectively. Generally, the rate of stocking and nitrogen did not affect the decomposition of residual root. Furthermore, the nitrogen levels interfered in the mineralization of N in the root stock.

Keyword: fertilization, decay, grass, lignin, root, stocking rate.

Introdução

Nutrientes (ex., C, N, P e K) são requeridos pelas plantas para seu crescimento em ecossistemas de pastagens (Vendramini et al., 2012). Estes nutrientes são transformados e fluem por diferentes compartimentos dentro do sistema através da reciclagem (Liu et al., 2011a).

Os compartimentos nos ecossistemas de pastagens incluem o solo, a planta e o animal. O compartimento vegetal é um importante componente destes ecossistemas, pois, por meio da taxa de decomposição residual da parte aérea e raízes, disponibilizam nutrientes ao solo (Dubeux Jr., et al., 2006a; Silva et al., 2012). O processo de decomposição de resíduo vegetal é modificado pela temperatura, precipitação (Vanlauwe et al., 1997; Silver e Miya, 2001), disponibilidade de nutrientes no solo (Puttaso et al., 2011), comunidade de microrganismos do solo (Casals et al., 2010) e pela prática de manejo em pastagens (Liu et al., 2011b).

As práticas de manejo que promovem a ciclagem de nutrientes são fundamentais para melhorar a fertilidade do solo e reduzir a degradação das pastagens nas regiões tropicais e subtropicais (Vendramini et al., 2012). Segundo Liu et al. (2011c), a taxa de lotação e a adubação nitrogenada são os pontos mais críticos na tomada de decisão nas práticas de manejo nessas regiões. O esgotamento do N no solo e aplicação de pressão de pastejo inadequada são as maiores responsáveis pela degradação (Dubeux, Jr., et al., 2007). Sendo assim, o entendimento do efeito das práticas de manejo sob a ciclagem dos nutrientes é imprescindível quando se considera a produtividade e a sustentabilidade dos ecossistemas de pastagens em longo prazo (Liu et al., 2011a), sobretudo, na perda de nutrientes para o meio ambiente em ecossistemas manejados intensivamente (Dubeux Jr., et al., 2006b).

Dado o exposto, no presente estudo, objetivou-se avaliar o efeito da adubação nitrogenada e da taxa de lotação na decomposição e composição química de raízes em pastagens capim-elefante.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Itambé-PE, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). O município de Itambé localiza-se nas coordenadas geográficas 07°25' de latitude (S) e 35°06' de longitude (SWGr), na microrregião fisiográfica da Mata Seca de Pernambuco, a 190 m de altitude, com precipitação anual média de 1.200 mm e temperatura anual média de 25°C (CPRH, 2003). O acumulado de chuva anual nos períodos experimentais foi de 1.331,0 e 1.710,0 mm (ITEP, 2011; Agritempo, 2011) para os períodos 2009-2010 (9-10) e 2010-2011 (10-11), respectivamente (Fig. 1).

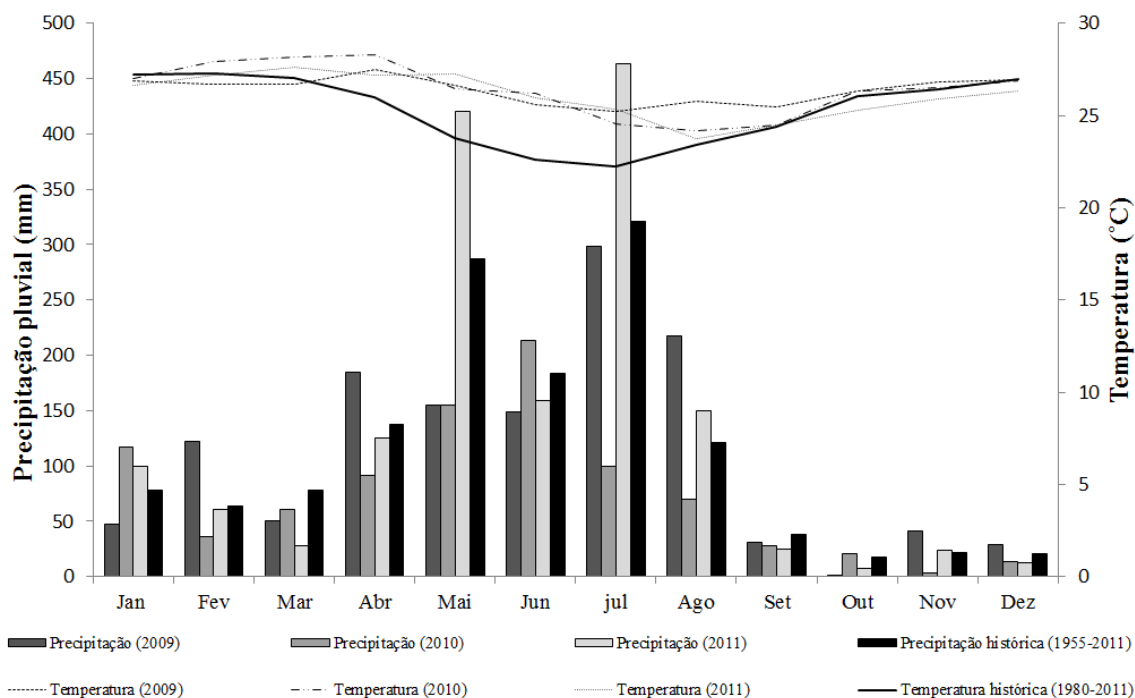


Figura 1. Precipitação pluvial e temperatura mensal e suas médias históricas na Estação Experimental de Itambé nos anos de 2009, 2010 e 2011, Pernambuco, Brasil (Itep, 2011; Agritempo, 2011).

