

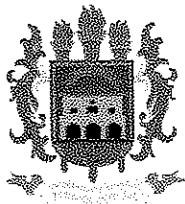
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



ELIANA MARIA ACIOLI DE ABREU

**ESTABELECIMENTO DE LEGUMINOSAS E ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E
BIOLÓGICOS DO SOLO SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MANEJOS DE
PASTEJO EM IGARAPÉ-AÇU, ESTADO DO PARÁ.**

Belém-PA
2010



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



ELIANA MARIA ACIOLI DE ABREU

**ESTABELECIMENTO DE LEGUMINOSAS E ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E
BIOLÓGICOS DO SOLO SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MANEJOS DE
PASTEJO EM IGARAPÉ-AÇU, ESTADO DO PARÁ.**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do Curso de
Doutorado em Ciências Agrárias, área de
concentração Agroecossistemas da Amazônia, para
obtenção do título de Doutor.

Orientador: Dr. Osvaldo Ryohei Kato

**Belém-PA
2010**

Abreu, Eliana Maria Acioli de

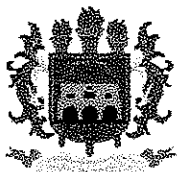
Estabelecimento de leguminosas e atributos físicos, químicos e biológicos do solo sob influência de diferentes manejos de pastejo em Igarapé Açú, Estado do Pará. / Eliana Maria Acioli de Abreu. - Belém, 2010.

111 f.:il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2010.

1 Leguminosas – sistema de manejo – Pará 2. Leguminosas – solo – aspectos físicos 3. Leguminosas – solo – aspectos químicos 4. Leguminosas – solo – aspectos biológicos 5. Agroecossistemas sustentável. I. Título.

CDD – 633.3098115



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL



ELIANA MARIA ACIOLI DE ABREU

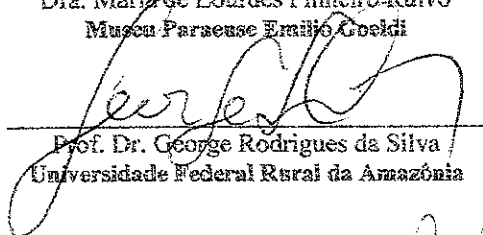
**ESTABELECIMENTO DE LEGUMINOSAS E ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E
BIOLÓGICOS DO SOLO SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MANEJOS DE
PASTEJO EM IGARAPÉ-AÇU, ESTADO DO PARÁ.**

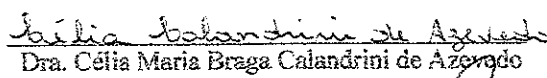
Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do
Curso de Doutorado em Ciências Agrárias, área de concentração Agroecossistemas da
Amazônia, para obtenção do título de Doutor.

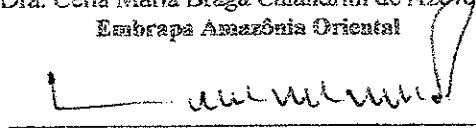
Aprovada em 17 de agosto de 2010

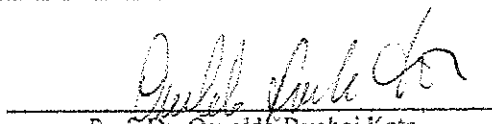
BANCA EXAMINADORA:


Dra. Maria de Lourdes Pinheiro-Ruivo
Museu Paraense Emílio Goeldi


Prof. Dr. George Rodrigues da Silva
Universidade Federal Rural da Amazônia


Dra. Célia Maria Braga Calandriní de Azevedo
Embrapa Amazônia Oriental


Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira
Universidade Federal Rural da Amazônia


Prof. Dr. Osvaldo Ryohei Kato
Embrapa Amazônia Oriental
Orientador

DEDICATÓRIA

À **Deus**, pela vida, força e determinação.

À **Nossa Senhora de Nazaré**, pela graça alcançada.

Aos meus pais **Milton e Neide** (in memorian).

Aos meus filhos **João e Angélica** .

AGRADECIMENTOS

Universidade Federal Rural da Amazônia e ao seu corpo docente, pela oportunidade da realização deste curso.

À Embrapa Amazônia Oriental, por toda a infra-estrutura para a condução desta pesquisa.

Ao Dr. Osvaldo Ryohei Kato, pela orientação, amizade e confiança na realização deste estudo.

Ao DFG (Deutsche Forschungs Gemeinschaft), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao pesquisador e amigo Dr. Stefan Hohnwald, pelo companheirismo e sugestões para o aprimoramento deste estudo.

Aos pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental, Dr. Arí Pinheiro Camarão, Ms. José Adérito Rodrigues Filho, pelo apoio técnico e logístico para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

Ao técnico agrícola Edinaldo Pinheiro e ao trabalhador de campo, Marildo Teixeira Silva, pelo interesse, dedicação e responsabilidade, nas coletas de dados.

Aos funcionários do Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, João Sergio Almeida, Eden Pereira Ferro e Isaias Chaves da Silva e do Laboratório de Ecofisiologia, Tereza Primo, pela ajuda nos trabalhos de análise laboratorial.

À secretária do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias, Shirley Costa Barros e aos secretários do Projeto Tipitamba, Heliana Maria Costa Souza e Paulo Roberto Farias Ferreira, pela educação e boa vontade, com que sempre me atenderam.

À Ana Cristina Gomes, bibliotecária e amiga, pela ajuda na revisão bibliográfica.

Aos motoristas Edilson Barreto da Silva e Luiz Gonzaga Aviz, pela responsabilidade no transporte dos agentes e executores das atividades de pesquisa em Igarapé-Açu.

Aos colegas do curso de doutorado: Paulo Bittencourt, Elessandra Nogueira, Idemê Amaral, Livia Rangel Vasconcelos, Manoel Tavares e Jorge Alvarado, pelo compartilhamento das alegrias na jornada tão trabalhosa de uma pós-graduação.

Ao meu fiel amigo Ramon, pela constante companhia, durante a execução deste trabalho.

EPÍGRAFE

“É preciso ver o que não foi visto, ver outra vez o que se viu já, ver na primavera o que se vira no verão...ver a seara verde, o fruto maduro, a pedra que mudou de lugar.... é preciso recomençar a viagem. Sempre”.

(José Saramago)

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

ESTABELECIMENTO DE LEGUMINOSAS E ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MANEJOS DE PASTEJO EM IGARAPÉ-AÇU, ESTADO DO PARÁ

RESUMO

ABSTRACT

1.1 INTRODUÇÃO GERAL	16
1.2 APRESENTAÇÃO	19
REFERÊNCIAS.....	21

CAPÍTULO II

ESTABELECIMENTO DE LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS EM PASTAGEM DE BRACHIARIA BRIZANTHA, CV. MARANDU, SOB VARIAÇÃO NO MANEJO DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

RESUMO	23
ABSTRACT.....	24
2.1 INTRODUÇÃO	25
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
2.2.1 Área Experimental.....	27
2.2.1.1 Localização	28
2.2.1.2 Clima	28
2.2.1.3 Solo	29
2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	30
2.2.3 Instalação e condução do experimento	30
2.2.4 Preparo das mudas de leguminosas	30
2.2.5 Manejo de pastejo	31
2.2.6 avaliação do estabelecimento das leguminosas realizada em três etapas.	32
2.2.6.1 Fase de estabelecimento das Leguminosas sem influência do manejo de pastejo.	32
2.2.6.2 Fase de estabelecimento das leguminosas sob influência do manejo de pastejo.	32
2.2.6.3 Fase final do estabelecimento das leguminosas.....	32
2.2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
2.3.1 Fase de estabelecimento das Leguminosas sem influência do manejo de pastejo	33
2.3.2 Fase de estabelecimento das leguminosas sob influência do manejo de pastejo	35
2.3.3 Crescimento em altura das leguminosas em função das épocas de avaliação.	36
2.3.4 Número de lançamentos de ramas em função das épocas de avaliação.....	37

2.3.5 Avaliação final do estabelecimento das Leguminosas	39
2.4 CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

CAPITULO III

ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PASTAGEM DE BRACHIARIA BRIZANTHA CV. MARANDU SUBMETIDA A VARIAÇÕES NO MANEJO DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	46
3.1 INTRODUÇÃO	47
3.2 MATERIAL E METODOS	49
3.2.1 Área Experimental.....	49
3.2.2 Clima e Solo.....	49
3.2.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	50
3.2.4 Instalação e condução do experimento	50
3.2.5 Descrição dos sistemas de pastejo.....	51
3.2.6 Procedimentos de amostragem	51
3.2.7 Análises físicas.....	52
3.2.7.1 Caracterização granulométrica	52
3.2.7.2 Densidade e porosidade do solo.....	52
3.2.7.3 Retenção de água e curvas de retenção.....	52
3.2.8 Análise estatística.....	53
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.3.1 Composição granulométrica do solo dos sistemas	53
3.3.2 Densidade, porosidade total, macro e microporosidade	55
3.3.2.1 Interação profundidade x Sistema de pastejo sobre a macroporosidade	57
3.3.3 Retenção de água no solo e água disponível	59
3.3.4 Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água	61
3.3.5 Curvas de retenção de água do solo	63
3.4 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS.....	67

CAPÍTULO IV

ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOMASSA MICROBIANA DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PASTAGEM DE BRACHIARIA BRIZANTHA CV. MARANDU SUBMETIDA A VARIAÇÕES NO MANEJO DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

RESUMO.....	72
ABSTRACT.....	74
4.1 INTRODUÇÃO	75

4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	77
4.2.1 Área experimental.....	77
4.2.1.1 Localização	77
4.2.2 Clima e solo.....	78
4.2.3 Delineamento experimental	79
4.2.4 Análise estatística.....	80
4.2.5 Procedimentos de coleta e análises realizadas.....	80
4.2.5.1 Atributos químicos do solo.....	80
4.2.5.2 Biomassa microbiana do solo	81
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
4.3.1 Atributos químicos do solo.....	82
4.3.1.1 Atributos químicos do solo em função dos sistemas de manejo	82
4.3.1.2 Atributos químicos do solo em função da profundidade de amostragem.....	83
4.3.1.3 Atributos químicos do solo em função de épocas de avaliação.....	87
4.3.2 Biomassa microbiana do solo.....	96
4.4 CONCLUSÕES	98
REFERÊNCIAS.....	99
ANEXOS	107

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II

Figura 1 – Localização do município de Igarapé-Açu – PA.....	28
Figura 2 - Precipitação pluvial, umidade do ar e temperaturas médias mensais no município de Igarapé-Açu - PA, no período de 2006 a 2008.	29
Figura 3 -Representação gráfica dos sistemas de manejo.....	31
Figura 4- Estabelecimento de Leguminosas <i>Flemingia macrophylla</i> e <i>Cratylia argentea</i>	33
sem influência do manejo de pastejo no sistema SP1.....	33
Figura 5- Estabelecimento de Leguminosas <i>Flemingia macrophylla</i> e <i>Cratylia argentea</i> sem influência do manejo de pastejo no sistema SP2.	34
Figura 6- Estabelecimento de Leguminosas <i>Flemingia macrophylla</i> e <i>Cratylia argentea</i> sem influência do manejo de pastejo no sistema SP3.	35
Figura 7 – Percentagem de plantas vivas, das espécies leguminosas <i>Flemingia</i> e <i>Cratylia</i> , em função dos diferentes sistemas de manejo de pastejo, em propriedades pecuárias de agricultores familiares, localizadas em Igarapé-Açu-PA, 2009.	40

Capítulo III

Figura 8 – Localização do município de Igarapé-Açu – PA.	49
Figura 9 - Precipitação pluvial, umidade do ar e temperatura média máxima e mínima mensais no município de Igarapé-Açu - PA, no período de 2006 a 2008.	50
Figura 10- Curvas características de retenção de água da camada de 0-10 cm dos solos no sistema de uso.....	63
Figura 11- Curvas características de retenção de água da camada 10-20cm dos solos nos sistemas de uso.....	64
Figura 12- Curvas características de retenção de água da camada de 20-40 cm dos solos nos sistemas de uso.....	64
Figura 13- Curvas características de retenção de água da camada de 40-60 cm dos solos nos sistemas de uso.....	65

Capítulo IV

Figura 14 – Localização do município de Igarapé-Açu – PA.	78
Figura 15 - Precipitação pluvial, umidade do ar e temperatura média máxima e mínima mensais no município de Igarapé-Açu - PA, no período de 2006 a 2008.	79

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

Tabela 1- Características físicas e químicas do Latossolo Amarelo das áreas experimentais, na profundidade de 0-20 cm. Igarapé-Açu, PA.....	29
Tabela 2- Sistemas de manejo de pastejo, utilizados como tratamentos. Igarapé-Açu-PA, 2007.	31
Tabela 3- Médias de crescimento em altura e número de lançamentos de leguminosas sob diferentes sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu-Pará.	36
Tabela 4 - Médias de crescimento em altura das leguminosas <i>Cratilia argentea</i> e <i>Flemingia macrophylla</i> em função da interação época x espécie de avaliação de leguminosas sob diferentes sistemas de manejo de pastejo, Igarapé-Açu, Pará.....	36
Tabela 5 - Médias de número de lançamentos das leguminosas <i>Cratilia argentea</i> e <i>Flemingia macrophylla</i> , em função da interação época x espécie de avaliação de leguminosas, sob diferentes sistemas de manejo de pastejo, Igarapé-Açu-Pará.	38
Tabela 6- Sistemas de manejo de pastejo utilizados como tratamentos. Igarapé-Açu-PA, 2007.	51
Tabela 7- Propriedades granulométricas(g kg^{-1}) e classificação textural de um Argissolo sob pastejo rotacionado no Município de Igarapé Açu – Pará, ano/2006.	54
Tabela 8 - Valores médios de atributos físicos nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60cm de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu, PA.	56
Tabela 9 - Médias de macroporosidade, de Argissolo, em função da interação entre profundidade do solo e sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu, PA.	58
Tabela 10- Valores médios de retenção de água do solo (umidade volumétrica - $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), em diferentes potenciais de pressão (kPa), e diferentes profundidades, nos sistemas de pastejo estudados. Igarapé-Açu, PA.	60
Tabela 11 - Valores de água disponível ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em diferentes profundidades do solo sob diferentes sistemas de manejo de pastejo SP1, P2 e SP3. Igarapé-Açu-PA, 2008.	60
Tabela 12- Parâmetros referentes à equação de Van Genuchten (1980), para os diferentes sistemas de pastejo e profundidades, usando-se o método no qual os valores extremos de umidade foram fixados em: $\theta_s = \theta_{\text{max}}$ e $\theta_r = \theta_{\text{min}}$, com n dependente de m.	62
Tabela 13- Valores médios de pH em H_2O e KCl, carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), matéria orgânica (MO), fósforo disponível (P), potássio (K) e cálcio mais magnésio (Ca+Mg) trocáveis de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de pastejo. Igarapé-Açu (PA).	82
Tabela 14- Valores médios de alumínio trocável (Al), acidez potencial (H+Al), CTC _{efetiva} (t), CTC _{pH 7,0} , soma de bases (SB), porcentagem de bases (V%) e porcentagem de alumínio (m%) de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de pastejo. Igarapé-Açu (PA).	83
Tabela (15)- Valores médios de pH em H_2O e KCl, carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), matéria orgânica (MO), fósforo disponível (P), potássio (K) e cálcio	

mais magnésio (Ca+Mg) trocáveis de Argissolo Amarelo, amostrado nas profundidades 0-10, 10-20, 20-50 cm. Igarapé-Açu (PA).....	85
Tabela 16- Valores médios de alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), CTC efetiva (t), CTC $pH\ 7,00$ (T), porcentagem de bases (V), porcentagem de alumínio (m) e relação C/N de Argissolo Amarelo, amostrado nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-50 cm. Igarapé-Açu (PA).	86
Tabela 17 - Valores médios de pH em H ₂ O, KCl, Carbono (C), Nitrogênio total (N), Matéria orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Calcio+Magnésio(Ca+Mg) de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo (SP1;SP2;SP3), em diferentes épocas de avaliação EP1-abril/2007; EP2-outubro/2007; EP3-abril/2008; EP4-outubro/2008 em Igarapé-Açu-Pará.	89
Tabela 18 - Valores médios de alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), CTC efetiva (t), CTC $pH\ 7,00$ (T), porcentagem de alumínio (m) e relação C/N de Argissolo Amarelo, em função de épocas de avaliação. Igarapé-Açu (PA).	90
Tabela 19 – Médias de valores de pH em H ₂ O, em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).....	91
Tabela 20 – Médias de teores de carbono (C), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).....	91
Tabela 21 – Médias de teores de nitrogênio (N), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).....	92
Tabela 22- Médias de teores de matéria orgânica (MO), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).....	93
Tabela 23 -Médias de teores de fósforo (P), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de pastejo. Igarapé-Açu (PA).....	93
Tabela 24 - Médias de teores de alumínio (Al), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo, sob diferentes sistemas de pastejo. Igarapé-Açu (PA).	94
Tabela 25 - Médias de saturação por alumínio (m%), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).....	95
Tabela 26 – Médias de pH em H ₂ O, em função da interação Sistema de manejo de pastejo x época de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).	95
Tabela 27 - Valores de médias de teores de carbono e de nitrogênio da biomassa microbiana (CBM ; NBM) de um Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu (PA).	96
Tabela 28 - Valores de médias de teores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (CBM – NBM) de um Argissolo Amarelo arenoso, sob diferentes sistemas de manejo de pastejo (SP1;SP2;SP3), em diferentes épocas de avaliação (EP1-abril /2007; EP2- Outubro/2007; EP3- abril/2008; EP4-outubro/2008), em Igarapé-Açu-Pará.	96

CAPÍTULO I

ESTABELECIMENTO DE LEGUMINOSAS E ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MANEJOS DE PASTEJO EM IGARAPÉ-AÇU, ESTADO DO PARÁ.

RESUMO

Na Amazônia Oriental, a crescente demanda por melhorias em produtividade e competitividade no setor agropecuário, a produção de suplementos de baixo custo, com destaque às leguminosas consorciadas com gramíneas, constitui um grande passo para o desenvolvimento dos sistemas de produção animal. A principal expectativa do uso de leguminosas, em comparação com a pastagem de gramíneas exclusiva, é a melhoria da produção animal. Os efeitos da lotação animal e os dias de descanso do pasto, também são determinantes para manter a sustentabilidade do sistema de produção pecuária. Informações sobre esses efeitos na qualidade física, química e na biomassa microbiana do solo de pastagens ainda são escassas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estabelecimento de leguminosas *Flemingia macrophylla* e *Cratylia argentea* e as variações nos atributos físicos, químicos e biológicos de Argissolo Amarelo sob pastagem já estabelecida de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, localizado em Igarapé-Açu, no Nordeste paraense, em função de sistemas de pastejo com diferentes taxas de lotação animal e dias de descanso do pasto (SP1 = 1 UA/ha e 56 dias de descanso; SP2 = 0,7 UA/ha e 28 dias de descanso; SP3 = 0,7 UA/ha e 56 dias de descanso) e quatro épocas de coleta para amostragem (abril/2007 - chuvosa; outubro/2007 - seca; abril/2007 - chuvosa; outubro/2008 - seca), nas camadas 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm para avaliação dos atributos físicos e 0-10, 10-20, 20-50 cm para os químicos. Os atributos biológicos, foram avaliados apenas na profundidade 0-10 cm. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos, conforme as variáveis a serem avaliadas, foram distribuídos em parcelas sub e sub sub-divididas. Isoladamente, os sistemas de pastejo influenciaram as variáveis estudadas. Conclui-se que os sistemas de manejo utilizados, não influenciaram no estabelecimento das leguminosas, nos atributos físicos, químicos e no carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo que no

entanto, apresentaram diferenças significativas em profundidade de amostragem do solo e nas épocas de avaliação.

Palavras-chave : Sistema de manejo, carga animal, pastagem, atributos do solo, pecuária, Amazônia.

ESTABLISHMENT OF LEGUMES AND THE PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL UNDER INFLUENCE OF DIFFERENT PASTURE HANDLING SYSTEMS, AT IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

ABSTRACT

In Oriental Amazonia, the growing demand for improvements in productivity and competitiveness in the agricultural sector, the production of low costs supplements, among which are legumes intercropped with grass, is a major step for the development of animal production systems. The main expectation of the use of legumes is the improvement of animal production compared to grass pasture exclusively. The effects of animal distribution and days of grazing rest, are also crucial to maintain the sustainability of livestock production system. Information about its effects on physical, chemical and microbial biomass quality of pastures soil are still rare. The objective of this study was to evaluate the influence of different cattle distribution and different days of grazing rest, about the establishment of legumes *Flemingia macrophylla* and *Cratilia argentea*, on the physical, chemical and biological attributes of yellow claysoil under a already established pasture of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, located in Igarapé-Açu, Northeast of Pará in function of grazing systems with different animal allotment rate and resting days of the pasture (SP1= 1UA/ha and 56 resting days; SP2= 0,7UA/ha and 28 resting days; SP3= 0,7UA/ha and 56 resting days) and four seasons to sampling (April/2007 – rainy weather; October/2007 – dry weather; April/2008 – rainy weather; October/2008 – dry weather), in the layers 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm for evaluation of the physical attributes and in the 0-10, 10-20, 20-50 cm for the chemical ones. The biological attributes, were evaluated just in the depth of 0-10 cm. The experimental outlining was blocks by chance with three repetition. The treatment, conform the variable to be evaluated, were distributed in quotas sub and subdivided. Singly, the grazing systems influenced the studied variable. It follows that the handling systems used, did not influenced on the legumes establishment, on the physical and chemical attribute, and on the carbon and nitrogen from the microbial soil biomass though, they showed significant differences on the sample soil depth and on the seasons evaluated.

Keywords: handling system, animal stocking, pasture, soil atributes, cattle raising, Amazonia.

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

O cenário de degradação ambiental na Amazônia aponta para a necessidade de se disponibilizar tecnologias que mantenham a capacidade produtiva do solo, aumentem a renda dos produtores, fixando-os à terra, incorporem as áreas já alteradas ao processo produtivo e diminuam o desmatamento das florestas primárias.

Estima-se que na Amazônia Legal Brasileira, cinquenta por cento das áreas de pastagens cultivadas, cerca de 30 milhões de hectares, estariam degradadas ou em processo de degradação (DIAS-FILHO, 2007). Estudos têm mostrado que quase todo processo de ocupação agrícola na Amazônia, termina inevitavelmente na formação de pastagens (TEIXEIRA NETO; COSTA; LOURENÇO JÚNIOR, 2006).

O desmatamento na Amazônia teve maior incremento a partir do fim da década de 1960, e consideráveis extensões de terra foram desflorestadas para ceder lugar ao estabelecimento de pastagens cultivadas, atingindo 25 milhões de hectares, onde a maior área localiza-se no Estado do Pará (COSTA; MOURA CARVALHO; TEIXEIRA, 2000).

A zona Bragantina localizada no Nordeste Paraense, tradicionalmente agrícola, apresenta um processo crescente de pecuária. Em face de um processo de colonização de mais de um século e um grande crescimento demográfico, a vegetação dessa região foi intensamente antropizada (VEIGA ; HOSTIOU, 2006). A pecuária, com base em pastagem, passou a exercer grande influência na economia regional a partir dos programas de incentivo do governo federal, com o FNO (Fundo Constitucional de Financiamento do Norte). A dinâmica da pecuária foi especialmente relevante na agricultura familiar com impacto na estrutura e nos funcionamentos das propriedades (VEIGA; POCCARD-CHAPUIS; TOURRAND, 2003).

A pecuária extensiva tem sido observado como uma das alternativas econômicas para os agricultores dessa região, entretanto, esta atividade além de utilizar grandes áreas de pastagem, tem baixo rendimento, com carga animal baixa e de modo geral, as pastagens são formadas, através do processo de corte e queima de grandes extensões de floresta secundária. Inicialmente a produção de forragem é alta, decorrente da fertilização do solo pelas cinzas provenientes da queima e, no entanto, passados 6 a 7 anos, a pastagem entra em declínio produtivo em decorrência da perda de fertilidade do solo e do manejo inadequado, apontados

como os principais fatores de influência antrópica direta, que contribuem para tornar a pastagem mais suscetível à degradação (DIAS-FILHO, 2007.; VEIGA, 2006).

A pressão de pastejo, que depende da lotação animal, é o fator de manejo mais importante para a sustentabilidade das pastagens tropicais (WHITEMAN, 1980).

Têm-se buscado, nos últimos anos, alternativas que permitam o uso sustentável do pasto com a introdução da pastagem nos ciclos de cultivos e o melhoramento de áreas de pastagem com espécies leguminosas (HOHNWALD, 2002 .; ALMEIDA; SABOGAL; BRIENZA JÚNIOR, 2006).

O projeto Rede Tipitamba (Tecnologia para melhoria dos sistemas de produção da agricultura familiar com base no manejo de capoeiras na Amazônia, com ênfase em alternativas ao uso de fogo), desenvolvida pela Embrapa Amazônia Oriental buscando formas de garantir um manejo sustentável dos diversos subsistemas que compõe a realidade da agricultura familiar, está estudando alternativas para recuperação de áreas degradadas que contemplem a eliminação do uso do fogo no preparo de área e, ao mesmo tempo, ofertar nutrientes em um menor espaço de tempo. Experiências vêm sendo trabalhadas na Embrapa Amazônia Oriental e no Centro Internacional de Agricultura Tropical, em que pastagens de gramíneas são manejadas com leguminosas que além de enriquecer o solo com nitrogênio, contribuem para o melhoramento da alimentação do gado (CIAT, 2004). Enquanto as vantagens da introdução de leguminosas são bem conhecidas, é difícil a escolha das espécies mais adaptadas às condições ambientais da região, que persistem quando consorciação de leguminosas com gramíneas são pastejadas. Além de satisfazer as exigências em nutrientes para estabelecimento de leguminosas, é necessário o uso de um adequado sistema de pastejo de forma a viabilizar a persistência das espécies. Quanto a isto, é importante determinar a taxa de lotação animal ótima, havendo evidências de que um período de descanso entre pastejos sucessivos pode ser vantajoso (HOHNWALD et al., 2003.; DIAS-FILHO., 2007).