O experimento foi conduzido em solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Distrófico, com horizonte A proeminente de textura média/argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (Jacomine, 2001; Embrapa, 2006). As características do solo no início do experimento foram: $\text{pH}_{(\text{água})} = 5,43$, $\text{P (Mehlich-1)} = 17,81 \text{ mg dm}^{-3}$, $\text{Na}^+ = 0,48 \text{ mol}_c \text{ m}^{-3}$, $\text{K}^+ = 0,21 \text{ mol}_c \text{ m}^{-3}$, $\text{Mg}^+ = 3,25 \text{ mol}_c \text{ m}^{-3}$, $\text{Ca}^+ = 2,50 \text{ mol}_c \text{ m}^{-3}$, $\text{Al}^{+3} = 0,36 \text{ mol}_c \text{ m}^{-3}$, $\text{H+Al} = 5,63 \text{ mol}_c \text{ m}^{-3}$ e a matéria orgânica (MO) = $39,71 \text{ g kg}^{-1}$. As frações granulométricas foram na ordem de 580, 130 e 290 g kg^{-1} , respectivamente para areia, silte e argila.

O experimento foi realizado entre 17/08/2009 a 11/01/2011 - primeiro período experimental -, e repetido em 10/07/2010 a 04/12/2011 - segundo período experimental. Avaliou-se a decomposição de raízes de *P. purpureum* sob três taxas de lotação animal (2, 3,9 e $5,8 \text{ UA ha}^{-1}$; $1 \text{ UA} = 450 \text{ kg PV}$) e três doses de adubação nitrogenada (0, 150 e $300 \text{ kg N ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) em pastagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. 381). Os tratamentos foram repetidos três vezes, sendo utilizado o delineamento em blocos casualizados com arranjo em parcelas subdivididas. Cada parcela foi representada por uma exclusão, onde cada exclusão tinha uma área de 4 m^2 . Foi mantida dentro de cada exclusão a altura média do pasto semelhante à da área não excluída; sendo, para tal, cortada a forragem e retirado de dentro das exclusões o capim cortado após cada pastejo. A parcela principal foi formada pela lotação animal e a subparcela pela dose de adubação nitrogenada. A unidade experimental foi a área de pastagem, com 833 m^2 por parcela principal, sendo a subparcela formada por $1/3$ desta área (278 m^2). As subparcelas experimentais foram cercadas para evitar a contaminação pelos animais, via excreta, de uma área para outra. Foi utilizada lotação intermitente com ciclo de pastejo de 35 dias, sendo 34 dias de descanso e um dia de permanência. Foram utilizadas vacas bimestiças (5/8 holandês/Zebu) provenientes do rebanho experimental do IPA.

Foram realizadas adubações nitrogenadas, utilizando a ureia como fonte de N, após cada ciclo de pastejo durante a estação chuvosa de cada ano experimental. A aplicação de N foi parcelada em cinco doses iguais durante o período chuvoso. Durante a época de déficit hídrico os piquetes não foram adubados, nem tão pouco foi permitido entrada dos animais, permanecendo todos os piquetes vedados. Foram realizadas adubações com P, K e calcários, aplicados, conforme recomendação do laboratório de fertilidade de solo do IPA, no início do período experimental. Cada parcela teve água e sal mineral disponível para os animais experimentais.

As amostras de raízes foram coletadas manualmente na camada de 0-20 cm no mês de abril de cada ano (2009 e 2010). Foram extraídas touceiras, lavadas com água corrente, cortadas, e colocadas em estufa a 65° por 72 horas. Após esse momento, foram confeccionados sacos de nylon com 75 µm e medindo 15 x 30 cm, sendo preenchidos com 12 g de amostra de raiz, selados e incubados, e depois enterrados no solo na mesma profundidade de coleta (20 cm), por períodos de tempos de 0, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 e 512 dias. Sacos vazios foram incubados, em diferentes tempos de incubação, para verificar a influência destes tempos de incubação no peso dos sacos e, caso necessário, fazer correção nos sacos com os materiais incubados.

No final de cada tempo de incubação, os sacos foram coletados, limpos com pincel para retiradas de sujeiras, colocados em estufa a 65°C por 72 horas e pesados. As análises foram realizadas no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DZ-UFRPE) e Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Energia Nuclear/Radioagronomia (DEN-UFPE). Foram determinados os teores de N da raiz nos diferentes tempos de incubação, sendo possível calcular a mineralização líquida que ocorreu com o desaparecimento do N nos diferentes tempos de incubação. Análises químicas destes materiais foram feitas tanto antes de incubar

(tempo zero) como também nos resíduos encontrados após cada tempo de incubação. Foram analisados os teores de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO), segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2006). O teor de nitrogênio (N) foi determinado de acordo com metodologia descrita por Thomas et al. (1967). O teor de carbono (C) foi determinado pelo método descrito por Bezerra Neto e Barreto (2004). O teor de lignina (LIG) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram analisadas pelo método de Van Soest et al. (1991), em autoclave, conforme relatado por Pell e Schofield (1993) e o N contido na fibra, segundo Thomas et al. (1967). Os resultados foram expressos com base na matéria orgânica para reduzir a variabilidade dos dados provenientes da contaminação de resíduos de solo nos sacos. A composição química das raízes, antes de incubar, é apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Teores de nitrogênio (N), carbono (C), lignina (LIG) e N contido na fibra em detergente ácido (NIDA), relações C:N, LIG:N, LIG:NIDA e NIDA:N com base na matéria orgânica (MO) em raízes de capim-elefante nos anos de 2009 e 2010, antes de incubação no solo em Itambé – PE.