Entre as leguminosas arbustivas avaliadas em solo ácido pelo CIAT, destaca-se a *Cratylia argentea* (Desv) O. Kuntze, pertencente a um gênero neotropical que se distribui na América do Sul, principalmente no Brasil, Peru, Bolívia e nordeste da Argentina Apresenta alta capacidade de rebrote, conteúdo de proteína entre 13% e 23% com uma digestibilidade variável de 40% a 55% dependendo da maturidade (LASCANO et al.; 2002). A alta retenção foliar, particularmente de folhas jovens, e a capacidade de rebrote durante a época seca são

características mais marcantes desta espécie. Estas características, estão associadas ao desenvolvimento de raízes vigorosas que alcançam até dois metros de profundidade oferecendo a tolerância da planta à seca, até em condições extremas de solos pobres e ácidos (ZARRO; CARVALHO; RAMOS, 1995.; ARGEL, 2003).

Outra leguminosa nativa da Ásia, valiosa na conservação do solo é a *Flemingia acrophilla* (Willd.) Merrill (ASARE, 1985). A lenta decomposição de suas folhas, juntamente com seu denso crescimento, a tolerância moderada à seca, e a habilidade de resistir a enchentes ocasionais, faz da *Flemingia macrophylla* apropriada para o controle de ervas daninhas e proteção do solo (LASCANO et al., 2002). A planta é tolerante à sombra e é moderadamente capaz de sobreviver ao fogo. Melhora as propriedades físicas do solo através da adição da matéria orgânica e com a atividade de seu sistema de raiz. Aumenta extremamente a taxa de infiltração da água e o índice de umidade do solo e mantém a aeração favorável para a biota do solo (HULUGALLE ; NDI, 1994).

Leguminosas mantidas ou introduzidas nas pastagens colaboram para a conservação do solo, pois agem como uma proteção física, reduzindo a velocidade do vento e o impacto da chuva na superfície, agindo também no controle da erosão. A biomassa das árvores contribui para melhorar a fertilidade do solo e a qualidade da forragem, algumas vezes aumentando também sua produção (CARVALHO; XAVIER; ALVIM, 2001.; PACIULLO et al., 2008).

Estimular a recuperação de pastagens degradadas é estimular o aumento da produtividade pecuária e, conseqüentemente, a produção de alimento e renda, sem com isso estar promovendo a expansão das áreas de pastagens às custas de áreas de vegetação nativa (DIAS-FILHO, 2006).

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a influência promovida por diferentes carga animal e dias de descanso do pasto, e diferentes épocas de amostragem (estação seca e chuvosa), sobre o estabelecimento de leguminosas *Cratilia* e *Flemingia* e sobre os atributos físicos, químicos e biológicos de Argissolo Amarelo, em diferentes profundidades, sob pastagem já estabelecida, de *Brachiaria brizantha*, localizada em Igarapé-Açu, no Nordeste paraense.

Esta pesquisa foi desenvolvida pela Embrapa Amazônia Oriental em parceria com a Universidade Federal Rural da Amazônia, as Universidades Alemãs de Göttingen e Bonn foi realizada no contexto do Projeto Tipitamba.

1.2 APRESENTAÇÃO

A proposta do trabalho é contribuir para a recuperação de pastagem degradada, com o plantio de leguminosas arbustivas, sob sistema de pastejo rotacionado, em áreas de pastagem já estabelecidas. Desse modo, levantou-se a hipótese de que a carga animal e os dias de descanso do pasto contribuem para o estabelecimento de leguminosas e, também, propicia melhoria nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

O trabalho foi dividido em quatro capítulos. No Capítulo I – “ESTABELECIMENTO DE LEGUMINOSAS E ATRIBUTOS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MANEJOS DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, ESTADO DO PARÁ”, é feita uma descrição da tese como um todo, mostrando a importância do trabalho, no contexto regional, e os efeitos de diferentes pressões de pastejo e dias de descanso do pasto, sobre o estabelecimento de leguminosas arbustivas e atributos físicos, químicos e biológicos de um Argissolo Amarelo sob pastagem estabelecida de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em processo de degradação. As variáveis foram avaliadas em diferentes épocas (seca e chuvosa) e profundidades do solo.

O Capítulo II – “ESTABELECIMENTO DE LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS EM PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha*, SOB VARIAÇÃO NO MANEJO DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, PA”, é estudado o efeito de três diferentes sistemas de manejo, envolvendo diferentes carga animal e dias de descanso do pasto, sobre o estabelecimento de duas espécies leguminosas de porte arbustivo (*Flemingia macrophylla* e *Cratylia argentea*) em área de pastagem estabelecida com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em quatro épocas de avaliação (duas secas e duas chuvosas).

No Capítulo III – “ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha*, cv. MARANDU, SUBMETIDA A VARIAÇÕES NO MANEJO DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ”, é apresentado um estudo do efeito de sistemas de manejo com diferentes pressão de pastejo e dias de descanso do pasto, sobre a granulometria, densidade do solo, macro e microporosidade e porosidade total, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de um Argissolo Amarelo sob pastagem com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Foram avaliadas, também, a retenção de umidade e a disponibilidade de água no solo.

No Capítulo IV – “ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOMASSA MICROBIANA DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha*, cv. MARANDU, SUBMETIDA A VARIAÇÕES NO MANEJO DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ”, foram avaliados o efeito de três diferentes sistemas de pastejo envolvendo diferentes carga animal e dias de descanso do pasto, sobre os atributos químicos: pH em água e KCl, matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio total, fósforo disponível, potássio, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, acidez potencial, CTC efetiva, CTC a pH 7,0, soma de bases, porcentagem de bases e porcentagem de alumínio, em três camadas (0-10, 10-20 e 20-50 cm) de um Argissolo Amarelo sob pastagem com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, coletadas em quatro diferentes épocas (duas secas e duas chuvosas). Foram avaliados, também, os atributos biológicos, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, na profundidade de 0-10 cm e nas mesmas épocas de amostragem.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. ; SABOGAL, C. ; BRIENZA JÚNIOR, S. **Recuperação de áreas alteradas na Amazônia brasileira: experiências locais, lições aprendidas e implicações para políticas públicas.** Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia. 2006. 202 p.
- ARGEL, P. **La Cratylia argentea: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas sub húmedas tropicales.** Cali, Colombia : CIAT, 2003. 22p.
- ASARE, E. O. Effecto frequency and height of defoliation of forage yield and crude protein content of *Flemingia macrophylla*. In : INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15., 1985, Kyoto, Japan. **Proceeding...** Kyoto, Japan, 1985, p.24-31.
- CARVALHO, M. M.; XAVIER, D. F.; ALVIM, M. J. **Características de algumas leguminosas arbóreas adequadas para a associação com pastagens.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. 24 p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 64).
- CIAT. Centro Agronômico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de pesquisas sobre espécies leguminosas arbustivas, 2004. Disponível em:< <http://www.ciat.cgiar.org>>. Acesso em: 28 jun. 2010.
- COSTA, N. A ; MOURA CARVALHO, L. O D. ; TEIXEIRA, L. B. **Sistemas de manejo das pastagens cultivadas na Amazônia brasileira.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2000. 151p.
- DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A. Leguminosas arbóreas introduzidas em pastagem. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.1, jan. 2007, p.119-126.
- DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação.** 3ª ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.
- _____. Degradação e Recuperação de Pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 23. , 2006. Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006. p.214-215.
- HOHNWALD, S. **A Grass-Capoeira Pasture Fits Better Than a Grass-Legume Pasture in the Agricultural System of Smallholdings in the Humid Brazilian Tropics.** Cuvillier Verlag, Göttingen , 2002. 211p.
- _____. ; RISCHKOWSKT, B.; CAMARÃO, A. P.; RODRIGUES FILHO, J. A Pastagem com Regeneração da Capoeira ou Pastagem Consorciada com Leguminosas: Possibilidades de integração da pastagem no ciclo agrícola tradicional na Zona Bragantina, Pará, Brasil. In: **Viabilidade de sistemas agropecuários na agricultura familiar da Amazônia.** Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2003. p.135-144.

HULUGALLE, N. R. ; NDI, J. N. Changes in soil properties of a newly-cleared Ultisol due to establishment of hedgerow species in alley cropping systems., **Journal of Agricultural Science**, v.122, p.453-443, 1994.

LASCANO, C. ; RINCON, A. ; PLAZAS, C.; ÁVILA, P.; BUENO, G. D. de.; ARGEL, P. J. **Cultivar Veranera (Cratilia Argentea (Desvaux) O. Kuntze)**: leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con períodos prolongados de sequía en Colombia. Cali, Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Internacional Center for Tropical Agriculture (CIAT), 2002. 28p.

PACIULLO, D. S. C. ; CAMPOS, N. R. ; GOMIDE, C. A. M. ; CASTRO, C. R. T. ; TAVELA, R. C. ; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.7, jul, 2008.

PIZARRO, E. A. ; CARVALHO, M. A. ; RAMOS, A. K. B. Introducción y evaluación de leguminosas forrajeras arbustivas en el Cerrado brasileño. En: Pizarro, E. A.; Coradin, L. (eds.). **Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera**. Brasília : Embrapa, Cenargen/C P A C e CIAT, 1995. p.40-49.

TEIXEIRA NETO, J. F. ; COSTA, N. A. ; LOURENÇO JÚNIOR, J. B. Análise Retrospectiva, Situação Atual e Visão Prospectiva. In: TEIXEIRA NETO, J. F. ; COSTA, N. A. **Criação de bovinos de corte no Estado do Pará**. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2006. p.11-26.

VEIGA, J. B. Formação e manutenção de pastagem. VEIGA, J. B. (Ed.). **Sistemas de produção: criação de gado leiteiro na Zona Bragantina**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. p.59-65.

____ ; HOSTIOU, N. Aspectos Agroecológicos e Socioeconômicos, e os Sistemas Leiteiros da Zona Bragantina. In: Veiga, J. B. **Sistema de Produção: Criação de gado leiteiro na zona Bragantina**. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2006. p.19-23.

____ ; POCCARD-CHAPUIS, R. ; TOURRAND, J. F. Caracterização e viabilidade agropecuária na agricultura Familiar da Amazônia Oriental Brasileira. In: TOURRAND, J. F.; VEIGA, J.B.; (Ed.). **Viabilidade de sistemas agropecuários na agricultura familiar da Amazônia**. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2003. p.17-63.

WHITEMAN, P.C. **Tropical pasture science**. Oxford : Oxford University Press, 1980. 392p.

CAPITULO II

ESTABELECIMENTO DE LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS EM PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha*, cv. MARANDU, SOB VARIAÇÃO NO MANEJO DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar o estabelecimento de duas espécies leguminosas de porte arbustivo *Flemingia macrophylla* e *Cratylia argentea* em área com pastagem já estabelecida de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em quatro épocas de avaliação (abril e outubro de 2007 e 2008), sob influência de sistemas de pastejo envolvendo diferentes carga animal e dias de descanso do pasto (SP1: 1,0 UA/ha, 56 dias de descanso; SP2: 0,7 UA/ha, 28 dias de descanso; SP3: 0,7 UA/ha, 56 dias de descanso). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições com os tratamentos distribuídos em parcelas sub-subdivididas. Mensurou-se altura e número de lançamentos de ramas das espécies leguminosas. Não houve efeito significativo dos sistemas de pastejo sobre altura e lançamentos de ramas, havendo entretanto, influência das épocas de avaliação, onde a *Flemingia* mostrou maior crescimento em altura e mais lançamentos de ramas, em todas as épocas de avaliação. O percentual de plantas estabelecidas, foi maior no sistema SP2, tendo a *Flemingia* apresentado a percentagem de 84% e a *Cratylia*, 74%. No geral, a espécie *Flemingia* teve melhor estabelecimento, porque as mudas dessa espécie apresentaram maiores crescimento e percentagem de sobrevivência. Em se tratando de consorciação de leguminosas com gramíneas pastejadas, é necessário considerar a carga animal e os dias de descanso do pasto, assim como a escolha das espécies arbustivas a serem utilizadas.

Palavras-chaves: *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea*, consorciação, gramíneas, área degradada.

ESTABLISHMENT OF SHRUBBY LEGUMES IN *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU, UNDER VARIATION ON THE PASTURE HANDLING, AT IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

ABSTRACT

The target of this search was to evaluate the establishment of two bushy poise legume species *Flemingia macrophylla* e *Cratylia argentea* at an area in such there was grazing from *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, in four evaluated seasons (April and October/2007 and 2008), under influence pasture systems involving different animal stocking and resting days from the pasture (SP1: 1,0UA/ha, 56 pasture rest days; SP2: 0,7UA/ha, 28 pasture rest days; SP3: 0,7UA/ha, 56 pasture rest days). The experimental outlining used, was blocks by chance with three repetitions with the treatments distributed in quotas sub- subdivided. It was measured the high and number of branch emissions from the legume species. There was no significative effect on the handling systems related to the data about high and emission of branch, notwithstanding there was influence from the evaluate seasons where *Flemingia* showed greater high and much more branch emission in all the evaluated seasons. The percentage of established plants was greater in the SP2 system, with 84% for *Flemingia* and 74% for *Cratilia*. On the whole study, *Flemingia* had the best establishment because the seedling from this specie showed greater growth and survival percentage. When talking about grazing pasture consortium its necessary consider the animal stocking and the resting days of the pature, as well as the choice of the bushy species to be used.

Key words: *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea*, consortium, pasture, degraded area,

2.1 INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais e subtropicais fica cada vez mais evidente que as leguminosas são necessárias para melhorar a produção, qualidade e a sustentabilidade das pastagens. Leguminosas no ecossistema de pastagem podem resultar em vários benefícios para os componentes clima, solo, microrganismos, plantas forrageiras e animais, principalmente se forem utilizadas espécies arbóreas com as características requeridas para esse fim (AROEIRA et al., 2003). A introdução de leguminosa arbustiva na pastagem, promove incrementos na produção animal, pelo aumento da qualidade e da quantidade da forragem em oferta, resultante não só da participação da leguminosa na dieta do animal mas também dos efeitos indiretos relacionados com a fixação biológica de nitrogênio e seu repasse ao ecossistema de pastagem (ANDRADE; COSTA; FARIA, 2000.; FARIA; CAMPELLO, 2000). O uso da leguminosa além de enriquecer o solo com nitrogênio é também uma alternativa para tornar sustentável a exploração pecuária em pequenas propriedades no Trópico Úmido (HOHNWALD et al.; 2003).

Segundo Miyasaka et al. (1984), uma das principais razões para o uso de leguminosas, está em sua capacidade de fixar o N atmosférico mediante a simbiose com bactérias. Outros motivos citados pelo autor, são seu alto teor de compostos orgânicos nitrogenados e a presença de um sistema radicular, geralmente, bem profundo e ramificado, capaz de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo. Conforme Leme et al. (2005), entre os benefícios do uso das leguminosas arbóreas merece destaque a maior retenção de umidade e o aumento da fertilidade do solo, com melhoria da atividade biológica na sua superfície.

Dentre as espécies leguminosas de multi-propósito, para serem utilizadas em consórcio com pastagem, merecem destaque a *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze cv. Veraniega (BRA 000167) (PIZZARRO; CORADIN, 1996; ANDERSSON et al., 2006 a) e *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merr. (THOMAS; SCHULTZE-KRAFT, 1990; ANDERSSON et al., 2006 b), as quais têm ótima adaptação ambiental em terras ácidas e estações secas, e apresentaram boa aceitabilidade pelo gado (bovino de corte) e bons resultados quando plantadas sob pastagem em região do Nordeste paraense (HOHNWALD et al., 2006).

Em estudos realizados no CIAT, a digestibilidade in vitro da matéria seca de *Cratylia argentea* (57%) foi maior que as de outras leguminosas adaptadas a solos ácidos, como

Codariocalyx giroides (30%) e *Flemingia macrophylla* (20%), o que está associado a baixo conteúdo de taninos condensados (LASCANO et al., 2002). Como resultado do seu elevado conteúdo de proteína bruta e baixos níveis de taninos, *Cratylia argentea* é uma excelente fonte de nitrogênio fermentável no rúmen (WILSON ; LASCANO, 1997).

Em pesquisa sobre curva de crescimento e acumulação de proteína bruta da leguminosa *Cratylia argentea*, conduzida em Latossolo Vermelho-Amarelo, altamente ácido e baixa fertilidade, foi verificado ter a *Cratylia* crescimento inicial lento, porém, após esta fase, apresentou máxima produção de matéria seca obtida a 189 dias (14.3 t/ha), com 20% de proteína bruta (em 10 cortes com intervalo de 21 dias) (XAVIER ; BOTREL., 2001).

GOMES; MORAES (1997), em suas recomendações para plantio de espécies leguminosas para o manejo de solos no Acre, indicaram a *Flemingia* como a mais produtiva e, também, como alternativa para manejo e recuperação dos solos tropicais. Em trabalhos sobre performance de mulches de *Leucaena leucocephala*, *Flemingia macrophylla* e *Gliricidia sepium* em controle de plantas invasoras, dos três materiais de mulch, somente a *Flemingia macrophylla* mostrou capacidade de retardar o desenvolvimento de erva daninha (BUDELMAN, 1988).

No centro de investigação Macagual (Colômbia) a CORPOICA (Corporação Colombiana de Investigação Agropecuária), vem realizando trabalhos utilizando *Flemingia macrophylla* em solo degradado por atividade agropecuária (ANDERSSON et al.; 2006 a).

Em pesquisa desenvolvida no Vietnã, o consórcio *Flemingia macrophylla* e mandioca, comparado com monocultura de mandioca resultou em rendimentos mais altos de raízes e folhagem de mandioca, melhoramento da fertilidade do solo e diminuição na erosão do solo (DUNG; LEDIN; MUI, 2005).

Destaca-se, então, o alto potencial da leguminosa perene, como estratégia de fonte nutricional para o fornecimento de nutrientes na forma de adubo verde, tornando-os mais disponíveis às culturas consorciadas ou subseqüentes, destacando-se a sincronia entre cultivos, no intuito de compatibilizar a máxima persistência dos resíduos culturais na superfície do solo, com o fornecimento adequado de nutrientes (SALMI; SALMI; ABBOUD, 2006).

O consórcio de gramíneas e leguminosas surgiu como alternativa para o aumento da produção de forragem, particularmente no período seco do ano. A associação das duas espécies tem melhorado o valor nutritivo da dieta dos ruminantes, quando comparado às

gramíneas tropicais em monocultura e contribuído para a diminuição do processo erosivo das áreas produtivas (PACIULLO et al, 2003.; SILVA ; SALIBA, 2007).

Em pastagens de *A. gayanus* cv. Planaltina, pastejadas por ovinos deslanados, o aumento da carga animal (6, 12 e 18 animais/ha) reduziu significativamente a disponibilidade de forragem e o ganho de peso diário, contudo implicou na obtenção dos maiores teores de proteína bruta. A carga animal mais adequada foi de 12 animais/ha, a qual além de assegurar a persistência da pastagem, proporcionou melhor desempenho animal durante o ano. A utilização de 18 animais/ha mostrou-se inviável, já que resultou num processo de degradação completa da pastagem (COSTA et al., 2004 b).

Para propiciar uma perfeita recuperação das pastagens e acúmulo de reservas, conciliando a produção e qualidade da forragem, os ciclos de pastejo deverão ser regulados; em geral, períodos curtos de descanso propiciam forragem de melhor qualidade, no entanto, podem comprometer a longevidade das pastagens, principalmente quando associados a períodos longos de ocupação. Como indicativos podem ser adotados ciclos de pastejo de 1 a 7 dias de utilização e 28 a 36 dias de descanso do pasto, conforme a estação do ano e condições das pastagens (COSTA et al, 1997).

O sucesso da introdução de uma espécie arbórea na pastagem, sem proteção e na presença dos animais, está na dependência do grau de aceitabilidade pelos animais da velocidade de crescimento e da competição com a pastagem (HOHNWALD et al., 2005; HINDRICHSEN et al., 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o estabelecimento das leguminosas arbustivas *Flemingia macrophylla*, e *Cratylia argentea* em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, submetida a diferentes manejos de pastejo em propriedades pecuárias de agricultores familiares, localizadas em Igarapé-Açu, Nordeste do Estado do Pará.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área Experimental

2.2.1.1 Localização

O estudo foi desenvolvido no período de novembro/2005 a março/2009 em três áreas de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com aproximadamente 12 anos de idade, manejada através de sistema extensivo de criação de gado, localizadas no município de Igarapé-Açu, microrregião Bragantina, no Nordeste do Estado do Pará, entre as coordenadas 0°58' e 01°38' S, 47°26' e 48°42' W (Figura 1).

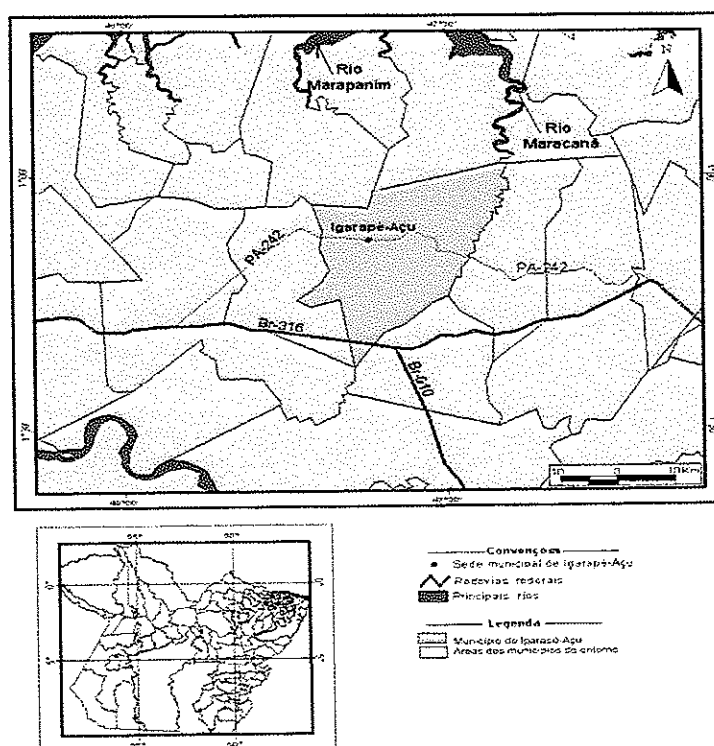


Figura 1 – Localização do município de Igarapé-Açu – PA.

2.2.1.2 Clima

O clima é quente e úmido, do tipo Ami segundo a classificação de Köppen. A variação climática está associada com a distribuição das chuvas que não ocorre homogeneamente durante o ano, apresentando as maiores médias nos meses de fevereiro, março e abril e as menores nos meses de setembro, outubro e novembro. A precipitação pluvial média anual é de 2.500 mm, sendo setembro, outubro e novembro os meses mais secos; a temperatura média

anual é de 27° C, com máxima de 38° C e mínima de 26° C; a umidade relativa varia de 80 a 90% (BASTOS ; PACHECO, 2000., PACHECO ; BASTOS, 2006). As médias de temperatura e precipitação pluvial, registradas no período do estudo, estão apresentadas na Figura 2.

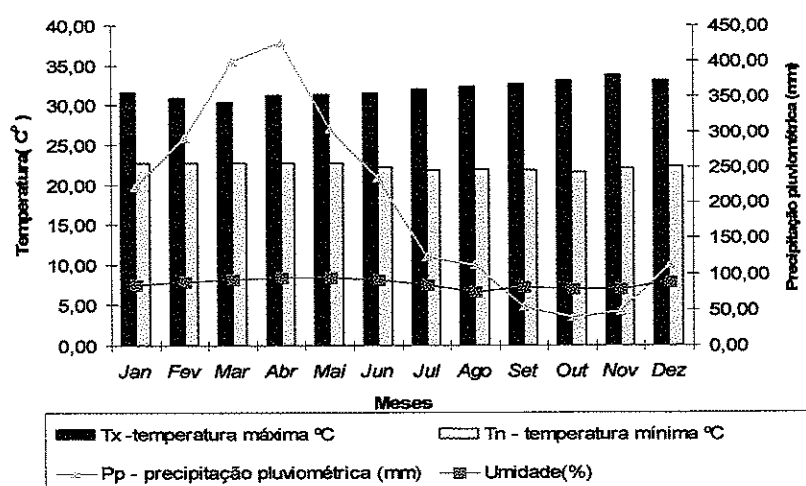


Figura 2 - Precipitação pluvial, umidade do ar e temperaturas médias mensais no município de Igarapé-Açu - PA, no período de 2006 a 2008.

Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa Amazônia Oriental, em Igarapé-Açu - PA

2.2.1.3 Solo

O solo foi classificado como Argissolo Amarelo, Distrófico, caracterizado pela presença de horizonte subsuperficial do tipo B textural, ácido, profundo, bem drenado, de textura arenosa/média (EMBRAPA, 2006). Na Tabela 1, encontram-se as características físicas e químicas das áreas experimentais.

Tabela 1- Características físicas e químicas do Latossolo Amarelo das áreas experimentais, na profundidade de 0-20 cm. Igarapé-Açu, PA.

Áreas de estudo	areia g	areia f g kg ⁻¹	silte	argila	pH H ₂ O	N --- g kg ⁻¹ ---	MO 17,96	P mg dm ⁻³	K 23	Ca+Mg 1,7	Al 0,4	H+Al 3,80
SP1	412	398	90	100	5,5	0,10	17,96	1	23	1,7	0,4	3,80
SP2	450	439	71	40	5,4	0,13	13,32	1	39	1,9	0,1	2,48
SP3	493	386	81	40	5,7	0,10	8,07	3	64	1,6	0,1	1,98

2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema de parcelas sub-subdivididas onde foram dispostos nas parcelas, os sistemas de pastejo com diferentes carga animal e dias de descanso do pasto (SP1: 1,0 UA/ha, 56 dias; SP2: 0,7 UA/ha, 28 dias; SP3: 0,7 UA/ha, 56 dias), na subparcela as espécies leguminosas (Flemingia e Cratília) e na sub-subparcela, as quatro épocas de avaliação (duas épocas chuvosas: abril 2007/2008 e duas épocas secas: outubro 2007/2008).