Anos	N	C	LIG	NIDA	C:N	LIG:N	NIDA:N	LIG:NIDA
	-----g kg ⁻¹ -----			----- relação -----				
2009	9,04	355	156,6	2,6	40,00	17,49	28,55	98,25
2010	10,0	322	104,8	1,5	32,51	10,52	15,58	74,74
<i>Ep</i>	0,2	21	6,5	0,2	2,43	0,73	2,46	8,53
<i>p</i>	0,0003	0,1	0,0001	0,0009	0,002	0,0001	0,0002	0,0608

Ep=Erro-padrão, *p*=probabilidade.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o Proc Mixed do SAS (SAS Inst. Inc., 2010). Foi utilizada a análise de variância para verificar efeitos significativos ($p \leq 0,05$), onde as médias foram comparadas pelo SAS LSMEANS PDIFF ajustada pelo teste de Tukey. Quando à taxa de lotação, a adubação nitrogenada, tempos de incubação, ano e suas interações apresentaram efeito significativo; modelos não lineares foram aplicados para explicar a tendência dos dados. Quando diferenças ($p \leq 0,05$) foram encontradas entre os tratamentos, modelos foram ajustados a cada tratamento, com um único modelo utilizado para todos os tratamentos. Quando não encontrada diferença ($p > 0,05$), os modelos de ajustes

foram aplicados a todos os tratamentos juntos. A menos que especificado, diferenças foram consideradas significativas para $p \leq 0,05$. Foram considerados efeitos fixos a taxa de lotação, adubação nitrogenada, ano e tempo de incubação, ano e suas interações. Como efeitos aleatórios foram considerados os blocos e suas interações com os efeitos fixos.

O modelo exponencial simples (Wagner e Wolf, 1999) foi utilizado para porcentagem de desaparecimento de biomassa na base da matéria orgânica, N remanescente (%) e relação C:N, sendo descritos pela equação: $X = B_0 e^{-kt}$ onde X = proporção de biomassa (ou nutriente) remanescente no T dias, B_0 = constante de desaparecimento e o k = taxa relativa de decomposição. O modelo de dois estágios (“plateau linear”), descrito por McCartor e Rouquette (1977), foi utilizado para descrever LIG, NIDA, N e LIG:N ao longo do período de incubação.

Resultados e discussão

Taxa de decomposição e índices de decomposição

A curva de decomposição de biomassa foi adequadamente explicada pelo modelo matemático exponencial negativo simples ($p < 0,0001$) com interação tempo de incubação e o período (Figura 2A). O segundo período experimental ($k=0,00215 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) apresentou maior taxa de decomposição quando comparado ao primeiro período ($k=0,00178 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). Em ambos os períodos, a taxa de decomposição diminuiu com o tempo de incubação, resultando em maior perda total de biomassa, após 512 dias de incubação, no segundo período do que no primeiro período (40 vs. 30%). Este resultado pode estar relacionado com a melhor qualidade no resíduo de raiz no segundo período em comparação ao primeiro (Tabela 1), o qual apresentou maior teor de N e menor teor de LIG, bem como melhores indicadores de decomposição, tais como as relações C:N, LIG:N e LIG:NIDA. Além disso, houve maior precipitação pluvial nesse período (Figura 1). A taxa de decomposição se correlaciona fortemente com o teor de N, relação C:N e lignina:N (Gijssman et al., 1997). O clima afeta

positivamente a produção, qualidade e a decomposição da serrapilheira, bem como a atividade microbiana (Carrera et al., 2008; Casals et al., 2010).

Silver e Miya (2001) reuniram vários artigos sobre decomposição de raízes e concluíram, nessa compilação, que a decomposição está mais relacionada com a combinação da qualidade do material vegetal e os parâmetros ambientais do que com eles individualmente. Assim, é possível inferir que a combinação da qualidade de material e a precipitação tenham refletido nas diferentes taxas de decomposição encontradas no presente trabalho.

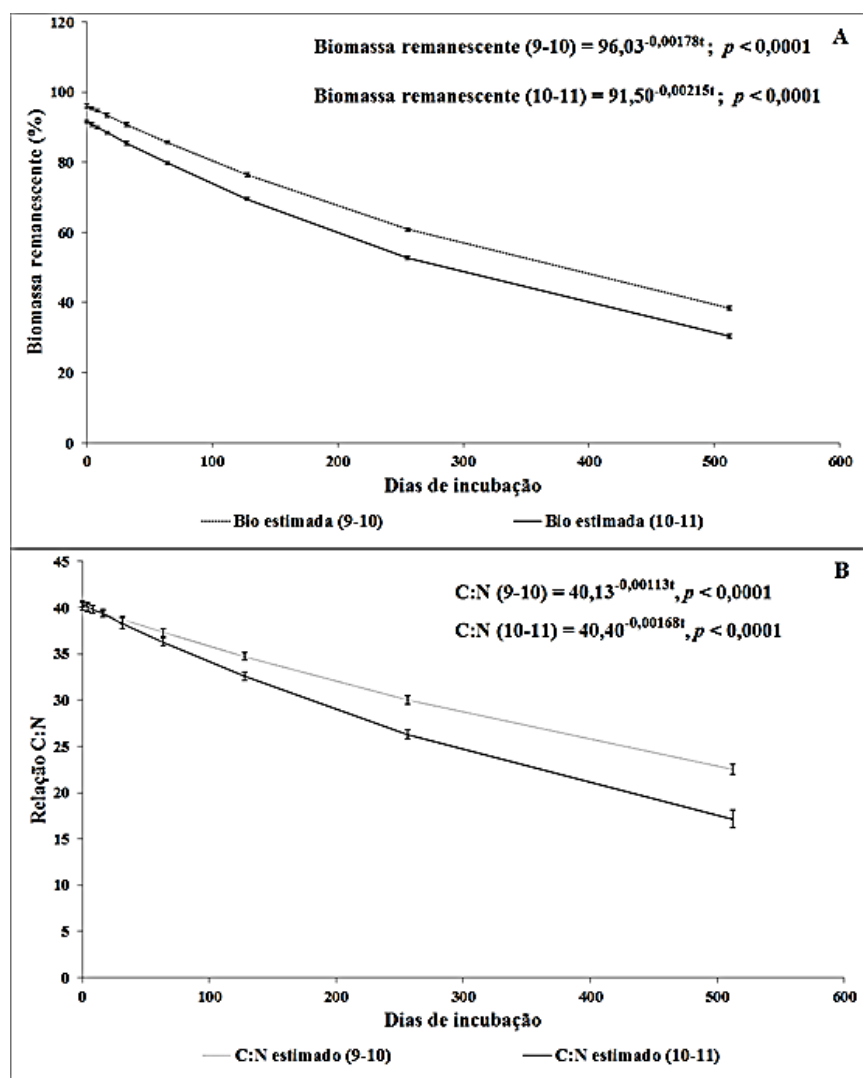


Figura 2. Porcentagem de biomassa remanescente (A) e relação C:N (B) de serrapilheira de raiz em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. manejadas sob diferentes lotações

animais e adubações nitrogenadas; Itambé – PE. Linhas verticais indicam a erro-padrão da média.