2.2.3 Instalação e condução do experimento

A implantação do experimento teve início em novembro /2005 com a seleção de três áreas de 1,5 ha cada, com pastagem degradada de capim-braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) em processo de degradação, em propriedades pecuárias de agricultores familiares, localizadas no Nordeste paraense. A área experimental foi de 4,5 ha, dividida em nove piquetes de 0,5 ha cada, onde foram plantadas mudas de espécies leguminosas arbustivas, Flemingia e Cratília. O sistema de pastejo utilizado foi o rotacionado, com diferentes carga animal e diferentes dias de descanso do pasto.

2.2.4 Preparo das mudas de leguminosas

A semeadura das espécies leguminosas foi feita em janeiro de 2006, na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Igarapé-Açu. O substrato foi preparado com 50% de esterco de gado e 50% de terra preta. As mudas foram mantidas em viveiro com aproximadamente 5% de sombreamento até atingirem 30 cm de altura. Em 28/março/ 2006 foi feito o plantio das mudas na densidade de 1.200 mudas/ha, em faixas simples (cada faixa com 30 plantas), alternadas (uma faixa com Flemingia e a outra com Cratília), com espaçamento de 1,50m entre plantas e 5,00m entre faixas. Foi feita uma única adubação com Fosfato de Arad após 30 dias do plantio das leguminosas no pasto, na base de 150g / planta. Entre março de 2006 e março de 2007 os piquetes permaneceram vedados, a fim de se garantir o crescimento das espécies arbustivas.

2.2.5 Manejo de pastejo

A entrada dos animais nos piquetes teve início em abril/2007. Os animais utilizados foram bovinos castrados sem raça definida com peso vivo (PV) médio de 350 kg. Além do consumo da gramínea e da leguminosa, os animais foram providos de água a vontade e de 50 g de sal / cabeça/ dia. Na Tabela 2, encontra-se o demonstrativo da composição dos sistemas de pastejo utilizados.

Tabela 2- Sistemas de manejo de pastejo, utilizados como tratamentos. Igarapé-Açu-PA, 2007.

Sistemas de manejo de pastejo	Descanso pasto (dias)	Carga animal (UA)	Área total (ha)	Área x UA (450kg)	nº animais de (350 kg)
SP1	56	1,0	4,5	2025	6 UA/ha
SP2	28	0,7	2,5	788	3 UA/ha
SP3	56	0,7	4,5	1418	5 UA/ha

SP1 e SP3 = Carga animal diferentes (1,0 e 0,7 UA/ha) e dias de descanso do pasto iguais (56 dias).

SP2 e SP3 = Carga animal iguais (0,7 UA/ha) e dias de descanso do pasto diferentes (28 e 56 dias).

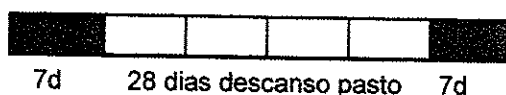
No desenho da Figura 3 podemos observar as variáveis de composição dos sistemas de pastejo estudados, permitindo comparar o efeito da carga animal, nos sistemas de manejo SP1 e SP3 e o efeito dos dias de descanso do pasto, nos sistemas de manejo SP2 e SP3.

Figura 3 -Representação gráfica dos sistemas de manejo.

SP1 – 1,0 UA/ha



SP2 – 0,7 UA/ha



SP3 – 0,7 UA/ha



2.2.6 Avaliação do estabelecimento das leguminosas realizada em três etapas.

2.2.6.1 Fase de estabelecimento das Leguminosas sem influência do manejo de pastejo.

Nessa primeira fase de estabelecimento foi feito um levantamento quantitativo sessenta dias (junho/2006), após o plantio das mudas de leguminosas no campo para verificação da sobrevivência das mudas e da necessidade de ser feito replantio, em caso de haver muitas perdas. A avaliação foi feita, designando as plantas como (1) grandes- plantas que atingiram até 50 cm de altura; (2) pequenas - plantas que atingiram até 40 cm de altura e (0) para as plantas mortas. As médias calculadas foram tratadas na planilha eletrônica Excel, para gerar os gráficos de estabelecimento das leguminosas na pastagem, sem o manejo de pastejo.

2.2.6.2 Fase de estabelecimento das leguminosas sob influência do manejo de pastejo

Nesta fase, a avaliação do estabelecimento das leguminosas foi feita sob influência dos sistemas de manejo de pastejo SP1, SP2 e SP3, realizadas em quatro épocas: duas avaliações na época mais chuvosa (abril/2007/2008) e duas na época menos chuvosa (outubro/2007/2008), sempre antes da entrada dos animais nos piquetes, quando era feita a medição da altura da planta com o uso de uma trena, e a contagem do número de lançamentos (ramas). Foram avaliadas 60 plantas/espécie/repetição/época.

2.2.6.3 Fase final do estabelecimento das leguminosas

Essa última fase foi realizada em 2009, no final da pesquisa, com o levantamento do número de plantas estabelecidas (plantas vivas), por sistema de manejo de pastejo.

2.2.7 Análise estatística

Para efeito de análise estatística os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas sub-subdivididas. Na parcela, foram alocados os sistemas de manejo, na subparcela, as leguminosas e nas sub-subparcela as épocas de avaliação. Na análise de variância foi utilizado o método dos mínimos quadrados sendo usado o teste de F para a verificação dos efeitos significativos das variáveis estudadas e, para comparação de médias, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL GOMES, 1985). Os dados foram

analisados pelo programa NTIA versão 4.2.1 de outubro/1995 desenvolvido pela Embrapa Campinas-SP.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Fase de estabelecimento das Leguminosas sem influência do manejo de pastejo

O desempenho das leguminosas avaliado em junho/2006, aos 60 dias do transplante no local definitivo, sem a influência do manejo de pastejo, cujos resultados estão contidos nas figuras abaixo, mostram que no sistema de manejo de pastejo SPI (Figura 4), a leguminosa *Flemingia* apresentou 619 plantas de porte grande, 256 de porte pequeno e 25 plantas mortas. A leguminosa *Cratilia*, alcançou menores números com 503 plantas grandes, 360 plantas pequenas e 37 plantas mortas. O percentual de sobrevivência da espécie *Flemingia*, independente do tamanho das mudas foi de 97,2% e da *Cratilia*, foi de 95,8% , nesse sistema.

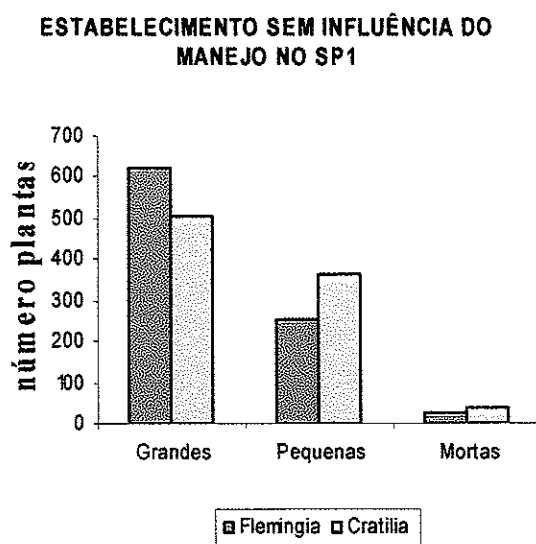


Figura 4- Estabelecimento de Leguminosas *Flemingia macrophylla* e *Cratylia argentea* sem influência do manejo de pastejo no sistema SP1.

No sistema de manejo de pastejo SP2 (Figura 5), a espécie *Flemingia* apresentou 613 plantas consideradas grandes, 264 pequenas e 23 plantas mortas. Na espécie *Cratilia*, 566 plantas grandes, 297 pequenas e 37 plantas mortas. (Figura 5). Independente do tamanho das

mudas, o percentual total de sobrevivência da espécie *Flemingia* foi de 97,4% e da *Cratilia*, foi de 95,8% de plantas estabelecidas no sistema SP2 sem a influência do manejo de pastejo.

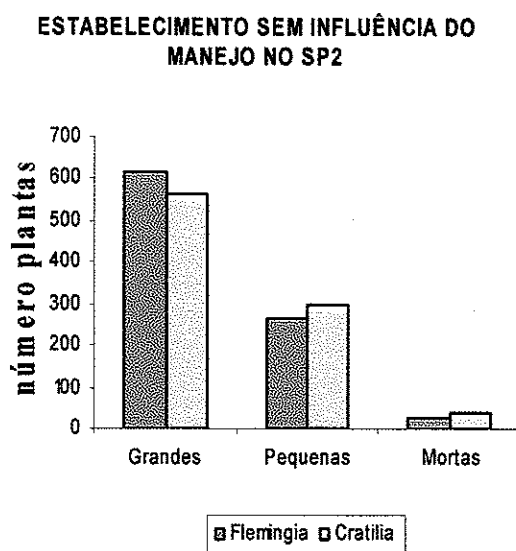


Figura 5- Estabelecimento de Leguminosas *Flemingia macrophylla* e *Cratylia argentea* sem influência do manejo de pastejo no sistema SP2.

No sistema de manejo de pastejo SP3 (Figura 6), a espécie *Flemingia* atingiu número de sobrevivência de 632 plantas grandes, 246 plantas pequenas e 22 plantas mortas enquanto a *Cratilia* alcançou número de 550 para plantas grandes, 317 plantas pequenas e 33 plantas mortas. O percentual de sobrevivência, independente do tamanho das mudas, para a espécie *Flemingia* foi de 97,5% e para a *Cratilia*, foi de 96,3% no sistema SP3 sem a influência do manejo de pastejo.

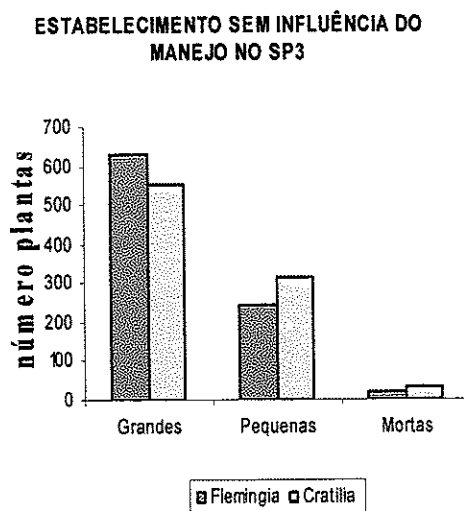


Figura 6- Estabelecimento de Leguminosas *Flemingia macrophylla* e *Cratilia argentea* sem influência do manejo de pastejo no sistema SP3.

As duas espécies leguminosas, apresentaram alto número de sobrevivência, comprovando a grande capacidade de adaptação dessas leguminosas, a solos ácidos e de baixa fertilidade e, o potencial de sobrevivência quando consorciadas com pastagem. É uma nova opção de produção, seja consorciada com a gramínea ou em sistema integração lavoura-pecuária em propriedades de agricultores familiares (SHELTON, 2005 .; VOLPE; CARDOSO; ZAGO, 2008). Quanto ao desenvolvimento muito lento da *Cratilia* na fase inicial de crescimento apresentando grande número de plantas pequenas, as razões desse comportamento ainda são pouco entendidas (ARGEL ; LASCANO, 2000).

2.3.2 Fase de estabelecimento das leguminosas sob influência do manejo de pastejo

O estabelecimento das espécies leguminosas submetidas a sistemas de pastejo com diferentes carga animal e dias de descanso do pasto, foi avaliado no período de abril/2007 a outubro/2008, por meio das variáveis crescimento em altura e número de lançamentos de ramas das leguminosas.

O crescimento em altura e número de lançamentos de ramas de leguminosas, não mostrou efeito significativo dos sistemas de manejo (Anexo 1), embora tenha ocorrido

tendência de superioridade dessas variáveis, em valores absolutos, no sistema SP1, com médias de 117,76 cm de altura e número de lançamentos igual a 6,68 ramas (Tabela 3).

Tabela 3- Médias de crescimento em altura e número de lançamentos de leguminosas sob diferentes sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu-Pará.

Sistema de manejo	Altura (cm)	Lançamentos (n°)
SP1	117,76 a	6,68 a
SP2	106,42 a	6,17 a
SP3	105,23 a	6,51 a

Médias seguidas pela mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% .

2.3.3 Crescimento em altura das leguminosas em função das épocas de avaliação.

A interação “época x espécie”, mostrou efeito significativo ($P \leq 0,05$) para a variável altura (Tabela 4), onde a espécie *Flemingia macrophylla*, em todas as épocas de avaliação, apresentou médias de altura superior a da espécie *Cratylia argentea*. A espécie *Cratylia*, na primeira época de avaliação (EP1), apresentou média estatisticamente mais baixa que as apresentadas nas outras épocas, que tiveram comportamento semelhante. Na espécie *Flemingia* houve uma tendência de crescimento ascendente até a quarta época (EP4), sem que essas diferenças mostrassem significância estatística.

Tabela 4 - Médias de crescimento em altura das leguminosas *Cratylia argentea* e *Flemingia macrophylla* em função da interação época x espécie de avaliação de leguminosas sob diferentes sistemas de manejo de pastejo, Igarapé-Açu, Pará.

Épocas de avaliação	Altura (cm)	
	Espécies leguminosas	
	<i>Cratylia argentea</i>	<i>Flemingia macrophylla</i>
EP1 -04 / 2007	58,54 b B	89,42 c A
EP2 -10 / 2007	93,74 a B	138,60 b A
EP3 -04 / 2008	90,92 a B	156,00 a A
EP4 -10 / 2008	88,13 a B	163,02 a A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Provavelmente, essa interação pode estar associada a baixa qualidade da gramínea que com a continuidade do pastejo e o consumo animal, e a presença da época seca acarretou em

preferência a leguminosa que começou a mostrar uma tendência de decréscimo na altura da *Cratilia* decorrente provavelmente do período seco (Outubro/2007), diminuindo a oferta da forragem, pois esta não conseguiu acompanhar o mesmo nível de consumo. O mesmo, não aconteceu com a espécie *Flemingia* que independente da época de avaliação manteve sempre, crescimento ascendente. Os resultados concordam com estudos de Almeida et al.; (2003), avaliando o efeito da carga animal na consorciação *B. decumben* x Mineirão, verificaram maiores proporções de leguminosas, tanto na época seca quanto na época chuvosa relacionados à maior pastejo sobre a gramínea. Segundo Late; Gardener; Ash (1994), avaliando as implicações da seletividade de bovinos em pastagens consorciadas, observaram que o aumento na proporção de leguminosas na pastagem foi associado a maior participação de gramíneas na dieta dos animais em pastejo, e que a proporção de leguminosa na dieta aumentou durante a época seca do ano, quando as gramíneas apresentaram valor nutritivo mais baixo.

2.3.4 Número de lançamentos de ramas em função das épocas de avaliação.

A interação “época x espécie”, mostrou efeito significativo ($P \leq 0,05$) para variável número de lançamento de ramas (Tabela 5), onde se observa que a espécie *Flemingia* foi a que apresentou maiores médias de número de lançamentos em todas as épocas de avaliação. As espécies de leguminosas estudadas mostraram tendência de aumento em valores absolutos, com a sequência de épocas de avaliação, sem que esses valores diferissem significativamente entre si. Esse comportamento indica que esta leguminosa arbustiva tem condições de ser recomendada para ser introduzida em pastagem, em presença do gado, independente da época do ano (chuvosa e seca). Quanto a espécie *Cratilia*, manteve número de lançamentos de ramas iguais entre si em todas as épocas avaliadas. Isto se deve provavelmente, ao fato da aceitabilidade animal ter sido maior sobre essa espécie, aumentando o consumo, com influência direta no crescimento da planta.

Tabela 5 - Médias de número de lançamentos das leguminosas *Cratylia argentea* e *Flemingia macrophylla*, em função da interação época x espécie de avaliação de leguminosas, sob diferentes sistemas de manejo de pastejo, Igarapé-Açu-Pará.

Épocas de avaliação	Lançamentos (número de ramas)	
	Espécies leguminosas	
	<i>Cratylia argentea</i>	<i>Flemingia macrophylla</i>
EP1 - 04 / 2007	2,00 a B	7,02 b A
EP2- 10 / 2007	2,90 a B	10,68 a A
EP3- 04 / 2008	3,28 a B	10,85 a A
EP4- 10 / 2008	3,20 a B	11,70 a A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme Baumont et al. (2003), os animais pastejam seletivamente em uma pastagem, escolhendo as forrageiras de melhor qualidade e de mais fácil apreensão, para compor a sua dieta.

Hohnwald et al. (2003), em pesquisa sobre pastagem consorciada com leguminosas na Zona Bragantina, relataram que a *Cratylia argentea* foi altamente consumida pelo gado, pois o número de folhas caiu de 22/planta para 4/planta, na segunda rotação animal.

De acordo com Pereira (2001), a pressão de pastejo e o grau de seletividade exercida pelo animal tem influência direta no mecanismo de persistência da planta.

Quanto ao número de lançamento da Cratília, ter se mantido estável mesmo com o alto consumo, vem confirmar os estudos de Muñoz (2003) quando afirma a grande capacidade que essa espécie tem, em produzir ramas com facilidade e rebrotar bem, inclusive na época seca. Para Aroeira et al.(2003), a *Cratylia argentea* se encontra entre as leguminosas arbustivas que podem ser utilizadas em pastagens, fazendo parte da alimentação de ruminantes, contribuindo para o fornecimento de energia/proteína aos animais.

Quanto a menor aceitabilidade da espécie Flemingia, influenciando negativamente no consumo da dieta, provavelmente está relacionada com o alto teor de tanino capaz de afetar a palatabilidade do alimento e comprometer a digestibilidade (NOZELLA, 2001.; AVIZ et al., 2009). Mui et al. (2001), relata valores de tanino de 2,4% nas folhas e 3,3% em broto+pecíolo da leguminosa *Flemingia macrophylla*. Andersson (2006), chama atenção para o menor teor de tanino na leguminosa *Cratylia argentea* quando comparada com outras leguminosas arbustivas tropicais. Como resultado do seu elevado conteúdo de proteína bruta três meses após o corte (23,9%), e baixos níveis de tanino (0,2%), a Cratília é uma excelente fonte de

nitrogênio fermentável no rúmen (WILSON ; LASCANO, 1997.; ANDERSSON; SCHULTZE-KRAFT; PETERS, 2003).

Apesar da Flemingia não ter sido tão bem aceita pelo animal, é um material que pode muito bem ser utilizada em consórcio com pastagem para ser usada no período de escassez do pasto. Há relatos do uso dessa leguminosa na alimentação alternativa de carneiros e cabras (KEXIAN et al., 1998) e por bovinos, durante período seco, quando a disponibilidade de forrageiras é limitada e de baixo valor nutritivo (THOMAS; SCHULTZE-KRAFT, 1990).

Em pesquisa com avaliação de pastagem para engorda de novilhos em Marabá (PA), através de tratamento de introdução de leguminosas em diferentes taxas de lotação animal, os resultados mostraram uma diminuição da disponibilidade de forragem com o aumento da taxa de lotação e, por outro lado, essa variável tendeu a se elevar em condições de menor taxa de lotação (AZEVEDO et al.; 1992). Em trabalho semelhante com colômbio, no município de Abel Figueiredo (PA), não foi encontrado nenhum efeito da taxa de lotação na disponibilidade de forragem consorciada com leguminosas, possivelmente devido a pouca intensidade de utilização (cargas muito baixas) (AZEVEDO et al.; 1995).

2.3.5 Avaliação final do estabelecimento das Leguminosas

Em 2009, foi feito levantamento do número de plantas estabelecidas durante todo o período de estudo para verificação do percentual de plantas estabelecidas em função dos tratamentos, onde observa-se (Figura 7), que as duas espécies leguminosas obtiveram altas taxas de estabelecimento em todos os sistemas, entretanto, no SP2 foi encontrado o maior percentual de plantas estabelecidas, a Flemingia com 84% e a Cratília com 74%, indicando que provavelmente, os dias de descanso do pasto exerceram influência no estabelecimento das leguminosas.

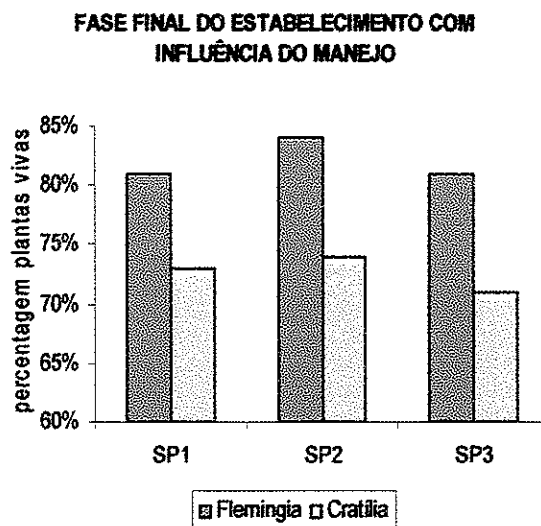


Figura 7 – Percentagem de plantas vivas, das espécies leguminosas *Flemingia macrophylla* e *Cratylia argentea*, em função dos diferentes sistemas de manejo de pastejo, em propriedades pecuárias de agricultores familiares, localizadas em Igarapé-Açu-PA, 2009.

2.4 CONCLUSÕES

- 1- O percentual de plantas leguminosas, vivas, foi maior no sistema SP2, provavelmente influenciado pelos dias de descanso do pasto;
- 2- A Flemingia apresentou maior altura e mais lançamentos de rama, independente da época de avaliação e dos sistemas de manejo de pastejo;
- 3- De um modo geral, as leguminosas Flemingia e Cratilia apresentaram decréscimo em altura e número de lançamentos de ramas, com a redução da lotação animal;
- 4- A Flemingia apesar de não ter sido tão bem aceita pelo animal, é uma leguminosa que pode muito bem ser utilizada em consórcio com pastagem, para ser usada no período de escassez da forragem.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. G. de.; NASCIMENTO JUNIOR, D. de.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; FONSECA, D. M. de.; BRÂNCIO, P. A.; GARCEZ NETO, A. F. Disponibilidade, composição botânica e valor nutritivo da forragem de pastos consorciados, sob três taxas de lotação. **R. Bras. Zootec.**, vol.32, n.1, p. 36-46. 2003.
- ANDERSSON, M. S. Diversity in the tropical multipurpose shrub legumes *Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze and *Flemingia macrophylla* (Willd) Merril. 2006. 176f. Dissertation : Biodiversity and Land Rehabilitation in the Tropics and Subtropics - University of Hohenheim, Institute of Plant. Production and Agroecology in the Tropics and subtropics, 2006.
- _____; PETERS, M. ; SCHULTZE-KRAFT, R. ; FRANCO, L. H. ; LASCANO. C. E. Phenological, agronomic and forage quality diversity among germplasm accessions of the tropical legume shrub *Cratylia argentea*. **Journal of Agricultural Science** v.144, p. 237-248, 2006 a.
- _____; SCHULTZE-KRAFT, R. ; PETERS, M. ; HINCAPIÉ, B. ; LASCANO. C. EMorphological, agronomic and forage quality diversity of the *Flemingia macrophylla* world collection. **Field Crops Research**, v. 96, p.387-406, 2006 b.
- _____; SCHULTZE-KRAFT, R. ; PETERS, M. *Flemingia macrophylla* (Willd.) Merrill. **FAO Grassland Index**, Rome, Italy. 2003.
- ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serrapilheira em povoamentos de mimosa caesalpinhiifoli, Acacia mangium e Acacia holoserica com quatro anos de idade em planossolo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.777-785. 2000.
- AROEIRA, L. J. M. ; CARNEIRO, E. C. ; PACIULLO, D. S. C. ; MAURICIO, R. M., ALVIM, M.J. ; XAVIER, D.F. Composição química, digestibilidade e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos de algumas espécies forrageiras. **Pasturas tropicales**, Cali, v.25,n.1, p.33-37, 2003.
- ARGEL, P. J.; LASCANO, C. E. *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.20, n. 1, p. 1-7, 2000.
- AVIZ, M. A. B. ; LOURENÇO JUNIOR, J. B. ; CAMARÃO, A. P. ; GARCIA, A. R. ; ARAUJO, C. V. ; MONTEIRO, E. M. M. ; SANTOS, N. F. A. Valor nutritivo da leguminosa *Flemingia macrophylla* (willd.) Merrill para Suplementação Alimentar de Ruminantes na Amazônia Oriental. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v. 4, n.8, 2009.
- AZEVEDO, G. P. C. ; VEIGA, J. B. ; CAMARÃO, A. P. ; TEIXEIRA, R. N. G. **Recuperação e utilização de pastagens de capim-jaragua (*Hyparrhenia rufa*) na engorda de novilhos em Marabá, Pará**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1992. 38p. (Boletim de Pesquisa, 134).

_____; _____; _____; _____. **Recuperação e utilização de pastagem de capim-colonião (*Panicum maximum*) para a engorda de bovinos, no município de Abel Figueiredo, Pará.** Belém: CPATU, 1995. 36p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 161).

BAUMONT, R. ; PRACHE, S. ; MEURET, M. ; MORAND-FEHR, P. How forage characteristics influence behavior and intake in small ruminants: a review. **Livestock Production Science**, v.64, p.15-28, 2003.

BASTOS, T. X. ; PACHECO, N. A. **Características agroclimatológicas do município de Igarapé-Açu.** Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 8p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69).

BUDELMAN, A . The performance of the leaf mulches of *Leucaena leucocephala*, *Flemingia macrophylla* and *Gliricidia sepium* in weed control. **Journal Agroforestry Systems**. v.6, n.1-3, p.137-145, Feb, 1988.

COSTA, N. de L.; PAULINO, V. T.; BUENO, M. S.; MAGALHÃES, J.A.; PEREIRA, R. G. de A.; CARVALHO, F.C. de. Carga animal de ovinos deslanados em pastagens de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina em Rondônia. In: SYMPOSIUM ON GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 2., 2004, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 2004b, 3p.