Houve efeito da interação da adubação nitrogenada e a lotação animal para a biomassa remanescente no último tempo de incubação ($p = 0,0003$), onde a biomassa remanescente na lotação 2 e 3,9 UA ha⁻¹ aumentou, à medida que houve elevação na dose de nitrogênio aplicado (Tabela 2). É possível que o maior aporte de nitrogênio, via adubação nitrogenada, tenha acelerado o processo de decomposição do resíduo vegetal. Lui et al. (2011a) afirmam que o aumento da dose de nitrogênio resulta em decomposição mais rápida da serrapilheira. Por outro lado, na lotação 5,8 UA ha⁻¹, independente da dose de adubação nitrogenada adotada, não foi observada diferença na biomassa remanescente (Tabela 2).

Tabela 2. Biomassa remanescente de raiz de *Pennisetum purpureum* Schum. em diferentes doses de adubação nitrogenada e taxa de lotação animal, após os 512 dias de incubação, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Itambé, Pernambuco, Brasil.

Taxa de lotação (UA ha ⁻¹)	Adubação Nitrogenada (kg ha ⁻¹ N ano ⁻¹)			Efeito L.	Efeito Q.
	0	150	300		
	----- Biomassa remanescente (%) -----				
2,0	37,03	20,62	20,27	$p=0,0061$	$p=0,0585$
3,9	31,54	31,39	21,18	$p=0,0513$	$p=0,1844$
5,8	29,02	29,33	32,64	$p=0,1617$	$p=0,4683$
Erro-Padrão		2,22			
Efeito L.	$p=0,0506$	$p=0,1855$	$p=0,0026$		
Efeito Q.	$p=0,5855$	$p=0,1755$	$p=0,0306$		

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L) e quadrático (Q); $p =$ probabilidade.

Houve efeito da interação da adubação nitrogenada e o período experimental para a biomassa remanescente, considerando as médias de todos os tempos ($p = 0,0005$), onde a biomassa remanescente foi maior no primeiro período experimental (9-10) do que no segundo (10-11), independente do nível de adubação nitrogenada adotado (Tabela 3). Isto pode ter ocorrido pelo maior índice pluviométrico no segundo período experimental e melhor qualidade da serrapilheira (Figura 1; Tabela 1).

Tabela 3. Características e serrapilheira de raiz de *Pennisetum purpureum* Schum., médias de todos os tempos de decomposição (0, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 e 512 dias), em diferentes níveis de adubação nitrogenada nos períodos 9-10 e 10-11 na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco, em Itambé, Pernambuco, Brasil.

Adubação Nitrogenada (kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Período		P
	9-10	10-11	
----- <i>Biomassa remanescente (%)</i> -----			
0	83,16	77,31	$p < 0,0001$
150	78,67	74,31	$p = 0,0005$
300	80,38	73,66	$p < 0,0001$
<i>Ep</i>	1,89	1,92	
Efeito L	$p = 0,8638$	$p = 0,2028$	
Efeito Q	$p = 0,2364$	$p = 0,8819$	
----- <i>C:N</i> -----			
0	39,50	34,51	$p = 0,0063$
150	37,81	34,48	$p = 0,1013$
300	30,72	34,37	$p = 0,0468$
<i>Ep</i>	1,54	1,78	
Efeito L	$p = 0,0109$	$p = 0,4952$	
Efeito Q	$p = 0,1952$	$p = 0,5283$	
----- <i>g kg⁻¹ serrapilheira de N</i> -----			
0	9,89	10,52	$p = 0,1231$
150	9,96	10,51	$p = 0,1550$
300	11,13	10,38	$p = 0,0624$
<i>Ep</i>	0,36	0,37	
Efeito L	$p = 0,0317$	$p = 0,6475$	
Efeito Q	$p = 0,1985$	$p = 0,9418$	
----- <i>g kg⁻¹ serrapilheira de lignina</i> -----			
0	163,99	113,36	$p < 0,0001$
150	162,66	104,93	$p = 0,0130$
300	170,40	94,58	$p = 0,0006$
<i>Ep</i>	5,60	5,96	
Efeito L	$p = 0,3565$	$p = 0,0305$	
Efeito Q	$p = 0,7233$	$p = 0,5650$	
----- <i>g kg⁻¹ serrapilheira de NIDA</i> -----			
0	2,13	1,77	$p = 0,0204$
150	1,89	1,65	$p = 0,1673$
300	5,13	1,50	$p < 0,0001$
<i>Ep</i>	0,14	0,11	
Efeito L	$p = 0,0156$	$p = 0,9113$	
Efeito Q	$p = 0,3156$	$p = 0,6831$	

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L) e quadrático (Q). *Ep* = erro-padrão; p = probabilidade.

Houve efeito da interação da taxa de lotação e o período experimental para a biomassa remanescente ($p = 0,0005$). A biomassa remanescente foi maior no primeiro período experimental (9-10) do que no segundo (10-11), independente da taxa de lotação (Tabela 4). É possível que as diferenças climáticas entre os dois períodos experimentais, sobretudo a precipitação pluvial (Figura 1), tenham interferido neste processo. A variação na umidade promove a expansão das partículas do solo. Isto pode enfraquecer a força de coesão entre partículas do solo, tornando os agregados menos estáveis (Santiago, 1997). Neste aspecto, a matéria orgânica fica mais susceptível ao ataque microbiano quando não protegida pelos agregados do solo. Sendo assim, as condições ambientais interferem na estabilização física da matéria orgânica e a atividade microbiana (Garcia-Pausas et al., 2012).