_____; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. de A. Resposta de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu à fonte e doses de fósforo. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1997. 4p. (Comunicado Técnico, 138).

DUNG, N. T. ; LEDIN, I. ; MUL, N. T. Intercropping cassava (*Manihot esculenta* Crantz) with *Flemingia* (*Flemingia macrophylla*); effect on biomass yield and soil fertility. **Livestock Research for Rural Development**. v.17,n.6, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro : Embrapa Solos; Brasília, Sistema de Produção de Informação, 2006. 306p.

FARIA, S. M. ; CAMPELLO, E. F. **Algumas espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio recomendadas para regeneração de áreas degradadas.** Seropédica : Embrapa-CNPAB, 2000. 8p. (Série Recomendação Técnica, 7).

GOMES, T. C. A. ; MORAES, R. N. S. **Recomendações para o plantio de espécies de leguminosas para o manejo de solos no Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa – CPAF/AC, 1997. 3p. (Comunicado Técnico, 77).

HINDRICHSEN, I. K. ; OSUJI, P. O. ; ODENYO, A. A. ; MADSEN, J. ; HVELPLUND, T. Effect of supplementation of maize stover with foliage of various tropical multipurpose trees and *Lablab purpureus* on intake, rumen fermentation, digesta kinetics and microbial protein supply of sheep. **Animal Feed Science and technology**, v. 113, p.83-96, 2004.

HOHNWALD, S. ; RISCHKOWSKY, B. ; CAMARÃO, A. P. ; RODRIGUES FILHO, J. A. Pastagem com regeneração da capoeira e pastagem consorciada com leguminosas: Possibilidades de Integração da Pastagem no Ciclo Agrícola Tradicional na Zona Bragantina, Pará Brasil. In: TOURRAND, J. F. ; VEIGA, J. B. **Viabilidade de Sistemas Agropecuários na Agricultura Familiar da Amazônia**. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2003, 468p

HOHNWALD, S. ; RISCHKOWSKY, B. ; SCHULTZE-KRAFT, R. ; RODRIGUES FILHO, J. A. ; CAMARÃO, A. P. Experiences with legumes as part of a ley pasture in a low input farming system of North-Eastern Pará, Brazil. **Pasturas Tropicales**, v.27, p.2-12, 2005.

HOHNWALD, S. ; CAMARÃO, A. P. ; RODRIGUES FILHO, J. A. ; WOLLNY, C. B. A. **Palatability comparison of capoeira, forage legume, and other woody species in a cafeteria trial in Northeastern Pará, Eastern Amazon**. Bonn : Deutscher Tropentag, 2006.

KEXIAN, Y. ; LASCANO, C. E. ; KERRIDAGE, P. C. ; AVILA, P. The effect of three tropical shrub legumes on the intake and acceptability by small ruminants. **Pasturas Tropicales**, v.20, p.31-35, 1998.

LASCANO, C. ; RINCON, A. ; PLAZAS, C. ; ÁVILA, P. ; BUENO, G. D. de. ; ARGEL, P. J. **Cultivar Veranera (Cratilia Argentea (Desvaux) O. Kuntze)**: leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con períodos prolongados de sequía en Colombia. Cali, Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Internacional Center for Tropical Agriculture (CIAT), 2002. 28p.

LATE, T. ; GARDENER, C.J. ; ASH, A.J. Diet selection in six *Stylosanthes*-grass pastures and its implications for pasture stability. **Tropical Grasslands**, v.28, n.2, p.109-119, 1994.

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

MIYASAKA, S. ; CAMARGO, O. A. ; CAVALERE, P. A. ; GODOY, I. J. ; WERNER, J. C. ; CURI, S. M. ; LOMBARDI NETO, F. ; MEDINA, J. C. ; CERVellini, G. S. ; BULISANI, E. A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. Campinas : Fundação Cargill, 1984. 109p.

MUI, T. N. ; LEDIN, I. ; UDEN, P. ; BINH, V. D. Effect of replacing a rice bran-soya bean concentrate with jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) or Flemingia (*Flemingia macrophylla*) foliage on the performance of growing goats. **Livestock Production Science**, v. 72, p.253-262, 2001.

MUÑOZ, D. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. **Agroforestería en las Américas**, v.10, n.39-40, p.61-68, 2003.

NOZELLA, E. F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes**. 2001. 58p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2001.

PACHÊCO, N. A. ; BASTOS, T. X. **Boletim Agrometeorológico, 2006: Igarapé-Açu, PA. Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 32p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 296).**

PACIULLO, D. S. C. ; AROEIRA, L. J. M. ; ALVIM, M. J. ; CARVALHO, M. M. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.421- 426, 2003.

PEREIRA, J.M. Produção e persistência de leguminosas em pastagens tropicais. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p.111-142.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 11. ed. Piracicaba : Nobel, 1985. 467p.

PIZARRO, E. A. ; CORADIN, L.[Eds.] **Potencial del Género Cratilia como Leguminosa Forrajera**. Cali : CIAT, 1996.

SALMI, G. P. ; SALMI, A. P. ; ABBOUD, A. C. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 673-678, 2006.

SILVA, J. J. ; SALIBA, E. O. S. Pastagens Consorciadas: Uma alternativa para sistemas extensivos e orgânicos. **Veterinária e Zootecnia**, v.14. p.8-18, 2007.

SHELTON, H. M. Forage tree legume perspectives. In: Reynolds, S.G. ; Frame, J (Eds.) **Grasslands: developments, opportunities, perspectives**. Enfield, Science Publishers. p. 81-108, 2005.

THOMAS, D. ; SCHULTZE-KRAFT, R. Evaluation of five shrubby legumes in comparison with *Centrosema acutifolium*, Carimagua, Colombia. **Tropical Grasslands**, v.24, p.87-92, 1990.

VOLPE, E.; CARDOSO, S.; ZAGO, V. C. P. Recuperação de pastagem com calagem, adubação e estabelecimento de leguminosas. Resumos do 2º Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul - *Manejo de Agroecossistemas Sustentáveis* - Revista Brasileira de Agroecologia - Vol. 3 - Suplemento 172 especial, 2008

XAVIER, D. F. ; BOTREL, M. A. **Principais características da Leucena, do Guandu e da Cratilia**. Embrapa/ CNPGL, 2001 (Instrução Técnica, 45).

WILSON, Q. T. ; LASCANO, C. E. *Cratylia argentea* como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. **Pasturas Tropicales**. v.19, p.2-8, 1997.

CAPITULO III

ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU SUBMETIDA A VARIAÇÕES NO MANEJO DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

RESUMO

O uso sustentável dos sistemas de pastagens depende, principalmente, de um manejo que possa promover a qualidade do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de sistemas de pastejo envolvendo diferentes carga animal e dias de descanso do pasto (SP1: 1,0 UA/ha, 56 dias de descanso; SP2: 0,7 UA/ha, 28 dias de descanso; SP3: 0,7 UA/ha, 56 dias de descanso) sobre os atributos físicos de um Argissolo Amarelo sob pastagem consorciada com leguminosas, nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, em pequenas propriedades pecuárias de agricultores familiares no Nordeste paraense. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com os tratamentos, em três repetições, distribuídos em parcelas subdivididas. Isoladamente, os sistemas de pastejo não influenciaram nenhuma das variáveis analisadas, com exceção da macroporosidade. A argila total, argila natural, densidade do solo e microporosidade sofreram redução com a profundidade do solo, ocorrendo o inverso com a fração areia, silte e densidade de partículas. Ocorreu aumento da disponibilidade de água no sistema com maior pressão de pastejo (SP1), com a curva de retenção de água, mostrando redução na capacidade de infiltração em todas as profundidades amostradas. Os sistemas de manejos não comprometeram a qualidade física do solo.

Palavras chaves: granulometria, densidade do solo, porosidade, água disponível, pastagem.

PHYSICAL ATTRIBUTES OF A YELLOW CLAY SOIL UNDER *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU PASTURE SUBJECTED TO CHANGES IN PASTURE MANAGEMENT IN IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

ABSTRACT

The sustainable use of pasture systems mainly depends on a handling that can promote the soil quality. The objective of this search was evaluate the effects of the pasture system involving different animal cargo and days of rest from pasture (SP1: 1,0 UA/ha, 56 pasture rest days; SP2: 0,7 UA/ha, 28 pasture rest days; SP3: 0,7 UA/ha, 56 pasture rest days) about the physical attributes from an yellow clay soil intercropped with legumes plants, at 0-10, 10-20, 20-40 and 40-60 cm of depth, on small family farms of cattle in the Northeast of Pará. The experimental design was randomized block, with three repetitions in a scheme of subdivided quotas. Separately, the pasture systems did not influence any of the analyzed variables, except for the macroporosity. The total clay, natural clay, soil density and microporosity were reduced with soil depth, the opposite behavior occurring with the sand fraction, silt and particle density. There was increased availability of water in the system with higher pasture pressure (SP1), with the water retention curve, shown a decrease in infiltration capacity in all depths sampled. The handling systems do not compromise the soil physical quality.

Key words: granulometry, soil density, porosity, available water, pasture.

3.1 INTRODUÇÃO

O declínio natural de produtividade das pastagens, com o decorrer dos anos, está diretamente relacionada com a fertilidade e as características físicas do solo (taxa de infiltração, textura, densidade, porosidade, etc). Contudo, outros fatores também contribuem para este processo, tais como, deficiência em seu estabelecimento e a utilização de práticas de manejo inadequadas. Em geral, a utilização de pastagens cultivadas tem sido realizadas sob condições de altas pressões de pastejo, associadas ao pastejo contínuo ou períodos mínimos de descanso, as quais não são compatíveis com a manutenção do equilíbrio do complexo solo-planta-animal que permita uma produtividade satisfatória da pastagem em longo prazo (CARVALHO, 1993.; SOUZA NETO; PEDREIRA, 2004).

Os solos que predominam na Zona Bragantina são classificados como Latossolo Amarelo (FALESI; BAENA; DUTRA, 1980). São geralmente, solos arenosos, com pouco poder de retenção de água, pobres em elementos minerais e elevada acidez. Em função da forma de implantação da pastagem, através do sistema de corte e queima e do manejo inadequado com carga animal elevada, falta de descanso dos pastos, controle das plantas invasoras e falta de reposição de nutrientes ao solo, os pastos tendem a se degradar, resultando no abandono da área (VEIGA; TOURRAND, 2001). Secas prolongadas e severas ou o excesso de chuvas podem, direta ou indiretamente, reduzir o vigor e a capacidade de competição da forrageira, exigindo suplementação alimentar e/ou variação da carga animal, que, quando mal administradas, acarretam baixos índices zootécnicos (DIAS-FILHO, 2007).

A utilização de sistemas de manejo do solo que envolvam pastejo animal pode acarretar mudanças nos atributos físicos do solo, o que pode afetar o crescimento e desenvolvimento radicular da gramínea (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000). A magnitude dessas alterações, está na dependência do manejo que é aplicado nas áreas sob pastejo, podendo variar com a intensidade e tempo de pastejo e a espécie e categoria animal (CORREA; REICHARDT, 1995; SALTON et al., 2002).

Os efeitos do pisoteio animal sobre os atributos físicos do solo parecem ser potencializados pela ocorrência de períodos de déficit hídrico. Alguns trabalhos, realizados em áreas pastejadas no período de maior precipitação pluviométrica, têm mostrado diferenças entre as áreas não pastejadas e, ou, com baixa pressão de pastejo, em relação às áreas

pastejadas e, ou, com elevadas pressões de pastejo, quando da ocorrência de períodos com restrição hídrica (ALBUQUERQUE; SANGOI; ENDER., 2001).

Carga animal muito alta além da capacidade de suporte das pastagens pode promover alteração de atributos físicos do solo na camada superficial (0–10 cm) (BERTOL et al., 2000), o que compromete o crescimento de raízes e de plantas (SARMENTO et al., 2008). Contudo, o período de descanso da pastagem apresenta correlação negativa com a densidade do solo (SILVA et al., 2002), favorecendo a descompactação deste. A cobertura do solo com restos vegetais amortece o impacto do pisoteio animal e reduz a perda de água por evaporação, evitando, assim, os ciclos de umedecimento e secamento, que, por sua vez, favorecem a compactação do solo (MELLO, 2002 ; SILVA et al., 2002). Alterações físicas, provocadas pela compactação, afetam o fluxo ou concentração de água, oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes e temperatura, que podem limitar o crescimento e desenvolvimento vegetal e predispõe o solo à erosão hídrica acelerada (ALBUQUERQUE et al, 1995.; REINERT, 1997). Com isso, solos utilizados intensamente, são levados à degradação (ALVES; SUZUKI, 2004). Como resultado, há o aparecimento de plantas espontâneas, esgotamento dos nutrientes e deterioração das propriedades físicas dos solos devido a compactação, resultante do superpastejo, refletindo em menor infiltração e armazenamento de água, aeração, penetração e desenvolvimento do sistema radicular das plantas, erosão e/ou lixiviação do solo (CARVALHO; ALVIM; CARNEIRO, 2001.; SANTOS; FERREIRA; ARAUJO, 2009).

Melo e Silva (1995) comparando solo sob cerrado e áreas de pastoreio, observaram que o sistema de manejo adotado na pastagem promoveu alterações nas propriedades físicas e no conteúdo de matéria orgânica do solo. A compactação provocada pelo pastejo e a redução da matéria orgânica influenciaram negativamente as propriedades físicas do solo, aumentando a densidade, diminuindo o tamanho dos agregados estáveis em água e a macroporosidade. Diante do exposto, a avaliação dos atributos físicos do solo se faz necessária em áreas que exploram intensivamente os sistemas de pastejo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar alterações promovidas por diferentes carga animal e diferentes dias de descanso do pasto, sobre os atributos físicos de um Argissolo Amarelo sob pastagem consorciada com leguminosas em propriedades pecuárias de agricultores familiares, do Nordeste paraense, em diferentes profundidades de amostragem.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área Experimental

Este estudo foi desenvolvido em pequenas propriedades pecuárias localizadas, no município de Igarapé-Açu, microrregião Bragantina, no Nordeste do Estado do Pará, entre as coordenadas 0°58' e 01°38' S, 47°26' e 48°42' W em áreas de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com aproximadamente 12 anos de idade de uso com sistema extensivo de criação de gado (Figura 8).

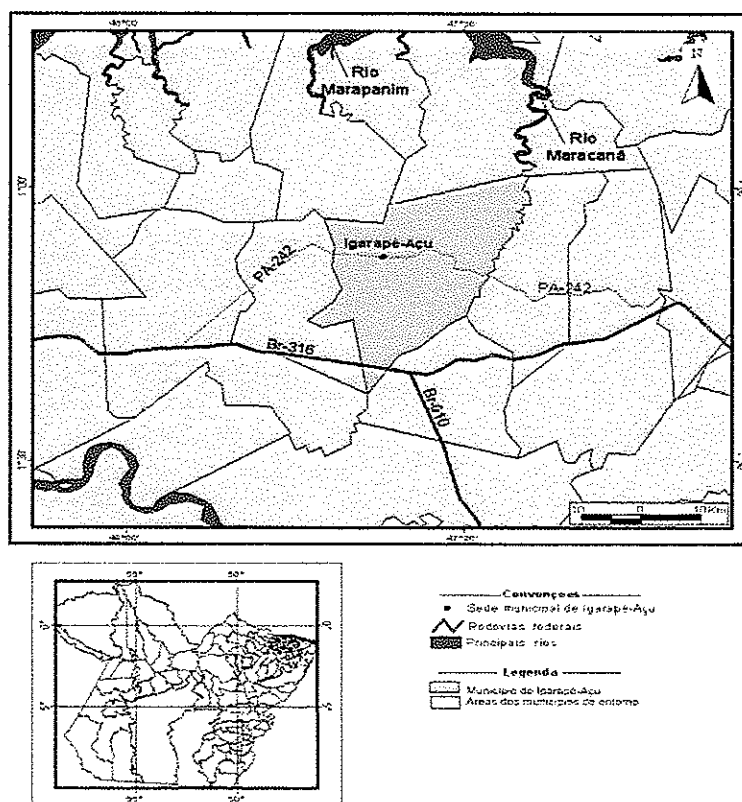


Figura 8 – Localização do município de Igarapé-Açu – PA.

3.2.2 Clima e Solo

O clima, quente e úmido, é do tipo Ami da classificação de Köppen. A precipitação pluvial média anual é de 2.500 mm, sendo setembro, outubro e novembro os meses mais secos; a temperatura média anual é de 27°C, com máxima de 38°C e mínima de 26°C; a umidade relativa varia de 80 a 90% (BASTOS; PACHECO, 2000). (Figura 9).

O solo da área experimental foi classificado como do tipo Argissolo Amarelo Distrófico, textura arenosa média (EMBRAPA, 2006).

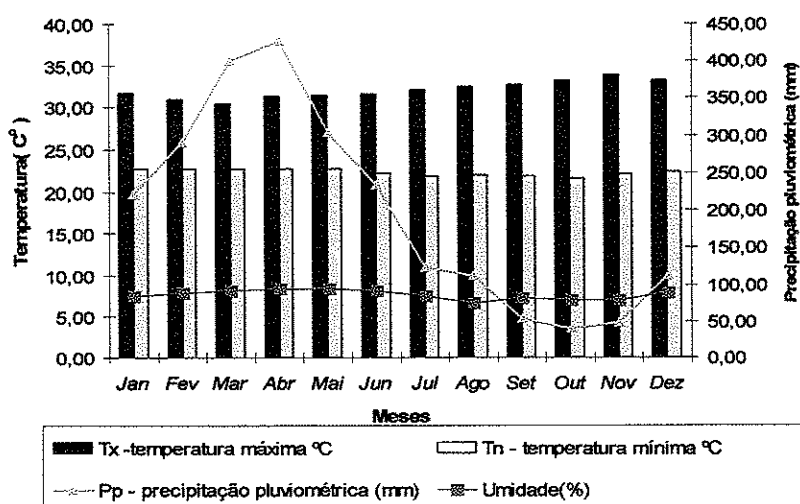


Figura 9 - Precipitação pluvial, umidade do ar e temperatura média máxima e mínima mensais no município de Igarapé-Açu - PA, no período de 2006 a 2008.

Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa Amazônia Oriental, em Igarapé-Açu - PA

3.2.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com os tratamentos, em três repetições, dispostos em esquema de parcelas subdivididas, onde nas parcelas foram alocados os sistemas de manejo (SP1; SP2; SP3) e nas subparcelas as profundidades de amostragem (0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm) do solo.

3.2.4 Instalação e condução do experimento

A implantação do experimento teve início em novembro /2005 com a seleção de três áreas de 1,5 ha cada, com pastagem degradada de capim-braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), em pequenas propriedades pecuárias, localizadas no Nordeste paraense. A área experimental foi de 4,5 ha, dividida em nove piquetes de 0,5 ha cada, onde foram plantadas mudas de espécies leguminosas arbustivas, *Flemingia* e *Cratilia*. O sistema de pastejo utilizado foi o rotacionado, com diferentes carga animal e diferentes dias de descanso

do pasto. Os animais utilizados foram bovinos castrados sem raça definida com peso vivo (PV) médio de 350 kg. Além do consumo da gramínea e da leguminosa, os animais foram providos de água a vontade e de 50 g de sal / cabeça/ dia.

3.2.5 Descrição dos sistemas de pastejo

A evolução animal nos piquetes teve início em abril de 2007. Na Tabela 6, encontra-se a composição dos sistemas de pastejo usados.

Tabela 6- Sistemas de manejo de pastejo utilizados como tratamentos. Igarapé-Açu-PA, 2007.

Sistemas de manejo de pastejo	Descanso pasto (dias)	Carga animal (UA)	Área total (ha)	Área x UA (450kg)	nº animais de (350 kg)
SP1	56	1,0	4,5	2025	6 UA/ha
SP2	28	0,7	2,5	788	3 UA/ha
SP3	56	0,7	4,5	1418	5 UA/ha

SP1 e SP3 = Carga animal diferentes (1,0 e 0,7 UA/ha) e dias de descanso do pasto iguais (56 dias)

SP2 e SP3 = Carga animal iguais (0,7 UA/ha) e dias de descanso do pasto diferentes (28 e 56 dias)

3.2.6 Procedimentos de amostragem

Em cada sistema de manejo de pastejo (SP1- SP2- SP3), foram coletadas quatro amostras compostas com estrutura deformada (formadas a partir de cinco amostras simples), nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, num total de 16 amostras compostas por sistema, para determinação da análise granulométrica. Também foram abertos mini perfis de 1,00 m em cada piquete de onde foram coletadas amostras com estrutura indeformadas, em anel com volume de 100 cm³ nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm (duas amostras por profundidade/repetição, num total de 72 amostras indeformadas), para determinações físico-hídricas do solo.

3.2.7 Análises físicas

3.2.7.1 Caracterização granulométrica

A caracterização granulométrica foi determinada por dispersão com NaOH ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e agitação lenta durante 16 h, sendo o conteúdo de areia obtido por peneiramento, a argila total pelo método da pipeta e o silte por diferença. Para determinação da argila dispersa em água utilizou-se água destilada como dispersante das partículas de solo (EMBRAPA, 1997).

O grau de flocculação das argilas foi determinado pela diferença entre a porcentagem de argila total e argila dispersa em água (EMBRAPA, 1999).

3.2.7.2 Densidade e porosidade do solo

A densidade de partícula (D_p) foi obtida pelo método do balão volumétrico e a densidade do solo (D_s), pelo método do anel volumétrico com amostras indeformadas (EMBRAPA, 1997). Em amostras, também, com estruturas indeformadas, foram determinadas a microporosidade por drenagem até a tensão -6 kPa , em câmara de pressão de Richards com placa porosa (KLUTE, 1986), e a porosidade total segundo DANIELSON; SUTHERLAND, (1986). A macroporosidade obtida por diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

3.2.7.3 Retenção de água e curvas de retenção

A retenção de água nos potenciais mátricos de -60 , -100 , -300 e -1000 cm foi determinada com amostras de solo indeformadas, previamente saturadas com água, sobre placa de cerâmica porosa, em câmaras de Richards. A água retida a -1500 kPa foi obtida em amostras deformadas. As curvas de retenção de água foram ajustadas de acordo com o modelo proposto por Van Genuchten (1980). No cálculo de água disponível foram considerados, respectivamente, como capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) os potenciais mátricos -6 e -1500 kPa .

3.2.8 Análise estatística.

Os dados foram analisados pelo programa NTIA versão 4.2.1 de outubro/1995 desenvolvido pela Embrapa Campinas-SP. Na análise de variância foi utilizado o método dos mínimos quadrados sendo usado o teste de F para a verificação dos efeitos significativos das variáveis estudadas e, para comparação de média foi utilizado o teste de Tukey a 5% (PIMENTEL GOMES, 1985).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Composição granulométrica do solo dos sistemas

A análise de variância da granulometria não revelou diferença significativa entre os sistemas de manejo SP1, SP2 e SP3, para as variáveis areia grossa, areia fina, argila total, argila natural e silte (Anexo 2). De igual modo não houve diferença significativa para a interação sistemas x profundidade. No entanto, ocorreu diferença significativa em profundidade de amostragem (Tabela 7).

Na distribuição das partículas do solo, os valores médios de areia grossa e a areia fina, tiveram variação de 395,11 g kg⁻¹ a 324,00 g kg⁻¹ e 414,55 g kg⁻¹ a 356,55 g kg⁻¹, respectivamente, cujos conteúdos diminuíram com a profundidade do solo. A argila total aumentou em profundidade, com valores indo de 106,66 g kg⁻¹ até 240,00 g kg⁻¹, evidenciando uma diferença significativa entre a profundidade superficial e subsuperficial. Quanto às partículas de silte, estas não diferiram significativamente com a profundidade.

A argila natural (ADA), fração da argila do solo que se dispersa espontaneamente em água e, portanto, a que possui, potencialmente, maior mobilidade, mostrou aumento com a profundidade de amostragem. A grande mobilidade da ADA pode prover meios para o transporte de substâncias pouco solúveis, por distâncias imprevisíveis (AZEVEDO ; BONUMÁ, 2004). O conteúdo de argila natural com valor de 26,88 g kg⁻¹ no horizonte superficial pode ser consequência da dispersão desta fração (partículas), indicativo de uma predisposição para erosão dos horizontes superficiais quando os solos forem submetidos ao uso (EMBRAPA, 2006).

A relação entre a argila naturalmente dispersa (ADA) e a argila total, obtida após a dispersão, indica a proporção da argila que se encontra floculada, permitindo inferir sobre o grau de estabilidade dos agregados (EMBRAPA, 1997). A fração argila é um fator positivo de estabilidade do solo porque é um agente que liga as partículas grosseiras. Foi considerado por Wischmeier e Mannering (1969) como a segunda propriedade que mais influencia afetando a erodibilidade do solo, depois da textura. Deve-se ressaltar, no entanto, que o aumento da estabilidade não necessariamente está associado à melhoria da qualidade dos agregados, uma vez que esses podem se apresentar compactados, com predominância de microporos (CARPENEDO ; MIELNICZUK, 1990).

Com relação ao grau de floculação da argila, a alteração em profundidade alcançou maior média nas camadas 0-10 e 10-20 cm do solo. Os graus de floculação encontrados nesse estudo foram superior aos valores obtidos por Pedrotti et al. (2003) e Beutler et al. (2001), que avaliando a influência do pisoteio animal em atributos físico-hídricos do solo, obtiveram para o tratamento com pisoteio animal médio, grau de floculação igual a 43%. São valores, também, superiores aos encontrados por Santos et al. (2008), trabalhando com leguminosas em um Latossolo Vermelho Amarelo.

Tabela 7- Propriedades granulométricas(g kg^{-1}) e classificação textural de um Argissolo sob pastejo rotacionado no Município de Igarapé Açu – Pará, ano/ 2006.

Prof (cm)	areia grossa.	areia fina	silte	argila total	argila* natural	Grau disp. flocc.		Textura
	g kg^{-1}					%		
0-10	395,11 a	414,55 a	83,66 a	106,66 c	26,88 c	25	75	franco arenoso
10-20	393,88 a	397,11 a	82,44 a	126,66 c	33,33 c	26	74	franco arenoso
20-40	345,55ab	380,55 ab	87,22 a	186,66 b	55,55 b	30	70	franco arenoso
40-60	324,00 b	356,55 b	79,44 a	240,00 a	82,22 a	34	66	franco argilo arenoso

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% .

(ADAx100)/AT= Grau de dispersão *ADA=argila dispersa em água

Prof=profundidade disp=dispersão flocc=floculação

O elevado grau de floculação do solo é resultado da contribuição da matéria orgânica humificada, cujos componentes devem promover forte agregação das partículas minerais nessa camada (CARVALHO JÚNIOR ; FONTES; COSTA, 1998). Conforme Lemos e Silva (2005), a floculação do solo é importante para o controle da erosão, já que propicia a formação de agregados estáveis ou grânulos. O preparo e o manejo inadequado do uso do solo

é capaz de provocar a microagregação da argila provocando o aumento do grau de floculação dessa fração e, uma das consequências, é o ressecamento do solo, afetando algumas variáveis físicas importantes, como taxa de infiltração e permeabilidade (PRADO, 2003).

O grau de dispersão da argila teve variação de 25% a 34%, aumentando com a profundidade de amostragem, onde a menor dispersão foi na camada 0-10 cm consequência da maior floculação da argila nesta camada (75%), que resiste à dispersão. A qualidade da água aplicada no solo, seja por precipitação pluvial natural ou por irrigação, pode provocar a dispersão da argila (Mc BRIDE, 1994). O fenômeno da dispersão-floculação afeta o desenvolvimento da estrutura e relaciona-se com o balanço das cargas elétricas do solo (GOMES et al., 1994.; ALMEIDA NETO et al., 2009).

Os conteúdos de areia total, silte e argila permitiram caracterizar a textura da profundidade de 0-10 cm até 20-40 cm do solo, como franco arenosa, e a camada do solo 40-60 cm, como franco argilo arenosa (EMBRAPA, 2006).

3.3.2 Densidade, porosidade total, macro e microporosidade

A análise de variância para dados dos atributos físicos do solo são observados na tabela constante do Anexo 3. A densidade de partículas, densidade aparente, porosidade total e microporosidade não sofreram efeito significativo dos sistemas de pastejo, isoladamente. Todos os atributos físicos avaliados sofreram efeito significativo da profundidade. A macroporosidade foi afetada significativamente pelo efeito dos sistemas de pastejo, isoladamente, e em interação com a profundidade do solo.

Observa-se na Tabela 8, que os valores de densidade de partículas variaram nas diferentes profundidades com valores entre 2,60 a 2,63 kg dm⁻³, este maior valor na camada superficial, sem diferenças significativas. Para a densidade do solo, ocorreu aumento significativo do valor de 1,48 kg dm⁻³ na camada 0-10 cm, para 1,59 kg dm⁻³ na profundidade 10-20 cm. A partir desta profundidade (10-20cm), não houve diferença entre as médias obtidas, iguais a 1,55 kg dm⁻³ (20-40 cm) e 1,54 kg dm⁻³ (40-60cm).

Tabela 8 - Valores médios de atributos físicos nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60cm de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu, PA.

Profundidade (cm)	Densidade de partícula ----- kg dm ⁻³ -----	Densidade do solo	Porosidade total	Macroporos ----- m ³ m ⁻³ -----	Microporos
0-10	2,63 a	1,48 b	0,39 a	0,22 a	0,17 b
10-20	2,60 b	1,59 a	0,35 b	0,18 b	0,17 b
20-40	2,61 ab	1,55 a	0,34 b	0,14 cb	0,20 ab
40-60	2,62 ab	1,54 ab	0,34 b	0,12 c	0,22 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% .

Segundo Peterson (1970), solos sob sistemas de pastagem apresentam altos valores de densidade, e isto ocorre devido ao pisoteio de animais que imprimem sobre o solo elevadas pressões, compactando-os até 0,15 cm de profundidade.

Para Brady (1989), a densidade dos solos de superfície arenosa, poderão variar de 1,20 a 1,80 g. cm³, havendo uma tendência nítida para elevação da densidade do solo com aprofundamento do perfil, o que é aparentemente consequência de menor conteúdo de matéria orgânica, e da compactação ocasionada pelo peso das camadas sobrejacentes. Segundo o mesmo autor, há considerável diferença no total de poros nos diversos solos, diminuindo com a profundidade em alguns solos compactados, atingindo 0,25 a 0,30 m³ m⁻³ o que responde, pelo menos em parte, pela inadequada aeração dos horizontes. Os de textura média situam-se entre 0,35 a 0,50 m³ m⁻³ estando, portanto, os resultados de volume de poros totais deste estudo, dentro dessa faixa.

A porosidade total seguiu o comportamento da densidade do solo, mostrando maior média na camada 0-10 cm (0,39 m³ m⁻³) diminuindo em valores estatisticamente iguais nas demais profundidades, com valores em torno de 0,35 m³ m⁻³.

Os microporos mostraram médias iguais e menores nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm (0,17 m³ m⁻³), com aumento dos valores com a profundidade, iguais a 0,20 m³ m⁻³ e 0,22 m³ m⁻³, respectivamente aos 20-40cm e 40-60cm. Os macroporos tiveram maior média na camada 0-10 cm (0,22 m³ m⁻³), diminuindo de valor com o aumento da profundidade de amostragem, seguindo o mesmo comportamento observado para a porosidade total.

Os valores altos de densidade do solo encontrados neste trabalho, provavelmente decorrem da ausência de revolvimento do solo, ocasionando maior compactação, e ao tempo relativamente curto da adoção das leguminosas e do sistema de pastejo usado, aportando

quantidade de resíduos ainda não suficientes para aumentar os estoques de matéria orgânica que possibilitem, gradativamente, a diminuição da densidade, como constatado por diversos autores (OLIVEIRA et al., 2004).

Cardoso Junior (2001), encontrou valores médios de $0,37 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ (prof. 0-15cm), $0,39 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ (prof. 15-25) e $0,38 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ (prof. 25-38) para porosidade total em Argissolo Amarelo textura arenosa média, com pastagem degradada, no Nordeste paraense, os quais se assemelham aos encontrados neste estudo.

O decréscimo da macroporosidade em profundidade, encontrado neste experimento (Tabela 8), é corroborado nos estudos de Beutler et al. (2001), os quais verificaram que a redução da porosidade total é caracterizada inicialmente pela redução da macroporosidade.

Como consequência do aumento da densidade, ocorre redução da porosidade total, na maioria das vezes pela diminuição da macroporosidade, o que aumenta a microporosidade quando relacionado com solo em preparo convencional (TORMENA et al., 2004.; SECCO; SECCO; FIORIN, 2005).

Silva; Libardi e Camargo, (1986), estudando os efeitos da compactação nas propriedades do solo observaram que com o aumento do nível de compactação, acontece a destruição dos macroporos para formação de novos microporos, com diminuição da porosidade total do solo. A compactação do solo é caracterizada por uma alteração estrutural que causa aumento da densidade do solo e redução da porosidade total (STONE ; GUIMARÃES; MOREIRA, 2002).

3.3.2.1 Interação profundidade x Sistema de pastejo sobre a macroporosidade

Apenas a macroporosidade foi afetada significativamente ($P \leq 0,05$) pela interação entre profundidade do solo e sistema de pastejo (Anexo 3). As médias obtidas são comparadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Médias de macroporosidade, de Argissolo, em função da interação entre profundidade do solo e sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu, PA.

Profundidade (cm)	SP1	SP2	SP3
		$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$	
0-10	0,10 a B	0,25 a A	0,30 a A
10-20	0,09 a A	0,22 b A	0,22 b A
20-40	0,08 a A	0,16 b c A	0,19 b c A
40-60	0,08 a A	0,15 c A	0,14 c A

Letras minúsculas na vertical comparam profundidades dentro de tratamento e letras maiúsculas na horizontal, referem-se a comparação das médias na mesma camada entre os diferentes sistemas de manejo, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No sistema SP1, as médias de macroporosidade 0,08 a 0,10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ não diferiram significativamente entre si, nas diferentes profundidades, com valores menores que encontrados nos outros sistemas. Nos sistemas SP2 e SP3, ocorreu diminuição significativa da macroporosidade com o aumento da profundidade do solo, com variação de 0,15 a 0,25 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e de 0,14 a 0,30 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, respectivamente. Observa-se que os macroporos apresentaram diferenças significativas entre sistemas, somente na profundidade de 0-10 cm. Nessa profundidade, os sistemas SP2 (0,25 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e SP3 (0,30 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), não apresentam diferença significativa entre si, mas são estatisticamente superiores à média obtida no SP1 (0,10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$). É provável que essa diferença significativa seja devido a carga animal que é maior no SP1 (1,0 UA) visto que o SP2 e o SP3 apresentam a mesma carga animal (0,7 UA), onde se conclui que os dias de descanso do pasto não exerceram influência na variável macroporosidade do solo. Segundo Borges et al. (2009), o pastejo tem impacto significativo na redução da macroporosidade.

Conforme Cassel (1991), para que ocorra a adequada difusão de oxigênio no solo para o bom desenvolvimento das plantas os macroporos devem ter o limite mínimo ideal corresponde a 0,10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ de solo e nessa pesquisa, na Tabela 4, observa-se que os sistemas SP2 e SP3 estão acima desse limite com valores de 0,25 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e 0,30 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ na camada 0-10 cm, respectivamente, diminuindo em profundidade de amostragem, mas sempre acima do limite mínimo desejável. Contudo, o sistema SP1 apresenta 0,10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, na camada superficial e diminuindo em profundidade, ficando abaixo da macroporosidade limite, para o bom desenvolvimento das plantas e esse comportamento pode ser resultante do efeito negativo do

pastejamento, afetando provavelmente, os processos de infiltração e de movimentação de água no solo nesse sistema.

3.3.3 Retenção de água no solo e água disponível

A Tabela 10, apresenta os valores médios de umidade obtidos nos potenciais de -6, -10, -30, -100 e -1500 kPa, onde pode ser observado, existir uma tendência de aumento da retenção de água com o aumento da profundidade amostrada, à exceção da camada superficial, até o potencial mátrico igual a -1000 kPa, estando isto associado aos altos teores de argila total em profundidade. Segundo Klute (1986) alguns casos de diminuição na umidade, também, é função da quantidade e natureza da argila.

No sistema SP1 as umidades volumétricas foram relativamente altas entre as tensões de 60 a 1000 kPa (Tabela 10). Uma provável explicação para essa tendência pode estar relacionada à maior proporção de microporos e menor de macroporos. Assim, os poros grandes perdem a água retida por capilaridade a potenciais elevados, enquanto que os pequenos, retém água até potenciais baixos, adsorvida no sistema coloidal, ocasionando uma alta tensão caso existam em maior proporção (HILLEL, 1971). O aumento de umidade volumétrica no sistema SP1, confirma os resultados apresentados na Tabela 10, onde o referido sistema foi o que mostrou menor macroporosidade em todas as profundidades de amostragem, comportamento atribuído provavelmente, à carga animal aplicada.

Considerando a capacidade de campo (CC) como a umidade correspondente à tensão de 60 kPa, o solo estudado tem capacidade de reter um elevado teor de umidade, mesmo quando submetido a elevadas tensões, sugerindo uma baixa disponibilidade de água para as plantas sob estes potenciais.

Tabela 10- Valores médios de retenção de água do solo (umidade volumétrica, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), em diferentes potenciais de pressão (kPa), e diferentes profundidades, nos sistemas de pastejo estudados. Igarapé-Açu, PA.

Sistemas de manejo	Profundidade (cm)	Umidade volumétrica ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)				
		Tensões kPa				
		60	100	330	1000	1500
SP1	0-10	0,267	0,260	0,244	0,244	0,069
SP2	0-10	0,130	0,118	0,102	0,082	0,056
SP3	0-10	0,113	0,105	0,091	0,071	0,043
SP1	10-20	0,249	0,240	0,225	0,203	0,087
SP2	10-20	0,141	0,133	0,116	0,091	0,075
SP3	10-20	0,134	0,126	0,108	0,086	0,061
SP1	20-40	0,254	0,244	0,229	0,205	0,095
SP2	20-40	0,181	0,167	0,152	0,127	0,096
SP3	20-40	0,163	0,151	0,137	0,117	0,087
SP1	40-60	0,265	0,249	0,234	0,205	0,116
SP2	40-60	0,193	0,184	0,168	0,146	0,103
SP3	40-60	0,200	0,197	0,174	0,152	0,089

As médias de água disponível (AD), considerada como o volume calculado pela diferença entre a água retida nas tensões de -60 cm de água (capacidade de campo-CC) e -15000cm (Ponto de Murcha Permanente-PMP) e analisadas nas diferentes camadas do solo em função dos sistemas de manejo, encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores de água disponível ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) em diferentes profundidades do solo sob diferentes sistemas de manejo de pastejo SP1, P2 e SP3. Igarapé-Açu-PA, 2008.

Profundidade (cm)	Água disponível $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$		
	SP1	SP2	SP3
0-10	0,198	0,074	0,070
10-20	0,162	0,066	0,073
20-40	0,159	0,085	0,076
40-60	0,149	0,090	0,111

Embora o solo do sistema SP1 tenha apresentado mais água disponível na camada próximo à superfície (0-10cm), a energia de retenção não seguiu a mesma tendência nos solos dos sistemas SP2 e SP3, cujos valores foram maiores na profundidade 40-60cm (Tabela 11).

No solo do sistema SP2, a água disponível variou de 0,06 a 0,09 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e de 0,07 a 0,11 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ no solo do sistema SP3, valores que estão abaixo da capacidade ideal de armazenamento de água no solo que, conforme sugerido por Reynolds et al. (2002), situa-se entre 0,15 e 0,20 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, conforme encontra-se a água disponível no solo do sistema SP1.

A taxa de infiltração de água no solo apresenta estrutura de dependência espacial que aumenta em função da intensidade do pisoteio do gado (MIGUEL; VIEIRA; GREGO, 2009). Pelo fato do sistema SP1 apresentar maior carga animal (1,0 UA/ha), admite-se que a maior taxa de infiltração de água no solo desse sistema, pode ser resultante desse efeito. De acordo com Silva, Imhoff e Corsi (2003) e Sarmento et al. (2008), o efeito do pisoteio dos animais sobre o solo aumenta quando o pastejo é realizado em solos com umidade elevada e com baixa cobertura vegetal. Isto evidencia a importância do controle das taxas de lotação animal, para mitigar o efeito do pisoteio sobre a qualidade física dos solos.

De modo geral, os solos sob os diferentes sistemas de manejo de pastejo não apresentaram problemas relacionados à deficiência de água, significando que pode-se prever uma satisfatória disponibilidade hídrica para o desenvolvimento de atividades agropecuárias nessas áreas.

3.3.4 Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água

As curvas características de retenção de água, ajustadas pelo modelo de Van Genuchten (1980) (α , m , n , θ_r , θ_s) bem como os respectivos coeficientes de ajuste (α), para os diferentes tratamentos e profundidades, são apresentados na Tabela 12. A análise desses dados mostra, para todos os sistemas e profundidades estudadas, que existe uma grande perda inicial de água pelo solo, da saturação até a capacidade de campo (-6kPa). Esse valor, ao qual a literatura se refere como porosidade drenável, é muito elevado em Latossolo (REICHARDT ; TIMM, 2004).

Tabela 12- Parâmetros referentes à equação de Van Genuchten (1980), para os diferentes sistemas de pastejo e profundidades, usando-se o método no qual os valores extremos de umidade foram fixados em: $\theta_s = \theta_{\max}$ e $\theta_r = \theta_{\min}$, com n dependente de m .

Sistemas de manejo de pastejo	Profundidade (cm)	Parâmetros da equação de Van Genuchten					
		α (1/cm)	m	n^*	θ_r	θ_s	c.a
SP1	0-10	0,042	0,212	1,270	0,070	0,370	0,888
	10-20	0,040	0,219	1,281	0,090	0,330	0,902
	20-40	0,039	0,214	1,273	0,100	0,330	0,883
	40-60	0,174	0,248	1,330	0,150	0,360	0,982
SP2	0-10	0,480	0,305	1,440	0,060	0,380	0,999
	10-20	0,430	0,314	1,459	0,080	0,360	0,997
	20-40	0,252	0,279	1,387	0,100	0,340	0,996
	40-60	0,402	0,235	1,308	0,100	0,340	0,985
SP3	0-10	1,931	0,257	1,346	0,040	0,420	0,998
	10-20	1,122	0,255	1,343	0,060	0,370	0,997
	20-40	0,535	0,253	1,340	0,080	0,350	0,995
	40-60	0,203	0,228	1,296	0,090	0,340	0,973

n^* dependente de m α, m, n = são parâmetros da equação
c.a = coeficiente de ajuste

Analisando os dados apresentados na Tabela 12, verifica-se que o modelo de van Genuchten ajustou os dados experimentais da curva de retenção de água com coeficientes de ajuste (c.a) variando de 0,883 a 0,982 no Sistema SP1, de 0,999 a 0,985 no Sistema SP2 e 0,998 a 0,973 no Sistema SP3, com boa performance do modelo (REICHARDT ; TIM, 2004).

A variação do parâmetro " n " que está relacionada com a declividade da curva de retenção ajustada (MARTINEZ; TIMM; MARTINS, 1995), foi de 1,270 a 1,459, havendo uma tendência de aumento no SP1 diminuindo no SP2 a partir da profundidade 10-20 cm e apenas o SP3 mostrou decréscimo uniforme com a profundidade. Este fato pode ser explicado devido ao incremento de teor de argila em profundidade diferenciado, nos solos dos sistemas de pastejo estudados. Solos arenosos possuem uma curva de retenção com declividade maior, refletido a pequena variação dos tamanhos dos poros sendo esperado valores maiores do parâmetro n .

3.3.5 Curvas de retenção de água do solo

A determinação da curva de retenção de água do solo, que representa a relação entre o teor de água e a energia com a qual ela está retida, é essencial no estudo das relações solo-água. Nas figuras 10, 11, 12, 13 estão as curvas de retenção de água à 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade dos solos dos sistemas estudados. Observa-se que as curvas de retenção de água dos sistemas SP2 e SP3, em todas as profundidades, apresentam certa semelhança, com maior declividade, o que significa uma queda mais acentuada no conteúdo de água com o aumento da tensão (Tabela 12). Observa-se, também, que a maior variação ocorreu entre o potencial matricial -10 e -100 kPa. A curva de retenção de água no SP1 por outro lado, mostrou menor inclinação em todas as profundidades, apresentando-se mais suave, demonstrando que há uma redução gradual do teor de água com o acréscimo da tensão. Essa diferença, provavelmente está relacionada com a distribuição da porosidade (GHUMAN ; PRIHAR, 1980), assim como, com o teor de umidade inicial ou de moldagem, além da estrutura, textura e mineralogia do solo, fatores que podem interferir na forma da curva de retenção (MILLER et al., 2002).

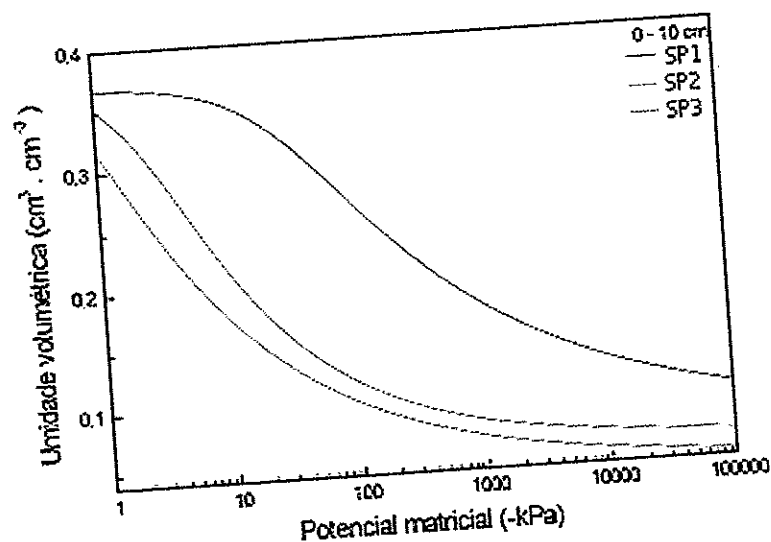


Figura 10- Curvas características de retenção de água da camada de 0-10 cm dos solos no sistema de uso

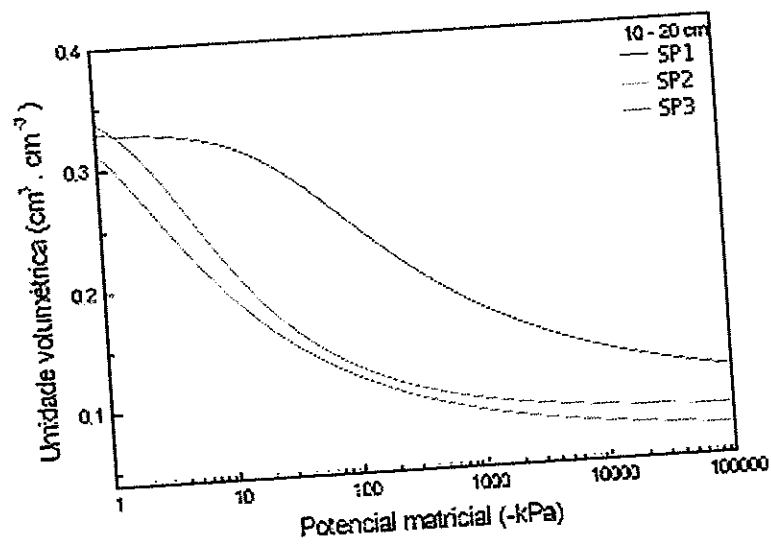


Figura 11- Curvas características de retenção de água da camada 10-20cm dos solos nos sistemas de uso

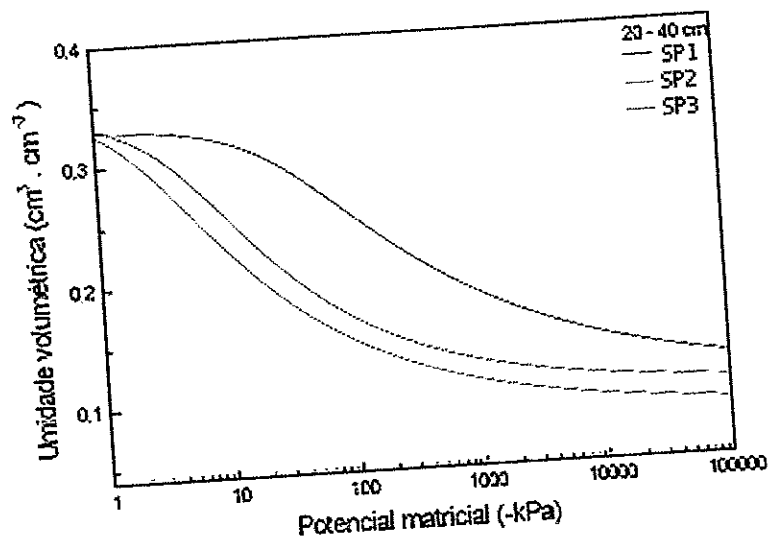


Figura 12- Curvas características de retenção de água da camada de 20-40 cm dos solos nos sistemas de uso

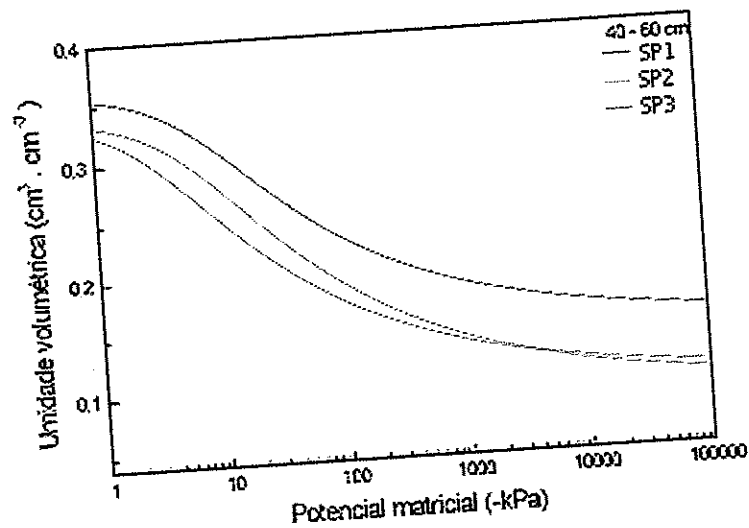


Figura 13- Curvas características de retenção de água da camada de 40-60 cm dos solos nos sistemas de uso

As curvas características do sistema SP1 apresentaram diferenças essencialmente provocadas pela redução da macroporosidade (Tabela 9). Esses resultados mostram consequências aos processos de infiltração e de movimentação de água no solo, com efeito em sua capacidade de armazenamento de água (FREGONEZI et al.; 2001). Os mesmos autores verificaram, ainda, que em solos sob pastagem a estrutura é frequentemente menos microagregada e menos grumosa que em solos sob outra cobertura vegetal, o que pode resultar em um contato maior entre as partículas, provocando redução da macroporosidade nos espaços inter-agregados e conseqüente aumento da densidade do solo. Conforme Miller et al. (2002), amostras de um solo em particular, apesar de ter a mesma textura e mineralogia, podem exibir diferentes curvas de retenção se forem preparadas com diferentes umidades e possuírem diferentes histórico de tensões. Como resultado, o comportamento também será diferente.