Tabela 4. Características de serrapilheira de raiz de *Pennisetum purpureum* Schum., médias de todos os tempos de decomposição (0, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 e 512 dias), em diferentes taxas de lotação animal nos períodos 9-10 e 10-11 na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, em Itambé, Pernambuco, Brasil.

Taxa de lotação (UA ha ⁻¹)	Período		P
	09-10	10-11	
	----- <i>Biomassa remanescente</i> (%) -----		
2,0	78,79	75,70	$p = 0,0141$
3,9	85,11	74,52	$p < 0,0001$
5,8	78,31	75,06	$p = 0,0174$
<i>Ep</i>	1,53	1,54	
Efeito L	$p = 0,6956$	$p = 0,7540$	
Efeito Q	$p = 0,0138$	$p = 0,5374$	
	----- <i>Lignina:N</i> -----		
2,0	18,23	16,59	$p = 0,1771$
3,9	19,83	14,58	$p < 0,0001$
5,8	21,09	15,51	$p < 0,0001$
<i>Ep</i>	1,58	1,66	
Efeito L	$p = 0,0255$	$p = 0,5140$	
Efeito Q	$p = 0,4105$	$p = 0,2072$	

Nível de probabilidade adotado foi de 5%. Se houver efeito linear (L) e quadrático (Q). *Ep* = erro-padrão; p = probabilidade.

Considerando a taxa de lotação, Bingham et al. (2010), trabalhando com *Hordeum vulgare* L. cv Prisma em dois níveis de compactação do solo (0,94 vs. 1,08 g cm⁻³), concluíram que diferenças na compactação do solo levou à alteração nos teores de alguns componentes das raízes. Ainda estes autores sugerem que as plantas de *H. vulgare* L. cv

Prisma, crescendo em condições de solo compactado, podem reduzir a taxa de decomposição das raízes, devido ao aumento do teor de lignina, redução no teor de N e aumento nas relações C:N e LIG:N.

Para a relação C:N houve efeito da interação tempo de incubação e período experimental ($p < 0,0001$) onde, no início do tempo de incubação, as relações C:N entre os períodos foram semelhantes (Figura 2B). A relação C:N caiu para os dois períodos experimentais no decorrer dos 512 dias de incubação. No entanto, à medida que foram passando os tempos de incubação, a relação C:N para o segundo período caiu mais rapidamente, se comparado ao primeiro período. Isto pode explicar, em parte, a maior taxa de decomposição no segundo período experimental (Figura 2A), uma vez que a relação C:N influencia a taxa de decomposição e o processo de mineralização (Leite e Galvão, 2008). Todavia, a relação C:N não é sempre apontada como o melhor indicador de taxa de decomposição. A relação C:N é melhor indicador na fase inicial de decomposição, enquanto que a relação lignina:N explica melhor a decomposição nas fases mais avançadas da decomposição (Wolf e Snyder, 2003; Heal et al., 1997).

A relação C:N ainda apresentou interação adubação nitrogenada e o período experimental para a média dos tempos de incubação ($p = 0,0018$). A relação C:N foi menor no segundo período, no tratamento sem adubação. O tratamento com a aplicação da adubação nitrogenada de nível $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N ano}^{-1}$ apresentou no primeiro período menor valor de C:N, e na adubação de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N ano}^{-1}$ não foi observada diferença entre os períodos (Tabela 3). Contudo, no primeiro período foi observado efeito linear negativo com o aumento do nível de adubação nitrogenada. Silver e Miya (2001) constataram que a relação C:N é negativamente correlacionada com o teor de N da raiz. Sendo assim, é possível que o maior teor de N encontrado nessa adubação, no tecido vegetal, tenha interferido nesse resultado (Tabela 3).

Houve efeito da interação entre o tempo de incubação e o período para relação LIG:N ($p = 0,0008$). O teor de N aumentou durante o tempo de incubação (Figura 3A). O valor inicial da relação LIG:N no primeiro período foi superior ao encontrado no segundo período (17 vs. 10; $p = 0,0001$). Embora a estabilização da relação LIG:N no primeiro período (128 dias) tenha ocorrido antes do segundo período (230 dias), no final do tempo de incubação o valor da relação LIG:N foi semelhante. A taxa de decomposição se correlaciona negativamente com a relação LIG:N (Silver e Miya, 2001), levando à maior decomposição no segundo período (Figura 2A).

Houve efeito da interação entre a lotação animal e o período experimental para a relação LIG:N ($p = 0,0402$). A relação Lignina:N foi maior no primeiro período experimental do que no segundo para as lotações 3,9 e 5,8 UA ha⁻¹ (Tabela 4). No entanto, para a lotação 2,0 UA ha⁻¹, a relação LIG:N não apresentou diferença entre os períodos. No primeiro período experimental (9-10), a relação LIG:N apresentou efeito linear decrescente com o aumento da lotação. Bingham et al. (2010) concluíram que a compactação do solo aumenta a relação LIG:N das raízes. Camadas compactadas oferecem limitação ao crescimento do sistema radicular. Isso pode levar ao encurtamento do comprimento e ao aumento do diâmetro radicular (Basso et al., 1999; Zonta et al., 2006). É possível que o aumento do diâmetro radicular ocorra com maior deposição de lignina nas paredes das células, conseqüentemente redução nos parâmetros de qualidade e aumento na relação LIG:N. Sendo assim, o efeito da compactação do solo nas altas lotações influencia negativamente a composição química da serrapilheira