3.4 CONCLUSÕES

1. Os sistemas de pastejo, isoladamente, não influenciaram as variáveis estudadas;
 2. Com o aumento da profundidade foi observado aumento de argila total, argila natural, densidade do solo e microporosidade, e diminuição de areia grossa, areia fina, silte e densidade de partículas;
 3. A macroporosidade foi afetada pela interação profundidade do solo x sistemas de pastejo, com os menores valores encontrados no sistema SP1, independente da profundidade do solo;
 4. O efeito da maior carga animal no sistema SP1, provocou redução da macroporosidade, com conseqüente aumento da disponibilidade de água, superior aos demais sistemas estudados;
 5. O sistema SP1 mostrou redução na capacidade de infiltração de água em todas as profundidades do solo;
 6. A diferença entre carga animal e dias de descanso do pasto, não foi suficiente para alterar os atributos físicos-hidricos do solo.
-

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A. ; REINERT, D.J. ; FIORIN, J. E. ; RUEDELL, J. ; PETRERE, C. ; FONTIMELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **R. Bras. Ci. Solo**, v.19, p.115-119, 1995.
- _____; SANGOL, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.25, p.717-723, 2001.
- ALMEIDA NETO, O. B. ; MATOS, A.T. ; ABRAHÃO, W. A. P. ; COSTA, L. M. ; DUARTE, A. Influência da qualidade da água de irrigação na dispersão da argila de Latossolos. **Revista Bras. Ciênc. Solo**, v.33, n.6, p.1571-1581, 2009.
- ALVES, M. C. ; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Sci. Agron.**, v.26, p.27-34, 2004.
- AZEVEDO, A. C. ; BONUMÁ, A. S. Partículas coloidais, dispersão e agregação em latossolos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.609-617, 2004.
- BASTOS, T. X. ; PACHECO, N. A. **Características agroclimatológicas do município de Igarapé-Açu**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 8p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69).
- BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A.; ALMEIDA, E.X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de ofertas de forragem de capim-elefante anão cv. Mott. **Pesq. Agropec. Bras.**, 35:1047-1054, 2000.
- BEUTLER, A. N. ; SILVA, M. L. N. ; CURI, N. ; FERREIRA, M. M. ; CRUZ, J. C. ; PEREIRA FILHO, L. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.167-177, 2001.
- BORGES, T. A.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, E. M da.; GOEDERT, W. J. Avaliação de parâmetros físico-hídricos de Latossolo Vermelho sob pastejo e sob cerrado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.1, p.18-25, 2009.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. São Paulo : Freitas Bastos, 1989. 898p.
- CARDOSO JÚNIOR, E. Q. **Alterações físicas e químicas de solos sob efeito de manejos para recuperação de pastagem (*Brachiaria humidicola*, Rendle), no município de Castanhal, Pará**. 2001. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2001.

CARPENEDO, V. ; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.14, p.99-105, 1990.

CARVALHO, M. M. **Recuperação de pastagens degradadas**. Coronel Pacheco: (EMBRAPA – CNPGL. DOCUMENTOS, 55). EMBRAPA – CNPGL, 1993. 51p.

CARVALHO JÚNIOR, I. A. ; FONTES, L. E. F. ; COSTA, L. M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 505-514, 1998.

CARVALHO, M. M. ; ALVIM, M. J. ; CARNEIRO, J. C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL/ FAO, 2001. p.19-40.

CASSEL, D.K. Mechanical properties and tillage requirements of sandy soils. **Adv. Agron.**, New York, v.1, p.39-50, 1991.

CORREA, J. C. ; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.30, p.107-114, 1995.

DANIELSON, R. E. ; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison : American Society of Agronomy, 1986. p.443-461.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 3ª. ed. Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

_____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, Brasília : Sistema de Produção de Informação, 2006. 306p.

_____. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

FALESI, I. C.; BAENA, A. R.C.; DUTRA, S. Consequências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do Nordeste paraense. Belém, Pa: (Embrapa-CPATU. Boletim de pesquisa, 14). EMBRAPA/CPATU, 1980. 49p.

FREGONEZI, G. A. F.; BROSSARD, M.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C. Modificações morfológicas e físicas de um Latossolo argiloso sob pastagens. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.4, p.1017-1027, 2001.

GOMES, P. C.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L. M.; FORTES, M. P. F. Influência da cobertura vegetal na formação e evolução de húmus e sua relação com grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 235, p. 223-233, 1994.

GHUMAN, B. S. ; PRIHAR, S. S. Chlorid Displacement by water in homogeneous columns of three soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.44, p.17-21, 1980.

HILLEL, D. **Soil and water. Physical principles and processes**. New York : Academic Press, 1971, 288p.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison : American Society of Agronomy, Inc., Soil Science Society of America, Inc., 1986. pt. 1, cap.26, n.9, p.635-661.

LEMO, C. F. de; SILVA, E. T. da. Comparação das características morfológicas, mineralógicas, químicas e físicas do solo entre áreas de cultivo com plantio direto e plantio convencional. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.3, n.1, p. 11-18, jan./mar. 2005.

MARTINEZ, M. A. ; TIMM, L. C. ; MARTINS, J. H. Efeito da textura do solo sobre os parâmetros de alguns modelos matemáticos usados para estimar a curva de retenção de água no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 4, n. 48, p.1-9, 1995.

McBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. Oxford University Press, 1994. 406p.

MELLO, N.A. Degradação física dos solos sob integração lavoura pecuária. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1., Pato Branco, 2002. **Anais**. Pato Branco, CEFET-PR, 2002. p.43-60.

MELO, V. F.; SILVA, J. R. C. Propriedades físicas de um Latossolo Amarelo álico, em áreas sob cultivo e vegetação natural de cerrado. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, **Anais...** Viçosa, v.3, p. 1890-92, 1995.

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. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.11 Nov. 2009.

MILLER, C. J. ; YESILLER, N. ; YALDO, K. ; MERAYYAN, S. Impact of Soil Type and Compaction Conditions on Soil Water Characteristic. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v.128, n. 9, p.733-742. 2002.

OLIVEIRA, M. S. ; DIAS JÚNIOR, M. S. ; RESCK, D. V. S. ; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.2. p.327-336, 2004.

- PEDROTTI, A. ; FERREIRA, M. M. ; CURI, N. ; SILVA, M. L. N. ; LIMA, J. M. ; CARVALHO, R. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.27, p.1-9, 2003.
- PETERSON, R. A. O fator água. In: **Fundamentos de manejo de pastagem**. São Paulo: Instituto de Zootecnia da Secretaria de Agricultura, 1970. p.63-75.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 11. ed. Piracicaba : Nobel, 1985. 467p.
- PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de Solos Tropicais: Revisão de literatura. **Rev. Biociênc.**, Taubaté, v.9, n.3, p.7-16. 2003.
- REICHARDT, K. ; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo : Manole, 2004. 478p.
- REINERT, D.J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris; Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo no sistema plantio direto. **R.Plantio Direto**, v.4, p.25-44, 1997.
- REYNOLDS, W. D.; BOWMAN, B. T.; DRURY, C.F.; TAN, C. S.; LU, X. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, p. 131-146, 2002.
- SALTON, J. C. ; FABRÍCIO, A. C. ; MACHADO, L. A. Z. ; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **R. Plantio Direto**, v.69, p.32-34, 2002.
- SANTOS, L. N. S. ; SILVA, L. V. M. ; GARCIA, G. O. ; CABRAL, M. B. G. ; PAIVA, M. ; PELUZIO, J. B. E. ; ALVES, G. ; PASSOS, R. R. . **Influência de coberturas vegetais sobre a argila dispersa em água e grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Amarelo**. In: VIII Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação, 2008, São José dos Campos. VIII Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação. São José dos Campos: UNIVAP, 2008. p.1- 4.
- SANTOS, A. C. ; FERREIRA, E. M. ; ARAUJO, L. C. Propriedades químicas e físicas de solos em áreas sob pastagens em cerrado do norte do Tocantins. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v.7, n.1, p.55-63, jan./mar. 2009.
- SARMENTO, P. ; RODRIGUES, L. R. A. ; CRUZ, M. C. P. ; LUGÃO, S. M. B. ; CAMPOS, F. P. ; CENTURION, J. F. ; FERREIRA, M.E. 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, 2008.
- SECCO, D.; ROS, C. O. ; SECCO, J. K. ; FIORIN, J. E.; Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho Agiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.407-414, 2005.

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

____ ; LIBARDI, P. L. ; CAMARGO, O. A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10 p. 91-95, 1986

SILVA, V. R. ; REINERT, D. ; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, p.191-199, 2000

SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; TORMENA, C.A.; TAKAHAMA, R.S. Qualidade física de solos sob sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 19., Piracicaba, 2002. Anais... Piracicaba, FEALQ, 2002. p.79-99.

SOUZA NETO, J.M.; PEDREIRA, C.G.S. Caracterização do grau de degradação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 21., Piracicaba, 2004. Anais. Piracicaba, FEALQ, 2004. p.7-31.

STONE, L. F. ; GUIMARÃES, C. M. ; MOREIRA, A. A. J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.207-212, 2002.

TORMENA, C. A. ; VIDIGAL FILHO, P. S. ; GONÇALVES, A. C. A. ; ARAÚJO, M. A.; PINTO, J. C. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distroférico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.65-71, 2004.

VAN GENUCHTEN, M. T. A. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.44, p.892-897, 1980.

VEIGA, J. B. ; TOURRAND, J. F. **Pastagens cultivadas na Amazônia brasileira: situação atual e perspectivas**. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 36p. (Documentos, 83).

WISCHMEIER, W. H. ; MANNERING, J. V. Relation of Soil Properties to its Erodibility. Published in **Soil. Science. Society of America. Journal.**; v.33, p.131-137, 1969.

CAPÍTULO IV

ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOMASSA MICROBIANA DE UM ARGISSOLO AMARELO SOB PASTAGEM DE *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU SUBMETIDA A VARIAÇÕES NO MANEJO DE PASTEJO, EM IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

RESUMO

Os solos utilizados com pastagem no Nordeste paraense, em geral, apresentam características químicas desfavoráveis, com reduzida disponibilidade de nutrientes pecuária de baixa produtividade resultante da baixa fertilidade do solo e o deficiente manejo. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos e a biomassa microbiana de um Argissolo Amarelo distrófico, sob pastagem já estabelecida de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, consorciado com leguminosas *Flemingia macrophylla* e *Cratylia argentea*, em pequenas propriedades pecuárias, localizadas no município de Igarapé-Açu, PA. Utilizou-se o delineamento blocos ao acaso, e os tratamentos, com três repetições, constaram de três sistemas de pastejo com diferentes taxas de lotação animal e dias de descanso do pasto (SP1= 1 UA/ha e 56 dias de descanso; SP2= 0,7 UA/ha e 28 dias de descanso; SP3= 0,7 UA/ha e 56 dias de descanso), e quatro épocas de coleta para amostragem (abril/2007 - chuvosa; outubro/2007 - seca; abril/2007 - chuvosa; abril/2008 - seca), nas camadas 0-10, 10-20, 20-50 cm do solo. Para avaliação dos parâmetros químicos { pH em H₂O e em KCl, matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio total, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ trocáveis, acidez potencial (H⁺+Al), CTC efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), soma de bases (SB), porcentagem de bases (V%) e porcentagem de alumínio (m%) } os tratamentos foram distribuídos em esquema de parcelas sub-subdivididas. Os atributos biológicos Carbono e Nitrogênio da biomassa microbiana do solo, foram avaliados em esquema de parcela subdivididas, apenas na profundidade 0-10 cm. Amostras compostas de solo foram coletadas antes da entrada dos animais nos piquetes. As variáveis estudadas não sofreram efeito dos sistemas isolados, apresentando, contudo, influência do efeito isolado da profundidade do solo e de épocas de amostragem. A época chuvosa provocou o aumento do pH em água e do Al trocável e afetou positivamente o teor de Ca+Mg trocáveis, acidez potencial e CTC. O aumento do teor de umidade influenciou

negativamente o C e o N da biomassa microbiana do solo. O C orgânico, matéria orgânica, P assimilável, bases trocáveis, CTC e acidez potencial reduziram com a profundidade do solo, independente da época de amostragem.

Palavras chave: pastagem, carga animal, variação sazonal, atributos biológicos

CHEMICAL ATTRIBUTES AND MICROBIAL BIOMASS OF A YELLOW CLAY SOIL UNDER *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU PASTURE SUBJECTED TO CHANGES IN PASTURE MANAGEMENT IN IGARAPÉ-AÇU, PARÁ.

ABSTRACT

The soils used for pasture in northeast of Pará, in general, have unfavorable chemical characteristics, with low taxes of nutrients, low livestock productivity resulting from low soil fertility and poor handling. The objective of this work is to evaluate the chemical attributes and microbial biomass of an yellow claysoil using the grass *Brachiaria brizantha* cv. Marandu intercropped with legumes *Flemingia macrophylla* and *Cratylia argentea*, under the influence of three handling systems (SP1; SP2; SP3), on livestock small farms, located in the region of Igarapé-Açu city at PA. We used a randomized block design, with three repetitions, the experiment consisted of three grazing systems with different rates of animal location and pasture rest days, (SP1= 1 UA/ha and 56 pasture rest days; SP2= 0,7 UA/ha and 28 pasture rest days; SP3= 0,7 UA/ha and 56 pasture rest days), and four collection periods for sampling (April / 2007 - rainy; October / 2007 - dry; April / 2007 - rainy; April /2008 - dry), in 0-10, 10-20, 20-50 cm of soil layer. For evaluation of chemical parameters { pH in H₂O and in KCl, organic matter, organic carbon, total nitrogen, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, exchangeable Al³⁺, potential acidity (H + Al), Effective CTC (t), CTC to pH 7,0 (T), sum of bases (SB), percentage of bases (V%) and percentage of aluminum (m%)} the treatments were arranged in a split-plot design. The biological attributes, carbon and nitrogen of the microbial biomass soil, were assessed in split plot, just in the 0-10 cm depth. Soil samples were collected before the entry of animals in the paddocks. The variables studied were not affected by isolated systems, presenting, however, influence of the isolated effect of soil depth and collection sampling times. The rainy season caused the increase of pH in water and the exchangeable Al this positively affected the level of exchangeable Ca+Mg, potential acidity and CTC. The increase in humidity level negatively influenced the C and the N in soil microbial biomass. The Organic C, organic matter, assimilable P, exchangeable bases, CTC and potential acidity were decreased with soil depth, independent of sampling period.

Key words: pasture, stocking rate, seasonal variation, biological attributes.

4.1 INTRODUÇÃO

Dentre os vários fatores que influenciam o manejo da pastagem, o ajuste na taxa de lotação animal (n° animais ha^{-1}) deve receber atenção especial, minimizando problemas de superpastejo (SILVA SOBRINHO, 2001). O inadequado manejo aplicado às pastagens ao longo dos anos, sobretudo a queima indiscriminada e a ausência de correção da fertilidade, acarretam perdas da camada superficial do solo, permitindo a invasão e dominância de espécies sem interesse forrageiro, ocasionando um processo dinâmico de degradação da pastagem (COSER ; CRUZ FILHO, 1989), influenciando as diversas populações da comunidade microbiana (PEREIRA; NEVES; GAVA, 2000).

Apesar de adaptadas a solos de baixa fertilidade, as pastagens formadas apenas com *Brachiaria brizantha* promovem, freqüentemente, perdas gradativas de nutrientes no solo, necessitando assim de reposições anuais via fertilização química ou por meio de consórcio com leguminosas (SALINAS ; GUALDRÓN, 1988). A redução da fertilidade do solo e o manejo inadequado, como a adoção de uma mesma taxa de lotação animal durante todo ano, são fatores que têm contribuído para a degradação das pastagens cultivadas (SILVA et al., 2004).

De modo geral, os solos tropicais brasileiros apresentam, na grande maioria, elevada acidez, alta saturação em alumínio, associadas à baixa concentração de nutrientes, principalmente, fósforo disponível, Ca e Mg (FERNANDES et al., 2003). De todos os nutrientes essenciais para as plantas, o fósforo, geralmente, é considerado o mais limitante. Isso ocorre devido a diminuição da disponibilidade desse elemento por meio da absorção pela gramínea, que é consumida pelo gado. A fixação do fósforo é maior em solos mais ácidos (ROSSI et al., 1997 ; DIAS FILHO, 2006).

O nitrogênio é o nutriente que mais contribui para o aumento da produtividade das pastagens, principalmente, quando não há restrição dos demais nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (LUGÃO et al., 2003 ; SILVA ; SALIBA, 2007). É o nutriente mais limitante e indispensável para aumentar o fluxo de energia e intensificar a produção; no entanto, intensificar não significa adubar, mas, principalmente, manejar adequadamente, como demonstrado por Bertol ; Gomes e Denardin (1998), que verificaram melhorias na fertilidade do solo apenas com adequação da carga animal.

Em regiões tropicais, as condições de temperaturas elevadas, os altos índices pluviométricos e, em consequência, a intensa atividade microbiana, propiciam a rápida decomposição dos materiais orgânicos depositados no solo (SILVA; MACHADO, 2000). As maiores taxas de decomposição da matéria orgânica do solo observadas em áreas de cultivo ocorrem devido as perturbações físicas do solo, resultante do rompimento dos macroagregados, expondo a MO protegida aos processos microbianos, contribuindo, dessa forma, para aumentar as taxas de emissão de CO_2 para a atmosfera (ZINN; LAL ; RESCK, 2005).

Como parâmetro ecológico e de avaliação de técnicas de uso do solo, a avaliação da biomassa microbiana do solo (BMS) permite obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo, detectar alterações causadas por cultivos ou por devastação de florestas, medir a regeneração dos solos após a remoção da camada superficial (FRIGHETTO; SCHNEIDER, 2000).

As quantidades de nutrientes retidos na BMS são prontamente disponibilizados para as plantas à medida que, os mesmos são liberados pela morte dos microrganismos, promovendo a sustentabilidade biológica do solo e colaborando para a produtividade nos ecossistemas (JENKINSON; LADD, 1981 ; SCHLOTER; DILLY; MUNCH, 2003).

A biomassa microbiana constitui a maior parte da fração ativa da matéria orgânica do solo e contém, em média, de 2 a 5% do carbono orgânico, de 1 a 5% do N total e de 2 a 20% do fósforo orgânico nos solos tropicais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

O carbono da biomassa microbiana apresenta rápida ciclagem, responde intensamente à flutuações sazonais de umidade e temperatura e ao manejo de resíduos, e é o compartimento da matéria orgânica do solo que responde mais rapidamente por mudanças nos sistemas de manejo, podendo ser utilizado em relação ao teor de CO, como identificador mais precoce de alterações na matéria orgânica (MOS) e na qualidade do solo (POWLSON; BROOKS; CHRISTENSEN, 1987 ; ANDERSON; DOMSCH, 1989). A liberação ou imobilização do N depende da dinâmica dos microrganismos, da quantidade de resíduos vegetais, do rápido retorno e da eficiência de utilização de carbono pela microbiota (BAUDOIN; BENIZRI; GUCKERT, 2003).

A biomassa microbiana é um indicador sensível que pode ser utilizado no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso do solo, sendo ferramenta para

orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas (DORAN; PARKIN, 1996). Em geral, a quantidade da biomassa microbiana do solo é regulada pela disponibilidade de nutrientes, pela capacidade de proteção do solo (estrutura e estabilidade dos agregados), além da temperatura e da umidade (BONDE; SCHNURER; ROSSWALL, 1988), portanto, o incremento da biomassa microbiana está relacionado ao aumento do conteúdo de MO no solo (REZENDE; ASSIS; NAHAS, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos e biomassa microbiana, em diferentes profundidades de amostragem e épocas de avaliação, de um Argissolo Amarelo sob pastagem consorciada com leguminosas, submetido a diferentes sistemas de manejo de pastejo, em propriedades pecuárias de agricultores familiares, do Nordeste paraense.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área experimental

4.2.1.1 Localização

O estudo foi desenvolvido, no período de novembro de 2005 a março de 2009 em áreas de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com aproximadamente 12 anos de idade de uso com sistema extensivo de criação de gado, situadas em pequenas propriedades pecuárias, localizadas no município de Igarapé-Açu, microrregião Bragantina, no Nordeste do Estado do Pará, entre as coordenadas 0°58' e 01°38' S, 47°26' e 48°42' W (Figura 14).

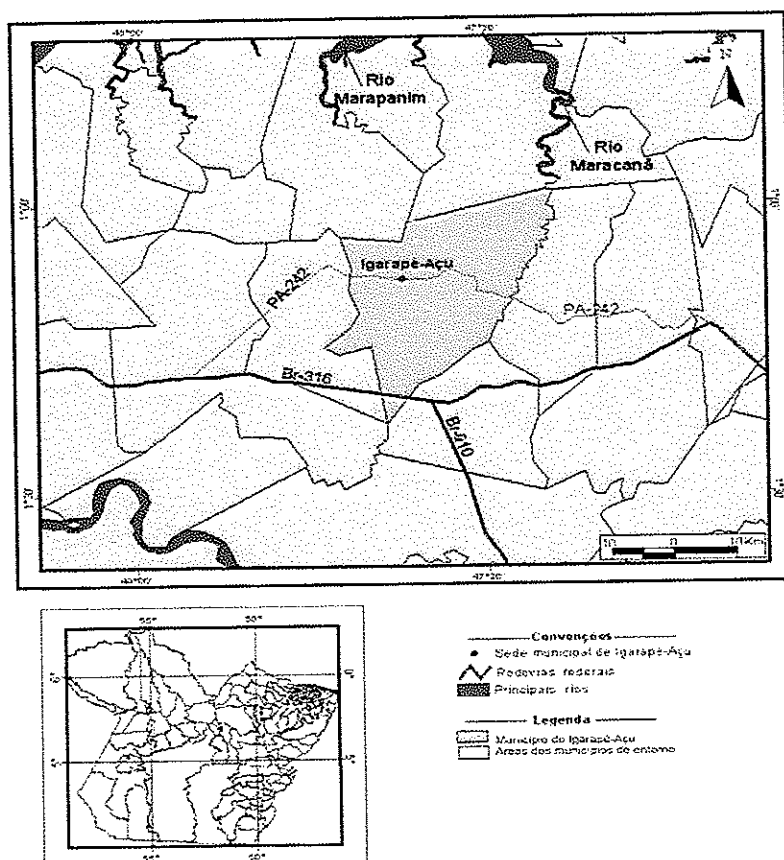


Figura 14 – Localização do município de Igarapé-Açu – PA.

4.2.2 Clima e solo

O clima é quente e úmido, do tipo Ami segundo a classificação de Köppen. A variação climática está associada com a distribuição das chuvas que não são homogêneas durante o ano, apresentando as maiores médias nos meses de fevereiro, março e abril e as menores nos meses de setembro, outubro e novembro. A precipitação pluvial média anual é de 2.500 mm, sendo setembro, outubro e novembro os meses mais secos; a temperatura média anual é de 27° C, com máxima de 38° C e mínima de 26° C; a umidade relativa varia de 80 a 90% (BASTOS; PACHECO, 2000b., PACHECO; BASTOS, 2006). O solo da área experimental foi classificado como do tipo Argissolo Amarelo Distrófico, textura arenosa média (EMBRAPA, 2006).

As médias de temperatura e precipitação pluvial, registradas no período do estudo, estão apresentadas na Figura 15.

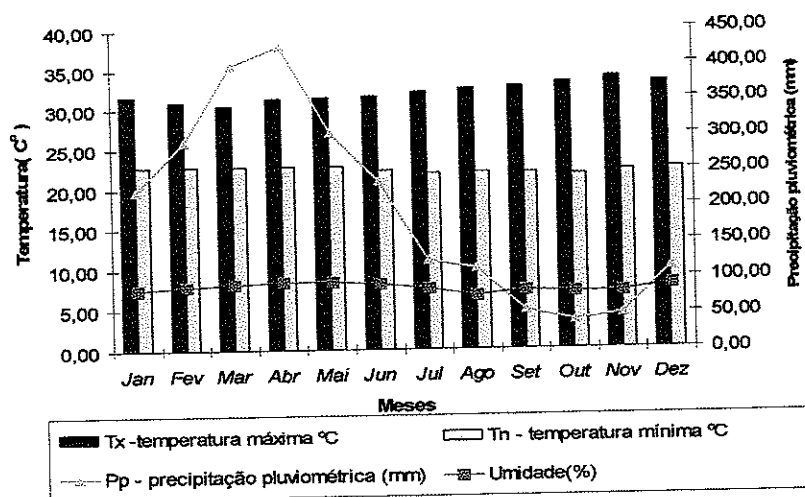


Figura 15 - Precipitação pluvial, umidade do ar e temperatura média máxima e mínima mensais no município de Igarapé-Açu - PA, no período de 2006 a 2008.

Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa Amazônia Oriental, em Igarapé-Açu - PA

4.2.3 Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento experimental blocos ao acaso. Para avaliar os atributos químicos do solo, os tratamentos, com três repetições, foram, analisados em esquema de parcelas sub-subdivididas (no tempo). Nas parcelas foram distribuídos os sistemas de pastejo (SP1=1 UA/ha e 56 dias de descanso; SP2= 0,7 UA/ha e 28 dias de descanso; SP3= 0,7 UA/ha e 56 dias de descanso); nas subparcelas foram avaliadas três profundidades de amostragem (0-10, 10-20 e 20-50 cm) e nas sub-subparcelas, as quatro épocas de avaliação (abril/2007 - chuvosa; outubro/2007 - seca; abril/2007 - chuvosa; abril/2008 - seca). Na avaliação da biomassa microbiana do solo, o esquema também, foi em parcelas sub-subdivididas, considerando nas parcelas, os sistemas de pastejo, na subparcela a profundidade de amostragem (0-10 cm) e, nas sub-subparcelas, as quatro épocas de avaliação.

4.2.4 Análise estatística

Os dados foram tratados pelo software NTIA versão 4.2.1 de outubro de 1995 desenvolvido pela EMBRAPA-Informática para Agropecuária, Campinas-SP. Na análise de variância foi utilizado o método dos mínimos quadrados sendo usado o teste de F para a verificação dos efeitos significativos e para comparação de média foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL GOMES, 1985).

4.2.5 Procedimentos de coleta e análises realizadas

4.2.5.1 Atributos químicos do solo

Para a avaliação dos atributos químicos do solo, foram coletadas cinco amostras simples para formar uma composta, num total de 06 amostras compostas por sistemas de manejo (SP1-SP2-SP3), nas profundidades (0-10, 10-20, 20-50 cm), em quatro épocas: abril 2007 e abril 2008, época mais chuvosa, e outubro de 2007 e outubro de 2008, menos chuvosa, sempre antes da entrada dos animais nos piquetes. As amostras foram secas ao ar, depois, passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha e levadas ao laboratório para determinação de pH em água e em KCl, matéria orgânica, N total, P extraível, K, Ca, Mg e Al trocáveis, seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (1997); pH (na relação solo:água 1:2,5); Al (extração em solução de KCl mol L⁻¹ e determinado por titulometria com solução de NaOH 0,025mol L⁻¹; Ca + Mg (mesmo extrator do alumínio e determinado por titulometria com solução de EDTA 0,0125mol L⁻¹); P, Na e K extraídos por Mehlich 1(HCl 0,05mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125mol L⁻¹), sendo que o P foi determinado por colorimetria (comp. de onda 660 µm) e K e Na por fotometria de chama. O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl (RAIJ, 2001). A partir das concentrações dos elementos determinou-se a saturação por alumínio (m%), a soma de bases, a saturação por bases e a CTC efetiva e a pH 7,0.

4.2.5.2 Biomassa microbiana do solo

Para avaliação da biomassa microbiana do solo, foram coletadas 5 amostras simples, na camada 0-10 cm do solo, para formar uma amostra composta, sendo feita três repetições para cada sistema de manejo (SP1-SP2-SP3), em quatro épocas (duas épocas mais chuvosa: abril /2007 /2008 e duas épocas menos chuvosa: outubro /2007 /2008), com o auxílio de um trado metálico fino sempre antes da entrada dos animais nas áreas de pastejo. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, mantidas em caixas térmicas. No laboratório, essas amostras foram passadas em peneira de 4 mm para remoção de raízes, pedras, carvão e invertebrados visíveis a olho nu.

Na análise laboratorial, utilizou-se o método da fumigação-extração para estimar o carbono da biomassa microbiana (CBM), conforme Vance, Brookes e Jenkinson (1987) e Tate, Ross e Feltham (1988), e o nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) de acordo com Brookes et al. (1985). Amostras de aproximadamente 25 g (peso fresco) foram acondicionadas em dissecador e submetidas à fumigação com clorofórmio livre de álcool por 24 horas. Logo após a fumigação, as amostras foram agitadas por 30 minutos em extratos de K_2SO_4 0,5 mol L^{-1} e, posteriormente, filtradas. As amostras não-fumigadas foram pesadas ao mesmo tempo que as amostras fumigadas e, posteriormente, conservadas em geladeira até a retirada das amostras fumigadas do dissecador, para a extração no mesmo momento, conforme citado anteriormente.

A determinação do CBM, nos extratos fumigado e não-fumigado, foi feita por dicromatometria (DE-POLLI; GUERRA, 1999). Para o cálculo, os teores de C das amostras fumigadas foram subtraídos dos valores das amostras não-fumigadas, sendo a diferença dividida pelo fator de correção (K_c) de 0,26 determinado especificamente para solos da Amazônia (FEIGL et al., 1995).

A estimativa do nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) foi feita a partir da digestão de Kjeldahl (RAIJ et al., 2001). O fator de correção (K_n) utilizado para o cálculo foi de 0,54 (BROOKES et al., 1985 ; JOERGENSEN; MUELLER, 1996).

As análises foram realizadas no laboratório de Ecofisiologia da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém-Pará.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Atributos químicos do solo

Os dados da análise de variância (Anexos 5 e 6) mostram que o fator profundidade afetou significativamente todos os atributos do solo. Ainda, isoladamente, a época de amostragem não influenciou a porcentagem de bases (V%) e a soma de bases (SB). Os sistemas de pastejo, isoladamente, não afetaram nenhuma das variáveis estudadas.

O pH em água, carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), matéria orgânica (MO) e fósforo disponível (P) sofreram efeito significativo da interação época x profundidade. O pH em água também foi influenciado significativamente pela interação sistemas de pastejo x época de amostragem do solo.

4.3.1.1 Atributos químicos do solo em função dos sistemas de manejo

Nas Tabelas 13 e 14 observa-se que as médias dos atributos químicos estudados não foram afetadas significativamente pelos diferentes sistemas de pastejo, isoladamente.

Tabela 13- Valores médios de pH em H₂O e KCl, carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), matéria orgânica (MO), fósforo disponível (P), potássio (K) e cálcio mais magnésio (Ca+Mg) trocáveis de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de pastejo. Igarapé-Açu (PA).

Sistemas de pastejo	pH		C	N	MO	P	K	Ca+Mg
	H ₂ O	KCl	-----	g kg ⁻¹ -----		mg dm ⁻³	---- cmolc dm ⁻³ ----	
SP1	5,36 a	4,23 a	7,80 a	1,34 a	13,42 a	3,08 a	0,05 a	1,28 a
SP2	5,33 a	4,23 a	8,11 a	1,37 a	13,95 a	3,40 a	0,06 a	1,30 a
SP3	5,33 a	4,20 a	7,69 a	1,38 a	13,23 a	3,26 a	0,06 a	1,36 a

Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 14- Valores médios de alumínio trocável (Al), acidez potencial (H+Al), CTC_{efetiva} (t), CTC_{pH 7,0}, soma de bases (SB), porcentagem de bases (V%) e porcentagem de alumínio (m%) de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de pastejo. Igarapé-Açu (PA).

Sistemas de pastejo	Al	H+Al	t	T	SB	V	m
	-----		cmol _c dm ⁻³	-----		-----	-----
						%	
SP1	0,46 a	3,29 a	1,86 a	4,69 a	1,39 a	29,23 a	42,49 a
SP2	0,50 a	3,21 a	1,92 a	4,63 a	1,43 a	30,50 a	46,36 a
SP3	0,45 a	3,16 a	1,94 a	4,65 a	1,48 a	31,12 a	42,90 a

Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.1.2 Atributos químicos do solo em função da profundidade de amostragem

As Tabelas (15 e 16) mostram as médias dos atributos químicos do solo estudado, em função do efeito isolado da profundidade e de épocas de amostragem, respectivamente.

O pH em H₂O e em KCl apresentaram os maiores valores, 5,43 e 4,30 respectivamente, na camada 0-10 cm, indicando uma característica fortemente ácida a esses solos. Observa-se também, que os valores de pH em KCl foram sempre inferiores aos valores de pH em H₂O, demonstrando que o solo tem predominância de cargas negativas, o que possibilita adsorver maior quantidade de cátions, do que de ânions (TOMÉ JR, 1997; KIEHL, 1979).

Foram encontrados baixos conteúdos de carbono orgânico, que variaram de 11,97 g kg⁻¹, na camada superficial, até o menor valor de 4,64 g kg⁻¹, na camada de 20-50 cm. Esse comportamento ocorre em ecossistemas onde a contribuição da serrapilheira é maior do que a das raízes, como no ecossistema estudado, onde a maior quantidade de matéria orgânica (que mantém uma correlação positiva com o carbono orgânico) se encontra na superfície, diminuindo com a profundidade (SANCHEZ, 1981; BRADY, 1989; HAVLIN, 1990). Moreira e Malavolta (2004) encontraram maiores teores de matéria orgânica na camada de 0-10 cm do solo, em diferentes ecossistemas da Amazônia Ocidental. Resultados de redução do carbono orgânico, em função da profundidade de um Latossolo Vermelho distroférrico, da região Centro-Oeste do Brasil, sob diferentes sistemas de uso, inclusive pastagem com *Brachiaria decumbens*, foram obtidos por Heid et al. (2009).

A concentração do nitrogênio no solo, que variou de $1,79 \text{ g kg}^{-1}$ a $0,97 \text{ g kg}^{-1}$, diminuiu com a profundidade de amostragem, sendo considerada baixa de acordo com Raij et al. (1996). Os maiores valores de nitrogênio na camada 0-10 cm do solo, tem relação com o maior acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais decorrente da incorporação de detritos vegetais que contribui para maiores concentrações de nitrogênio até os primeiros 10 cm do solo (CERRI; VOLKOFF; EDUARDO, 1985; BARETTA et al., 2005). Trabalhos de D'Andrea et al. (2004) em solos sob diferentes sistemas de manejo, Hernandez-Hernandez e López-Hernandez (2002), em solos e savanas, e Silva, Sena e Silva Jr (2007) em Latossolo Amarelo de Marituba, Pará, mostraram redução da concentração de N com a profundidade, corroborando os resultados obtidos neste trabalho.

Independente dos sistemas de pastejo, os teores de matéria orgânica decresceram com a profundidade do solo, comportamento semelhante ao observado para o carbono orgânico, com variação de $20,58 \text{ g kg}^{-1}$, na camada de 0-10 cm, até o valor de $7,98 \text{ g kg}^{-1}$ na camada mais profunda. Normalmente, os valores encontrados para a matéria orgânica seguem o mesmo comportamento do carbono orgânico, uma vez que foram obtidos por meio de uma relação direta entre esses atributos. Assim sendo, a discussão que justifica os valores encontrados no carbono orgânico, é extensiva à matéria orgânica.

Os teores de P disponível foram considerados baixos conforme Raij et al. (2001), e apresentou valores decrescentes em profundidade, refletindo a baixa mobilidade desse nutriente no solo. A maior média ($5,27 \text{ mg dm}^{-3}$) foi encontrada na profundidade 0-10 cm do solo. Alguns trabalhos mostram que o maior teor de P na camada superficial do solo se deve à pouca mobilidade e à baixa solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos de natureza ácida. (SANTOS; SANTOS, 2003.; ALMEIDA et al., 2005). Duda et al. (2003) e Sena, Silva e Silva (2007) relatam que a atividade microbiana sobre a matéria orgânica acumulada na superfície do solo, promovendo a mineralização de seus constituintes, pode ter determinado a maior disponibilidade de fósforo nos primeiros 5 cm do solo utilizado em seus estudos.

Rodrigues et al. (2001), encontraram em Argissolo Amarelo do município de Tomé-Açu, localizado na parte central do Nordeste paraense, conteúdos baixos de fósforo assimilável em todos os perfis estudados, com valores inferiores a 2 mg kg^{-1} de solo.

Como ocorreu com as outras variáveis de estudo, a maior concentração de potássio foi encontrada na camada de 0-10 cm ($0,08 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), reduzindo com a profundidade do solo,

até o valor de $0,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, corroborando com os resultados encontrados por Perin, Cereta e Klamt (2003) avaliando a influência do tempo de uso sobre propriedades químicas de dois Latossolos do planalto médio do Rio Grande do Sul, sob cobertura vegetal natural de floresta e pastagem, respectivamente. Esses valores são considerados de nível baixo, segundo Tomé Jr (1997).

O teor de cálcio + magnésio trocáveis (Ca+Mg) foi maior na camada de 0-10 cm ($1,88 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e considerado de valor baixo conforme Araujo et al. (2004) e restritivo a nutrição mineral de plantas. Teores superiores deste cátion na camada superficial se deve provavelmente à ciclagem de nutrientes, com a decomposição de resíduos aumentando a CTC da camada mais superficial do solo (HUSSAIN; OSLON; EBELHAR, 1999). Houve, similarmente ao fósforo, redução nos teores de cálcio + magnésio, com o aumento da profundidade.

Tabela (15)- Valores médios de pH em H_2O e KCl, carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), matéria orgânica (MO), fósforo disponível (P), potássio (K) e cálcio mais magnésio (Ca+Mg) trocáveis de Argissolo Amarelo, amostrado nas profundidades 0-10, 10-20, 20-50 cm. Igarapé-Açu (PA).

Prof. (cm)	pH		C	N	MO	P	K	Ca+Mg
	H_2O	KCl						
0-10	5,43 a	4,30 a	11,97a	1,79 a	20,58 a	5,28 a	0,08 a	1,88 a
10-20	5,34 b	4,19 b	7,00 b	1,32 b	12,04 b	3,03 b	0,05 b	1,15 b
20-50	5,25 c	4,16 b	4,64 c	0,97 c	7,98 c	1,44 c	0,04 c	0,92 c

Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O menor teor de alumínio trocável (Tabela 16), foi observado na camada de 0-10 cm ($0,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), aumentando o teor com a profundidade do solo. Segundo Raij et al.(2001) os níveis de Al encontrados são considerados baixos. Este comportamento está associado às maiores quantidades de matéria orgânica existentes na superfície dos sistemas o que pode ter mantido o Al complexado, diminuindo sua atividade. O Al na solução do solo aumenta com o decréscimo do conteúdo de matéria orgânica. Pela formação de complexo organo-Al, a matéria orgânica controla a atividade do alumínio na solução e, também, o alumínio trocável (TOMÉ JR, 1997).

Quanto a maior acidez potencial (H+Al) da camada 0-10cm do solo, pode ser explicada pelo maior teor de carbono orgânico (Tabela 15), também verificado nessa camada. Desse modo, o carbono orgânico contribuiu para aumentar as fontes de acidez potencial do

solo na camada superficial, bem como para aumentar compostos orgânicos complexantes, diminuindo o Al^{3+} (CIOTTA et al.; 2002). Segundo Lopes (1998), os valores de acidez potencial encontrados são considerados de nível baixo, não limitando o crescimento das raízes das plantas.

Com relação a CTC efetiva, o maior valor foi observado na camada superficial do solo apresentando $2,36 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com valores diminuindo em profundidade de amostragem do solo. Os valores encontrados são considerados de nível baixo conforme Alvares V, et al. (1999).

A capacidade de troca catiônica (T) diz respeito à quantidade total de cátions retidos à superfície dos colóides (minerais de argila e húmus) em estado permutável. O maior valor de CTC, $5,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, foi encontrado na camada 0-10 cm, provavelmente, devido ao maior teor de matéria orgânica ($20,58 \text{ g.kg}^{-1}$) encontrado na camada 0-10 cm do solo.

A saturação por bases (V%) decresceu de 36,19% para 26,12%, não atingindo o nível satisfatório de 40 - 45% conforme Vilela et al. (2002). A saturação por alumínio (m%) aumentou de 13,13% na camada 0-10 cm, para 38,50% na profundidade 20-50 cm, indicando um caráter distrófico para esses solos, com saturação por base menor que 50% (EMBRAPA, 1999). Para Sanches e Logan (1992), solos com mais de 60% de saturação com Al^{+3} exibem fitotoxicidade por este elemento.

As médias da relação C/N mostram decréscimo com a profundidade, variando de 6,83 a 4,99, indicando que no solo, a matéria orgânica está funcionando como eficiente fonte de nutrientes, com predominância dos processos de mineralização (COLLOZI-FILHO; ANDRADE; BOLOTA, 2001).

Tabela 16- Valores médios de alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), CTC efetiva (t), CTC $pH 7,00$ (T), porcentagem de bases (V), porcentagem de alumínio (m) e relação C/N de Argissolo Amarelo, amostrado nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-50 cm. Igarapé-Açu (PA).

Prof. (cm)	Al	H+Al	t	T	V	m	C/N
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$					%	
0-10	0,31 c	3,58 a	2,36 a	5,64 a	36,19 a	13,13 c	6,83 a
10-20	0,49 b	3,23 b	1,76 b	4,49 b	28,54 b	27,84 b	5,46 b
20-50	0,62 a	2,85 c	1,61 b	3,85 c	26,12 b	38,50 a	4,99 b

Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.1.3 Atributos químicos do solo em função de épocas de avaliação

Houve efeito significativo da época de amostragem do solo, sobre todos os atributos químicos do solo (Tabelas 17 e 18).

Os solos em estudo apresentaram elevada acidez média, independente da época de avaliação. Nas primeiras amostragem, foi observado maior valor de $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ na época chuvosa (EP1- abril/2007), igual a 5,39, decrescendo na época seca (EP2- outubro/2007) para 5,25. Nas últimas avaliações, a época chuvosa ou seca não influenciaram significativamente os valores de pH. Regiões com altas precipitações pluviais apresentam tendência à maior acidificação do solo pela remoção de cátions de caráter básico do complexo de troca, como cálcio, magnésio, potássio e sódio, e o consequente acúmulo de cátions de natureza ácida, como alumínio e hidrogênio (GOMES DE SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

O pH em KCl, nas duas primeiras épocas de avaliação, não mostrou diferença estatística, aumentando de valor na terceira época de avaliação, atingindo maior valor (4,37) na EP4. Em todas as épocas avaliadas o pH em KCl mostrou valores sempre menores que os valores de pH em H_2O , indicando a prevalência de cargas negativas no solo.

O teor de Carbono não diferiu estatisticamente nas duas primeiras épocas de amostragem (EP1 e EP2), com valores médios semelhantes ($8,20 \text{ g kg}^{-1}$ e $8,72 \text{ g kg}^{-1}$) ocorrendo uma queda significativa com o tempo de uso do solo, com valores de $7,83 \text{ g kg}^{-1}$ e $6,7 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente, para as épocas EP3 e EP4. Os valores médios dos teores de carbono encontrados, independente da época ser chuvosa ou seca, foram considerados baixos (TOMÉ JR, 1997).

O teor de nitrogênio, apresentou menor valor nas épocas chuvosa EP1 e EP3, com médias de $1,29 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,24 \text{ g kg}^{-1}$, podendo estar relacionado com a rápida reciclagem deste elemento, e uma parcela significativa pode ser perdida para a atmosfera como consequência do processo de redução (RODRIGUES; GARRIDO, 2005). Menores teores de Nitrogênio na época de maior intensidade pluviométrica, também foram encontrados em um Gleissolo do Rio Guamá, no Pará, cultivado com canaranas, sob pastejo rotativo (ABREU; FERNANDES; RUIVO, 2007). De acordo com Byrnes (2000), as condições anaeróbicas tornam mais rápida a redução do nitrogênio, que assume formas voláteis e se perde para a atmosfera. Já na época

seca (EP2 e EP4), provavelmente, essa reciclagem foi mais lenta, fato que explicou os maiores teores ($1,35 \text{ g kg}^{-1}$ e $1,57 \text{ g kg}^{-1}$) de nitrogênio total.

Quanto ao teor de matéria orgânica, nas épocas EP1 e EP2 os resultados foram estatisticamente semelhantes, $14,11 \text{ g kg}^{-1}$ e $15,00 \text{ g kg}^{-1}$, decrescendo nas duas últimas amostragem (EP3 - $13,47 \text{ g kg}^{-1}$ e EP4 - $11,55 \text{ g kg}^{-1}$). Conforme Tomé Jr (1997), os valores médios encontrados, foram considerados baixos. Frazão et al. (2008), em pesquisa sobre a qualidade de Neossolo do Cerrado com pastagem, sem o manejo adequado, encontraram redução da fertilidade do solo, em consequência da diminuição expressiva da matéria orgânica do solo.

Para teores de fósforo, nas duas épocas chuvosa EP1 e EP3, as médias apresentadas foram estatisticamente iguais. Na EP2 (época seca), foi obtida maior média ($3,67 \text{ mg dm}^{-3}$), com decréscimo na EP4 ($2,89 \text{ mg dm}^{-3}$). Os teores encontrados em todas as épocas amostradas estão abaixo do valor de 5 mg dm^{-3} considerados por Veiga e Falesi (1986), como teor mínimo de fósforo para solos de pastagens tropicais, enquanto, Salinas e Garcia (1985), adotam as concentrações de 2 até 5 mg dm^{-3} de fósforo no solo sob pastagem, como satisfatório.

O potássio, não mostrou diferença significativa, nas épocas EP1 e EP2, acontecendo aumento crescente na EP3 e alcançando maior média na EP4. O maior teor na EP4 (época seca), provavelmente está relacionado com a maior liberação desse nutriente pelas plantas, resultante da decomposição e mineralização do material vegetal na camada superficial do solo, conclusão que também chegaram Centurion; Demattê; Fernandes (1985).

Abreu, Fernandes e Ruivo (2007), em Gleissolo do Rio Guamá (PA), cultivado com canaranas, sob pastejo rotativo, encontraram maiores teores desse nutriente, na época seca, corroborando os resultados obtidos neste trabalho. Contudo, segundo van Raij et al. (2001), teores de $\text{K} \leq 0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, são considerados muito baixos, conforme os encontrados nessa pesquisa.

Os teores de $\text{Ca}+\text{Mg}$ nas duas primeiras épocas EP1 e EP2, não foram estatisticamente diferentes, mostrando ligeiro aumento na EP3, época chuvosa, mostrando diminuição do teor, na última avaliação (EP4). Para Ribeiro; Guimarães; Alvarez (1999), os valores médios, encontrados nesse trabalho, são considerados baixos. Araujo et al. (2004), avaliando a fertilidade de Latossolo em área de pastagem de *Brachiaria brizantha* no município de Sena

Madureira, no Acre, também encontraram baixos valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} ($< 2,0$ e $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente), corroborando com os encontrados nesse estudo.

Tabela 17 - Valores médios de pH em H_2O , KCl, Carbono (C), Nitrogênio total (N), Matéria orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio+Magnésio (Ca+Mg) de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo (SP1;SP2;SP3), em diferentes épocas de avaliação EP1-abril/2007; EP2-outubro/2007; EP3-abril/2008; EP4-outubro/2008 em Igarapé-Açu-Pará.

Épocas de Avaliação	pH		C	N	MO	P	K	Ca+Mg
	H_2O	KCl						
				g kg^{-1}		mg dm^{-3}	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	
EP1- chuvosa	5,39 a	4,10 c	8,20 a	1,29 b	14,11 a	3,18 ab	0,05 b	1,32 ab
EP2- seca	5,25 c	4,15 c	8,72 a	1,35 b	15,00 a	3,67 a	0,05 b	1,27 ab
EP3- chuvosa	5,33 b	4,25 b	7,83ab	1,24 b	13,47ab	3,26 ab	0,06 ab	1,45 a
EP4- seca	5,38ab	4,37 a	6,72 b	1,57 a	11,55 b	2,89 b	0,07 a	1,21 b

Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor médio de alumínio trocável apresentou diferença significativa apenas na EP2 (época seca) mostrando menor valor ($0,415 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Conforme Ferreira et al. (1998), a umidade do solo causa decréscimo no teor de alumínio trocável, não estando de acordo com os resultados encontrados nessa pesquisa onde o teor de alumínio trocável mostrou menor valor na época seca. Contudo, segundo Pereira; Veloso; Gama (2000), a solubilidade do alumínio também é dependente do pH do solo, da saturação do alumínio, do teor de matéria orgânica e da presença de outros íons na solução do solo provavelmente influenciando nos resultados encontrados. Sendo o Al^{+3} um íon tóxico, teores entre $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ é classificado como teor médio, passando a ser preocupante para o desenvolvimento das forrageiras (MALAVOLTA, 1992).

Não há classificação para os teores de acidez potencial, pois o objetivo principal dessa determinação é o cálculo da Capacidade de Troca de Cátions (CTC). Pode-se dizer que há uma tendência de ocorrer maiores teores de $\text{H}^+ + \text{Al}$ em solos mais ricos em matéria orgânica, principalmente se estes apresentarem pH muito baixo (TOMÉ JR, 1997).

Quanto a capacidade de troca de cátions, observa-se maior valor na época chuvosa tanto para CTC a pH 7) com $4,83 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (EP1) e $4,98 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (EP3), como para CTC efetiva (t) com valor de $2,11 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, na EP3). Segundo Brady e Weil (1999), a matéria orgânica apresenta CTC da ordem de $150\text{-}300 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, contribuindo para elevar esse

atributo do solo, enquanto que a argila que predomina nos solos intemperizados dos trópicos, a caulinita, apresenta valor de 5 a 15 $\text{cmol}_e \text{ dm}^{-3}$. Naturalmente, que no período chuvoso, a maior umidade do solo, deve promover maior taxa de mineralização da matéria orgânica, liberando maior quantidade de cátions trocáveis, justificando os resultados obtidos neste trabalho. Sena, Silva e Silva Jr (2007), trabalhando com Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo, também encontraram aumento da CTC em época chuvosa.

A saturação por alumínio (m%) seguiu o mesmo comportamento do Al trocável, aumentando de valor nas duas últimas épocas de avaliação EP3 (25,02%) e EP4 (27,96%). Tal fato pode ser atribuído ao maior valor de alumínio trocável, também encontrado nessas épocas e a baixa CTC efetiva (Furtini Neto et al.; 2001). De acordo com Raij et al. (2001), a distribuição da saturação por alumínio compreendida entre 0 a 20% é considerada baixa, de 21 a 40% média e de 41 a 60% considerada alta.

Quanto as médias da relação C/N encontrados no solo, e que foram avaliadas em diferentes épocas, não mostraram diferença significativa, exceto na época seca (EP4), com valor de 4,27%. Os valores apresentados em todas as épocas são considerados, muito baixos, segundo Colozzi- Filho, Andrade e Balota (2001), e indica que os resíduos culturais destas áreas são ricos em nitrogênio, o que resultou em maior taxa de mineralização do nitrogênio, do que sua imobilização pela microbiota do solo

Tabela 18 - Valores médios de alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), CTC efetiva (t), CTC $\text{pH } 7,00$ (T), porcentagem de alumínio (m) e relação C/N de Argissolo Amarelo, em função de épocas de avaliação. Igarapé-Açu (PA).

Épocas de avaliação	Al	H+Al	t	T	m	C/N
			$\text{cmol}_e \text{ dm}^{-3}$		%	
EP1-chuvosa	0,428 a	3,398 a	1,849 b	4,830 ab	23,14 b	6,07 a
EP2- seca	0,415 b	3,162 ab	1,804 b	4,550 bc	23,00 b	6,40 a
EP3-chuvosa	0,528 a	3,395 a	2,111 a	4,977 a	25,02 ab	6,29 a
EP4-seca	0,523 a	2,931 b	1,870 b	4,278 c	27,96 a	4,27 b

Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.1.4 Interação Época de avaliação x Profundidade de amostragem do solo.

A análise de variância (Anexos 5 e 6), mostrou efeito significativo ($P \leq 0,05$) de interação, época x profundidade, para a variável pH em H_2O , Carbono Orgânico (C.org),

Nitrogênio (N), Matéria Orgânica (MO), Fósforo (P), Alumínio (Al) e Saturação por alumínio(m%) (Tabela 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25).