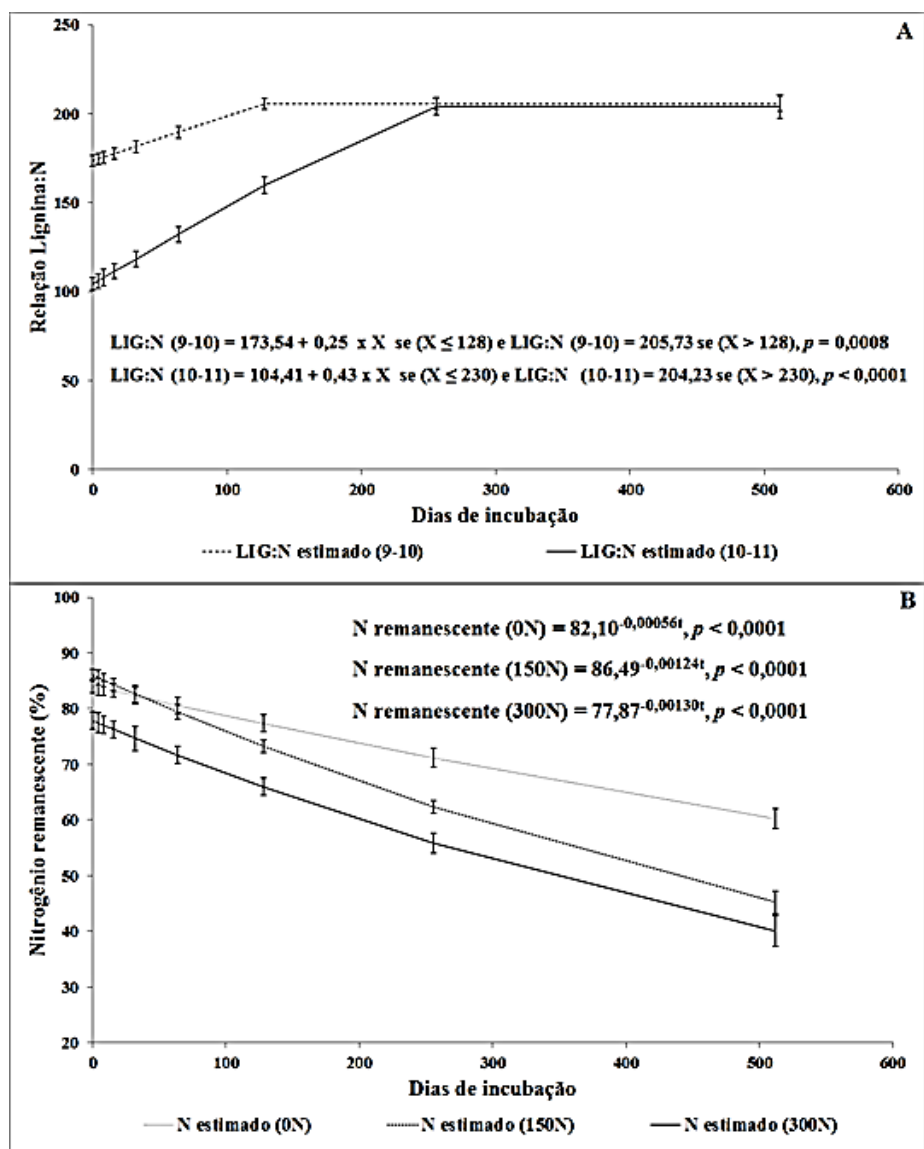


Figura 3. Relação lignina:N (A) e nitrogênio remanescente (B) em serrapilheira de raiz em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. manejadas sob diferentes lotações animais e adubações nitrogenadas; Itambé – PE. Linhas verticais indicam a erro-padrão da média.

Taxa de mineralização do nitrogênio.

A porcentagem de nitrogênio remanescente seguiu o modelo exponencial simples e os tratamentos diferiram entre si ($p < 0,0042$), com valores de 60, 45 e 40% N remanescente para 0, 150 e 300 kg ha⁻¹ N ano⁻¹, respectivamente (Figura 3B). Assim, a decomposição residual do tratamento sem adubação nitrogenada disponibilizou menor quantidade de nitrogênio para o meio ambiente via decomposição radicular. Os tratamentos com adubação disponibilizaram mais nitrogênio para o meio no final do processo de decomposição. Considerando que na

camada de 0-20 cm estoque de nitrogênio via sistema radicular seja no valor de 218,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Capítulo 2), e os valores de N remanescente (Figura 3B), pode-se estimar que aproximadamente 87, 120 e 131 kg ha⁻¹ de N podem ser liberados, ao final de 512 dias de incubação, nos tratamentos com as adubações nitrogenadas de 0, 150 e 300 kg ha⁻¹ N ano⁻¹, respectivamente.

Teores de lignina, nitrogênio e N contidos na fibra.

Houve efeito da interação entre o tempo de incubação e período experimental para o teor de lignina ($p < 0,0001$). O teor de lignina aumentou durante o tempo de incubação (Figura 4A). No tempo zero, o teor de lignina no primeiro período foi maior (~17%; $p < 0,0001$) do que o encontrado para o segundo período (~10%; $p < 0,0001$). A estabilização da lignina, no primeiro período, só foi alcançada aos 240 dias de decomposição com valor final de 22%, enquanto que no segundo período, a estabilização foi alcançada aos 118 dias de incubação, com valor final aproximado de 20%.

Isso explica a decomposição da biomassa no primeiro período ter sido mais lenta do que no segundo período (Figura 2A). Nesse sentido, a taxa de decomposição é fortemente influenciada pelo teor de lignina no tecido (Palm e Rowland, 1997). Além disso, ao iniciar o processo de decomposição, a lignina incorpora o N pela humificação e pela transformação química em uma estrutura de difícil degradação pelos microrganismos do solo (Berg e McClaugherty, 2008).

Houve efeito da interação entre a adubação nitrogenada e o período experimental para o teor de lignina ($p = 0,0449$), onde o teor de lignina foi menor no segundo período experimental (10-11) do que no primeiro (9-10), independente do nível de adubação nitrogenada adotada (Tabela 3). O teor de lignina na análise química da raiz antes da incubação apresentou diferença entre os períodos (Tabela 1). É possível que parte da variação encontrada entre os períodos (Tabela 3) esteja relacionada às diferenças na qualidade do

material antes da incubação. No segundo período, houve efeito linear decrescente do teor de lignina com o aumento da adubação nitrogenada.

Houve interação tempo de incubação e período para o teor de N ($p = 0,0112$). O teor de N aumentou durante o tempo de incubação (Figura 4B). No tempo zero, o teor de nitrogênio para ambos os períodos foi em torno de 9 g kg^{-1} serrapilheira de N. A estabilização do N, no primeiro período, foi alcançada aos 120 dias de decomposição com valor final de 11 g kg^{-1} serrapilheira de N, enquanto que no segundo período, a estabilização foi alcançada aos 250 dias de incubação com valor final aproximado de 12 g kg^{-1} serrapilheira de N. Possivelmente, o maior valor de N encontrado no segundo período experimental tenha influenciado a maior decomposição encontrada no segundo período (Figura 2A), bem como o menor valor da relação C:N (Figura 2B).

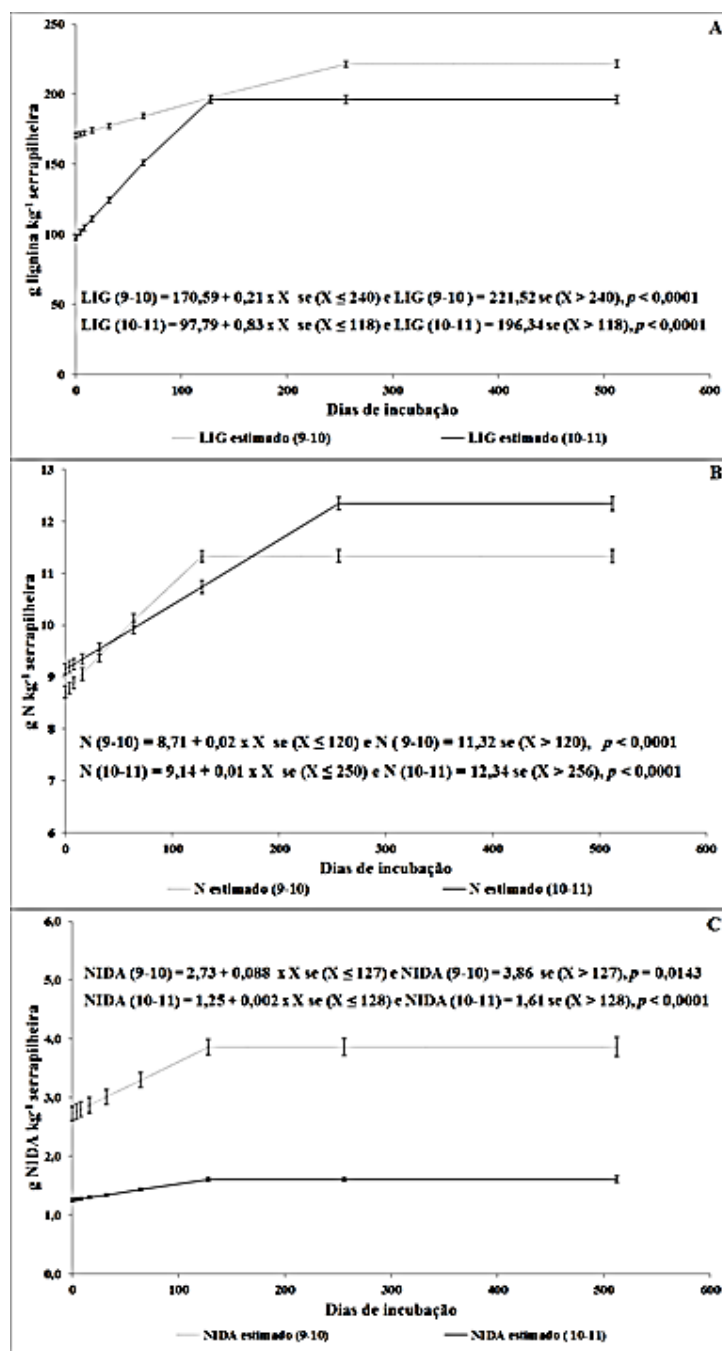


Figura 4. Teor de lignina (A), teor de N (B) e teor de NIDA (C) em serrapilheira de raiz em pastagens de *Pennisetum purpureum* Schum. manejadas sob diferentes lotações animais e adubações nitrogenadas; Itambé – PE. Linhas verticais indicam a erro-padrão da média.

Houve interação tempo de incubação e período para o teor de NIDA ($p = 0,0396$). O teor de NIDA aumentou durante o tempo incubação (Figura 4C). No tempo zero, o NIDA para o primeiro período foi 2,7 g kg⁻¹ serrapilheira de NIDA e para o segundo período foi de

1,3 g kg⁻¹ serrapilheira de NIDA. A estabilização do NIDA, em ambos os períodos foi alcançada aos 128 dias de decomposição. No entanto, o teor de NIDA observado na estabilização do primeiro período foi superior ao segundo período (3,9 vs. 1,6 g kg⁻¹ serrapilheira de NIDA). O NIDA, por representar o nitrogênio protegido pela fibra, torna mais difícil o acesso do microrganismo do solo a este tipo de nitrogênio. Sendo assim, a maior taxa de decomposição no segundo período, em comparação ao primeiro, é reforçada pelos menores teores de N (Fig. 4B) e associada aos maiores teores de NIDA (Figura 4C; Tabela 2).

Conclusão

De um modo geral, a taxa de lotação animal e adubação nitrogenada não influenciaram a decomposição de resíduo de raiz. Por outro lado, a doses de nitrogênio interferiram na mineralização do estoque de N na raiz.

Embora não seja alvo do nosso estudo, as diferenças entre os períodos experimentais, principalmente com relação à precipitação pluvial e à qualidade do resíduo de raiz, promoveram maiores taxas de decomposição e redução da imobilização dos nutrientes das raízes de capim-elefante, levando a uma maior velocidade na reciclagem de nutrientes.

Referências bibliográficas

- AGRITEMPO (2011). Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario?uf=PE>>. Acesso em 09/09/2011.
- BASSOI, L.H.; FLORI, J.E.; ALENCAR, C.M. et al. Distribuição espacial do sistema radicular da purpunheira em solos irrigados no Vale do São Francisco. **Engenharia Agrícola**, v.19, p.163-176, 1999.
- BERG, B.; MCCLAUGHERTY, C. **Plant Litter. Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration**. 2 ed. Finland. Springer, 2008. 338p.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P.. **Métodos de análises químicas em plantas**. UFRPE/Imprensa Universitária, Recife, Brazil, 2004. 148p.
- BINGHAM, I.J.; BENGOUGH, A.G.; REES, R.M. Soil compaction–N interactions in barley: Root growth and tissue composition. **Soil & Tillage Research**, v.106, p.241–246, 2010.
- CARRERA, A.L.; BERTILLER, M.B.; LARREGUY, C. Leaf litterfall, fine-root production, and decomposition in shrublands with different canopy structure induced by grazing in the Patagonian Monte, Argentina. **Plant and Soil**, v.311, p.39-50, 2008.
- CASALS, P.; GARCIA-PAUSAS, J.; MONTANÉ, F. et al. Root decomposition in grazed and abandoned dry Mediterranean dehesa and mesic mountain grasslands estimated by standard labelled roots. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.139, p.759-765, 2010.
- CPRH - Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos. 2003. Diagnóstico sócio-ambiental do Litoral Norte de Pernambuco. CPRH, Recife, Pernambuco, Brazil.
- DUBEUX, JR., J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E.; VENDRAMINI, J.M.B. et al. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, v.46, p.1299–1304, 2006a.
- DUBEUX, JR., J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E.; INTERRANTE, S.M. et al. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**, v.46, p.1305–1310, 2006b.
- DUBEUX, JR., J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E.; MATHEWS, B.W. et al. Nutrient cycling in warm-climate grasslands. **Crop Science**, v.47, p.915–928, 2007.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2006. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, Brazil.
- GARCIA-PAUSAS, J.; CASALS, P.; ROVIRA, P. et al. Decomposition of labelled roots and root-C and -N allocation between soil fractions in mountain grasslands. **Soil Biology and Biochemistry**, v.49, p.61-69, 2012.

GIJSMAN, A.J.; ALARCÓN, H.F.; THOMAS, R.J. 1997. Root decomposition in tropical grass and legumes, as affected by soil texture. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.1443-1450, 1997.

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

ITEP [2011]. INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO. Disponível em: <<http://www.itep.br>>. Acesso em 09/09/2011.

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

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

LIU, K.; SOLLENBERGER, L.E.; SILVEIRA, M.L. et al. Distribution of Nutrients Among Soil–Plant Pools in ‘Tifton 85’ Bermudagrass Pastures Grazed at Different Intensities. **Crop Science**, v.51, p.1800-1807, 2011a.

LIU, K.; SOLLENBERGER, L.E.; SILVEIRA, M.L. et al. Grazing Intensity and Nitrogen Fertilization Affect Litter Responses in ‘Tifton 85’ Bermudagrass Pastures: II. Decomposition and Nitrogen Mineralization. **Agronomy Journal**, v.103, p.163-168, 2011b.

LIU, K.; SOLLENBERGER, L.E.; SILVEIRA, M.L. et al. Grazing Intensity and Nitrogen Fertilization Affect Litter Responses in ‘Tifton 85’ Bermudagrass Pastures: I. Mass, Deposition Rate, and Chemical Composition. **Agronomy Journal**, v.103, p.156-162, 2011c.

McCARTOR, M.M.; ROUQUETTE, JR., F.M. Grazing pressures and animal performance from pearl millet. **Agronomy Journal**, v.69, p.983–987, 1977.

PALM, C.A. AND ROWLAND, A.P. A minimum dataset for characterization of plant quality for decomposition. In: G. CADISCH AND K.E GILLER (Eds.) **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition**. CAB International. Wallingford: UK, 1997. p. 379-392.

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

PUTTASO, A.; VITYAKON, P.; SAENJAN, P. Relationship between residue quality, decomposition patterns, and soil organic matter accumulation in a tropical sandy soil after 13 years. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.89, p.159-174, 2011.

SANTIAGO, R.D. **Agregação do solo: efeito de diferentes gramíneas na formação e estabilidade**. 1997. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SAS Institute. 2010. The SAS system for Windows. Release 9.01. SAS Inst., Cary, NC.

SILVA, H.M.S.; DUBEUX, JR., J.C.B.; SANTOS, M.V.F. et al. Signal Grass Litter Decomposition Rate Increases with Inclusion of Calopo. **Crop Science**, v.52, p.1416-142, 2012.

SILVER, W.L.; MIYA, R.K. Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. **Oecologia**. V.129, p.407-419, 2001.

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

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

VANLAUWE, B.; DIELS, J.; SINGIGANGA, N. et al. Residue Quality and Decomposition: An Unsteady Relationship? In: G. CADISCH AND K.E GILLER (Eds.) **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition**. CAB International. Wallingford: UK, 1997. p.157-166.

VENDRAMINI, J.M.B.; DUBEUX JR., J.C.B.; SILVEIRA, M.L. 2012. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASI-LEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. **Anais...** Brasília. Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gmosis.

WAGNER, G.H.; WOLF. D.C. Carbon transformation and soil organic matter formations. In: D.M. Sylvia, J.J. FUHRMANN, P.G. HARTEL, AND D.A. ZUBERER (eds.) **Principles and applications of soil microbiology**. Prentice Hall, Engle-wood Cliffs, NJ, 1999. p.218–258
WOLF, B.; SNYDER, G.H. **Sustainable Soils: The Place of Organic Matter in Sustaining Soils and Their Productivity**. New York: Oxford, 2003. 352p.