Em todos os períodos de amostragem o pH em H₂O reduziu com o aumento da profundidade. Os maiores valores encontrados estão entre 5,35 e 5,54 e ocorreram na profundidade 0-10 cm, sendo significativamente superiores aos demais valores encontrados nas demais profundidades e épocas amostradas (Tabela 19).

Tabela 19 – Médias de valores de pH em H₂O, em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).

Profundidade (cm)	Épocas de avaliação			
	EP1- Abril/2007	EP2- Outubro/2007	EP3- Abril/2008	EP4- Outubro/2008
0-10	5,54 a A	5,35 a B	5,42 a B	5,43 a B
10-20	5,39 b A	5,24 b B	5,36 a A	5,37 ab A
20-50	5,26 c B	5,16 b C	5,22 b BC	5,35 b A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e seguida pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Igualmente como ocorreu na matéria orgânica, em todas as épocas os teores de carbono reduziram com a profundidade de amostragem do solo (Tabela 20). Os valores encontrados nas maiores profundidades, independente da época de amostragem, não diferiram significativamente entre si. Na camada superficial (0-10cm), os valores para carbono encontrados nas três primeiras épocas de amostragem, entre 11,51 g kg⁻¹ e 13,69 g kg⁻¹, foram semelhantes estatisticamente, e superiores ao teor encontrado na última amostragem (EP4 – outubro/2009), correspondente a 9,61 g kg⁻¹.

Tabela 20 – Médias de teores de carbono (C), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).

Profundidade (cm)	Épocas de avaliação			
	EP1- Abril/2007	EP2- Outubro/2007	EP3- Abril/2008	EP4- Outubro/2008
	g kg ⁻¹			
0-10	13,69 a A	13,06 a A	11,51 a A B	9,61 a B
10-20	6,73 b A	7,45 b A	7,52 b A	6,30 b A
20-50	4,19 c A	5,65 b A	4,47 c A	4,24 b A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em todas as épocas de amostragem, o teor de nitrogênio mostrou decréscimo com o aumento da profundidade. Os maiores valores, de $1,69 \text{ g kg}^{-1}$ a $1,93 \text{ g kg}^{-1}$, ocorreram na profundidade 0-10 cm, sendo significativamente superiores aos demais. Observa-se, também, que na última época de avaliação EP4 (período seco), o nitrogênio apresentou maiores médias em todas as profundidades amostradas (Tabela 21). As maiores concentrações de nitrogênio até os primeiros 10 cm do solo, provavelmente é devido ao maior acúmulo de matéria orgânica no horizonte superficial, decorrente da incorporação de detritos vegetais (CERRI; VOLKOFF; EDUARDO, 1985). Quanto a isso, os resultados encontrados estão de acordo com d' Andréa et al. (2004), estudando solos sob diferentes sistemas de manejo, e Hernandez-Hernandez e López-Hernandes (2002) que observaram decréscimo do nitrogênio a maiores profundidades em solos de savana.

Tabela 21 – Médias de teores de nitrogênio (N), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).

Profundidade (cm)	Épocas de avaliação			
	EP1- Abril/2007	EP2- Outubro/2007	EP3- Abril/2008	EP4- Outubro/2008
	g kg ⁻¹			
0-10	1,84 a AB	1,69 a B	1,71 a B	1,93 a A
10-20	1,19 b B	1,34 b AB	1,21 b B	1,53 b A
20-50	0,84 c BC	1,01 c B	0,79 c C	1,25 c A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e seguida pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de matéria orgânica reduziram com a profundidade, independentemente da época de amostragem do solo. Em todas as épocas, os valores encontrados nas profundidades 10-20 cm e 20-50 cm não diferiram significativamente entre si. Nas épocas EP1, EP2 e EP3, os teores de matéria orgânica na camada 0-10cm, entre $19,79 \text{ g kg}^{-1}$ e $23,54 \text{ g kg}^{-1}$, foram semelhantes estatisticamente entre si, mas superiores ao valor encontrado na última época de amostragem (EP4), correspondente a $16,53 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 22). Os valores encontrados nessa pesquisa estão abaixo de 30 g kg^{-1} , são considerados de baixo nível, segundo Guimarães, Ferreira e Carvalho (1980).

Tabela 22- Médias de teores de matéria orgânica (MO), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).

Profundidade (cm)	Épocas de avaliação			
	EP1- Abril/2007	EP2- Outubro/2007	EP3- Abril/2008	EP4- Outubro/2008
	g kg ⁻¹			
0-10	23,54 a A	22,46 a A	19,79 a A B	16,53 a B
10-20	11,57 b A	12,82 b A	12,93 b A	10,84 b A
20-50	7,21 c A	9,72 b A	7,69 c A	7,29 b A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e seguida pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 23 observa-se que em todas as épocas de avaliação, os teores de fósforo foram maiores na camada 0-10 cm do solo, provavelmente relacionado a atividade microbiana sobre a matéria orgânica na superfície do solo que promove a mineralização de seus constituintes, determinando a maior disponibilidade de fósforo nessa camada (DUDA et al.; 2003). Ocorreu também, diminuição com o aumento da profundidade, em todas as épocas avaliadas e os teores de fósforo encontrados foram considerados baixos em todas as épocas avaliadas, exceto na EP1 e EP2 que apresentaram teores médios de 5,67 mg dm⁻³ e 6,03 mg dm⁻³ estando de acordo com Veiga e Falesi (1986), onde citam o valor de 5 mg dm⁻³ como teor mínimo exigido para pastagens em solos tropicais.

Rodrigues et al. (2001), corroborando os dados da presente pesquisa, encontraram em Argissolo Amarelo do município de Tomé-Açu, Nordeste paraense, conteúdos baixos de fósforo assimilável em todos os perfis estudados, com teores inferiores a 2 mg kg⁻¹ de solo.

Tabela 23 -Médias de teores de fósforo (P), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de pastejo. Igarapé-Açu (PA).

Profundidade (cm)	Épocas de avaliação			
	EP1- Abril/2007	EP2- Outubro/2007	EP3- Abril/2008	EP4- Outubro/2008
	mg dm ⁻³			
0-10	5,67 a AB	6,03 a A	4,97 a BC	4,97 a BC
10-20	2,81 b A	3,33 b A	3,31 b A	3,31 b A
20-50	1,08 c A	1,64 c A	1,50 c A	1,50 c A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e seguida pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Independente da época de amostragem, os teores de alumínio do solo decresceram com a profundidade (Tabela 24), com valores oscilando entre $0,25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $0,42 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada superficial e $0,51 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $0,76 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na última camada (20-50cm). Segundo Tomé Jr. (1997), esses valores são considerados de nível baixo à médio. Este aumento nos teores de alumínio com aumento da profundidade em todas as épocas de amostragem, pode estar associado à diminuição nos estoques de matéria orgânica do solo (AZEVEDO et al., 2007).

Tabela 24 - Médias de teores de alumínio (Al), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo, sob diferentes sistemas de pastejo. Igarapé-Açu (PA).

Profundidade (cm)	Épocas de avaliação			
	EP1- Abril/2007	EP2- Outubro/2007	EP3- Abril/2008	EP4- Outubro/2008
	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$			
0-10	0,25 c B	0,29 b B	0,28 c B	0,42 b A
10-20	0,43 b B	0,44 a B	0,55 b A	0,54 a A
20-50	0,58 a B	0,51 a B	0,76 a A	0,61 a B

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e seguida pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à saturação por alumínio (m%), ocorreu efeito significativo da interação época de amostragem x profundidade, com aumento em profundidade, em todas as épocas. Na profundidade 0-10 cm, não houve diferença significativa entre as épocas chuvosas (EP1 e EP3), enquanto que, nas épocas secas (EP2 e EP4), observamos diferenças estatísticas, com maior valor de saturação por alumínio, na EP4. Na profundidade 10-20cm não houve diferença significativa entre épocas. Na profundidade 20-50 cm ocorreram os maiores valores de m%, em todas as épocas, com superioridade dos valores nas épocas mais chuvosas (Tabela 25).

O aumento da saturação em alumínio nas camadas mais profundas do solo, leva a inferir que tal situação pode interferir no maior aprofundamento do sistema radicular, impedindo que as plantas cultivadas explorem maior volume de solo, principalmente, em ocasiões de escassez de água e nutrientes (SENA ; SILVA ; SILVA Jr, 2007).

Tabela 25 - Médias de saturação por alumínio (m%), em função da interação época x profundidade de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).

Profundidade (cm)	Épocas de avaliação			
	EP1- Abril/2007	EP2- Outubro/2007	EP3- Abril/2008	EP4- Outubro/2008
	----- % -----			
0-10	12,42 c B	14,93 c AB	12,11 c B	20,85 c A
10-20	27,31 b A	26,96 b A	29,62 b A	31,41 b A
20-50	38,64 a AB	34,60 a B	42,43 a A	37,76 a AB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e seguida pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.1.5 Interação Sistemas de manejo de pastejo x Época de avaliação de amostragem do solo sobre o pH em H₂O.

Os dados contidos na Tabela 26, mostram a Interação Sistema de manejo de pastejo e épocas de amostragem do solo para dados de pH em H₂O onde observamos nas duas épocas chuvosas (EP1 e EP3), menor valor de pH (5,33 e 5,31) no sistema de pastejo SP2. Nas duas épocas secas (EP2 e EP4) os valores encontrados foram maiores e estatisticamente semelhantes entre sistemas. As médias de pH do presente estudo estão compatíveis com os valores indicados pela literatura para solos cultivados com pastagem do gênero braquiária que é uma espécie adaptada a solos ácidos e de baixa fertilidade (GOMIDE, 1986). Carvalho et al. (2007), registraram pH com pequeno decréscimo da estação chuvosa (5,6) para a seca (5,2) em estudo sobre os efeitos de diferentes sistemas de manejo com pastagens de *Brachiaria decumbens* sobre as características químicas num Argissolo Vermelho Amarelo sob regime de pastejo contínuo e controlado, corroborando os dados da presente pesquisa.

Tabela 26 – Médias de pH em H₂O, em função da interação Sistema de manejo de pastejo x época de amostragem de um Argissolo Amarelo. Igarapé-Açu (PA).

Épocas de amostragem	Sistemas de manejo de pastejo		
	SP1	SP2	SP3
EP1- Abril/2007	5,45 aA	5,33 abA	5,41 aA
EP2- Outubro/2007	5,24 bA	5,29 bA	5,21 bA
EP3- Abril/2008	5,39 aA	5,31 abA	5,29 bA
EP4- Outubro/2008	5,37 aA	5,38 aA	5,40 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e seguida pela mesma letra maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.2 Biomassa microbiana do solo

Por meio da análise de variância (Anexo 4) observa-se que não houve efeito significativo dos sistemas de manejo de pastejo (SP1; SP2; SP3) sobre as variáveis carbono da biomassa microbiana (CBM) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), ocorrendo, entretanto, efeito de época de amostragem. A integração entre esses tratamentos não mostrou significância para aquelas variáveis. As médias, sem diferenças estatística ($P > 0,05$), encontram-se na Tabela 27.

Tabela 27 - Valores de médias de teores de carbono e de nitrogênio da biomassa microbiana (CBM ; NBM) de um Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu (PA).

Sistemas de manejo de pastejo	CBM	NBM
	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
SP1	208,110 a	94,486 a
SP2	209,108 a	93,326 a
SP3	223,362 a	87,228 a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 28, encontram-se as médias de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana sob o efeito significativo das épocas de amostragem

Tabela 28 - Valores de médias de teores de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (CBM – NBM) de um Argissolo Amarelo arenoso, sob diferentes sistemas de manejo de pastejo (SP1;SP2;SP3), em diferentes épocas de avaliação (EP1-abril/2007; EP2- Outubro/2007; EP3- abril/2008; EP4-outubro/2008), em Igarapé-Açu-Pará.

Épocas de avaliação	CBM	NBM
	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
EP1 -chuvosa	180,717 b	88,744 ab
EP2- seca	229,281 a	118,600 a
EP3- chuvosa	210,542 b	54,105 b
EP4- seca	223,566 a	105,272 a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As maiores médias de CBM do solo, foram encontradas nas épocas de menor índice pluviométrico com valor de 229,281 mg kg⁻¹ na EP2 e 223,566 mg kg⁻¹ na EP4,

provavelmente resultante da ocorrência de nutrientes prontamente disponíveis no solo em decorrência de eventos de chuvas anteriores à coleta durante o período seco, o que pode ter estimulado o crescimento da população microbiana (LODGE; McDOWELL; McSWINEY, 1994). Davidson et al. (2004) também encontraram maiores conteúdos de CBM em coletas realizadas na época seca em floresta secundária na Amazônia.

Araújo (2003), trabalhando em solos do terço superior de uma topossequência sob pastagem, no Noroeste fluminense, encontrou valores significativamente maiores de CBM, na época seca. A autora mostrou que o aumento da quantidade de água e nutrientes no solo na época do verão favoreceu a atividade dos microrganismos.

As médias de NBM mostram também, a influência da sazonalidade, com maior valor nas épocas secas, sendo encontrado 118,600 mg kg⁻¹ na EP2 e 105,272 mg kg⁻¹ na EP4, indicativo de reciclagem mais rápida da biomassa microbiana nessa época (ANDERSON, 2003). Feigl et al. (1995), também encontraram maiores resultados de NBM na época de menor índice pluviométrico.

O menor valor (88,744 mg kg⁻¹) encontrado na EP1 e 54,105 mg kg⁻¹ na EP3 do conteúdo de NBM, no período chuvoso é explicado por Gorham (1991) e Zarin et al. (2001), segundo os quais, o aumento da umidade do solo durante o período chuvoso pode resultar na elevação das taxas de mineralização de nitrogênio, revelando resultados reduzidos nesse período.

Mudanças climáticas possuem maior potencial para alterar a dinâmica do carbono no solo, do que algumas mudanças no uso da terra, segundo Hatch et al. (2000) e Vargas, Selbach e Sá (2005), ao observarem aumentos no nitrogênio da biomassa microbiana do solo, apenas a longo prazo, em solo sob pastagem e plantio direto, respectivamente. Esses autores argumentaram que isso se deveu ao efeito da maior produção de biomassa vegetal e do consequente aumento de carbono orgânico no solo. Em geral, o incremento da biomassa microbiana está relacionado ao aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo (REZENDE et al., 2004).

4.4 CONCLUSÕES

- 1- Isoladamente, os sistemas de pastejo não influenciaram os atributos químicos e biológicos do solo, entretanto, quando em interação com épocas de amostragem fez variar os teores de potássio trocável;
- 2- O maior teor de umidade no solo afetou positivamente Ca+Mg trocáveis, Acidez potencial e CTC, enquanto reduziu o K trocável;
- 3- C orgânico, matéria orgânica, P assimilável, bases trocáveis, CTC e acidez potencial reduziram com a profundidade do solo, independente da época de amostragem;
- 4- O pH em água e o Al trocável aumentaram com a profundidade do solo, com maiores valores na época chuvosa; N total reduziu com a profundidade, com maiores valores na época mais seca;
- 5- O aumento do teor de umidade influenciou negativamente o C e o N da biomassa microbiana do solo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, E. M. A. de; FERNANDES, A. R.; RUIVO, M. L. P. Variação temporal e vertical de atributos químicos de um Gleissolo do Rio Guamá cultivado com Canaranas. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 2007, vol.31, n.2, pp. 277-285.
- ALMEIDA, J. A.; BERTOL, L.; LEITE, D.; AMARAL, A. J. ; ZOLDAN JÚNIOR, L.W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob Preparo Convencional e Semeadura Direta após seis anos de cultivo. *R. Bras. Ciênc. Solo*, v.29, p.437-445, 2005
- ALVAREZ V, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. L. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5 Aproximação. Viçosa, MG. CFSEMG, 1999. p. 25-32.
- ANDERSON, T. H. Microbial eco-physiological indicators to asses soil quality. *Agriculture Ecosystems & Environment*. v. 98, p.285-293. 2003.
- _____; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic matter in arable soils. *Soil Biol. Biochem*, 21: 471-479, 1989.
- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F. GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, p.307-315, 2004.
- ARAÚJO, S. P. Atributos biológicos do solo sob diferentes coberturas vegetais amostrados em duas estações do ano numa topossequência no Noroeste Fluminense. 2003. 51f. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2003.
- AZEVEDO, D. M. P de.; LEITE, L. F. C.; TEIXEIRA NETO, M. L.; DANTAS, J. S. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo e distribuição do sistema radicular da soja sob diferentes sistemas de preparo no cerrado maranhense. *Rev. Ciênc. Agron.*, v.38, n.1, p.32-40, 2007
- BASTOS, T. X. ; PACHECO, N. A. *Características agroclimatológicas do município de Igarapé-Açu*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000 b. 8p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69).
- BAUDOIN, E. ; BENIZRI, E. ; GUCKERT, A. Impact of artificial root exudates on the bacterial community structure in bulk soil and maize rhizosphere. *Soil Biol. Bioch.*, v.35, p.1183-1192, 2003.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; FIGUEIREDO, S. R.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 5, p. 715-724, 2005.

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, n.5, p.779-786, 1998.

BONDE, T. A. ; SCHNÜRER, J. ; ROSSWALL, T. Microbial biomass as a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. **Soil Biol Biochem.**, v.20, p.447-452, 1988.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. São Paulo : Freitas Bastos, 1989. 898p.

_____; WEIL, R. R. **The nature and properties of soil**. 12 th ed. Upper Sadle Rivier, New Jersey USA : Prenctice-Hall Inc. 1999.

BROOKES, P. C. ; LANDMAN, A. ; PRUDEN, G. ; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.17, n.6, p.837-842. 1985.

BYRNES, B. H. Liquid fertilizers and nitrogen solutions. In: **Fertilizer manual**. Alabama: Kluwer Academic, 2000. p.20-40.

CARVALHO, F. G. de.; BURITY, H. A.; SILVA, L. E. de S. F da.; SILVA, V. N da.; SILVA, A. J. N. da. Efeito sazonal e de sistemas de manejo com pastagens de Brachiaria decumbens Stapf sobre as características químicas num Argissolo Vermelho Amarelo. **Acta Sci. Agron. Maringá**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007

CENTURION, J. F.; DEMATTÊ, J. L. I.; FERNANDES, F. M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob Cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 267-270, 1985.

CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.1-4, 1985.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M.V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **R. Bras.Ciênc. Solo**, 26:1055-1064, 2002.

COLOZZI FILHO, A. ; ANDRADE, D. S. ; BALOTA, E. L. Atividade microbiana em solos cultivados em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.84-91, 2001.

- CÓSER, A.C.; CRUZ FILHO, A.B. Estabelecimento de leguminosas em pastagens de capim-gordura. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, n.5, p.410-416, 1989.
- D'ANDREA, A. F. ; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; GUILHERME, L. R. G. Estoque de Carbono e Nitrogênio e formas de Nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesq. Agropec. Bras**, v. 39, n. 2, p. 179-186. 2004.
- DAVIDSON, E. A.; CARVALHO, C. J. R. ; VIEIRA, I. C. G. ; FIGUEIREDO, R. O ; MOUTINHO, P. ; ISHIDA, F. Y. ; SANTOS, M. T. S ; GUERREIRO, J. B.; KALIF, K.;
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O., (Ed) Fundamentos da matéria orgânica do solo : ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Editora Gênese, cap. 17, p.389-411, 1999.
- DIAS-FILHO, M. B. Degradação e recuperação de pastagens. In SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 23., 2006, Piracicaba, SP. As pastagens e o meio ambiente; **Anais...** Piracicaba : FEALQ, 2006. p.185-220.
- DORAN, J. W. ; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., (Ed). **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.3-21 (Special Publication, 35)
- DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H.; TEIXEIRA, M. G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Sci. Agric.**, 60:139-147, 2003.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos/Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.
- _____. _____. 2.ed. Rio de Janeiro : Embrapa Solos/Brasília, Sistema de Produção de Informação, 2006. 306p.
- _____. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- FEIGL, B. J. ; SPARLING, G. P. ; ROSS, D. J. ; CERRI, C. C. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool sizes. **Soil Biology and Biochemistry**. v.27, p.1467-1472, 1995.
- FERREIRA, W.de A; MODESTO JUNIOR, M. de S.; BOTELHO, S. M.; MASCARENHAS, R. E. B. **Efeito da inundação sobre as propriedades de um glei pouco húmico de várzeas do rio Guamá nos municípios de Belém e Santa Isabel, PA**. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 29p. (Boletim de pesquisa, 207).

- FERNANDES, A. R. ; LINHARES, L. C. F. ; MORAIS, F. I. O. ; SILVA, G. R. Características químicas do solo, matéria seca e acumulação de minerais nas raízes de adubos verdes, em resposta ao calcário e ao fósforo. **Revista de Ciências Agrárias**, n.40, p.45-54, 2003.
- FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R. ; RESENDE, A.V. de; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de. A. Fertilidade do solo. Lavras: UFLA/FAEP, 2001, 252p. Curso de Pós-Graduação "Lato Sensu"(Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente.
- FRAZÃO, L. A. ; PICCOLO, M. C. ; FEIGL, B. J. ; CERRI, C. C. ; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de Neossolo Quartzarenico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado matogrossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.43, n.5, p.641-648, 2008.
- FRIGHETTO, R. T. S. ; SCHNEIDER, R. P. Problemas encontrados na avaliação de microorganismos do solo. In; FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. (Coord). **Indicadores biológicos e químicos da qualidade do solo**. Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.41-44 (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21).
- GOMES DE SOUSA, D. M. ; MIRANDA, L. N. ; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG ; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-274.
- GOMIDE, J.A. Exploração de pastagem em solos de baixa fertilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS E SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM. 8., 1986, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fealq, 1986. p. 481-497.
- GORHAM, E. Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climate warming. *Ecol. Appl.*, 1:182-195, 1991.
- GUIMARÃES, P. T. G. ; FERREIRA, J. G. ; CARVALHO, J. G. Adubação de pastagens. **Informe Agropecuário**, v.6, n.70, p.34-52, 1980.
- HATCH, D. J. ; LOVELL, R. D. ; ANTIL, R. S. ; JARVIS, S.C. ; OWEN, P.M. Nitrogen mineralization and microbial activity in permanent pastures amended with nitrogen fertilizer or dung. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, p.288-293, 2000.
- HAVLIN, J.L., KISSEL, D. E.; MADDUX, L. D.; CLAASSEN, M. M.; LONG, J. H. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 54:448-452, 1990.
- HEID, C. M.; VITORINO, A. C. T.; TIRLONI, C.; HOFFMAN, N. T. K. Frações orgânicas e estabilidade dos agregados de um Latossolo Vermelho distroférrico sob diferentes usos. **Rev. ciênc. agrár.**, 51:143-160, 2009.
- HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R. M. ; LÓPEZ HERNÁNDEZ, D. Microbial biomass, mineral nitrogen and carbon content in savanna soil aggregates under conventional and no-tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, p. 1563- 1570. 2002.

HUSSAIN, I. ; OSLON, K. R. ; EBELHAR, S. A. Long-term tillage effects on soil chemical properties and organic matter fractions. **Soil Science Society American Journal**, v.63, p.1335-1341, 1999.

JENKINSON, D. S., LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N., eds. **Soil Biochemistry**, v. 5, p. 415-471, 1981.

JOERGENSEN, R.G.; MUELLER, T. The fumigation extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the K_{EN} – fator. **Soil Biology & Biochemistry**, v.28, n.1, p.33-37, 1996.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relação solo planta**. Agronômica Ceres. São Paulo. 1979. 262p.

LODGE, D. J. ; McDOWELL, W. H. ; McSWINEY, C. P. The importance of nutrient pulses in tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**. v.9, p.384-387, 1994.

LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo/Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes, 2 ed., ver. e ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.

LUGÃO, S. M. B. ; RODRIGUES, L. R. A. ; ABRAHÃO, J. J. S. ; MALHEIROS, E. B. ; MORAIS, A. . Acúmulo de forragem e eficiência de utilização do nitrogênio em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.25, p.371-379, 2003.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação**. São Paulo, Agronômica Ceres, 124 p.1992.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesq. Agropec. bras.** v.39, n.11, p.1103-1110, 2004.

MOREIRA, F. M. S. ; SIQUEIRA, J. O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F. M. S. ; SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA. 2002. p.331-337.

PACHÊCO, N. A.; BASTOS, T. X. **Boletim Agrometeorológico, 2006. Igarapé-Açu, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 32p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 296).

PEREIRA, W. L. M; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Sci. agric.** 2000, vol.57, n.3, pp. 531-537.

PEREIRA, J. C. ; NEVES, M. C. P. ; GAVA, C. A. T. **Efeito do cultivo da soja na dinâmica da população bacteriana, em solos de cerrado**. Brasília : Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2000.

PERIN, E. ; CERETA, C. A. ; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.665-674, 2003.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 11. ed. Piracicaba : Nobel, 1985. 467p.

POWLSON, D. S. ; BROOKS, P. C. ; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changer in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biol. Biochem**, v.19, p.159-164, 1987.

RAIJ, B.van ; ANDRADE, J. C. ; CANTARELLA, H. ; QUAGGIO, J.A. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas : Instituto Agrônômico, 2001. 285p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A., FURLANI A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Boletim técnico 100 - Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p. 3-6.

REZENDE, L. A. ; ASSIS, L. C. ; NAHAS, E. Carbon, nitrogen and phosphorous mineralization in two soils amended with distillery yeast. **Biores. Technol.**, v.94, p.159-167, 2004.

RIBEIRO, A. C. ; GUIMARÃES, P. T. G. ; ALVAREZ, V. V. H. Recomendações para o uso de corretivo e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª. aproximação. Minas Gerais, MG, : Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, MG, 1999. 359p .

RODRIGUES, F. S. ; GARRIDO, R. G. Fluxo Sazonal de NO₃ no Trópico Úmido. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v.4, n.8, 2005.

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P.L dos.; ROLIM, P. A. M.; SANTOS, E.; REGO, R. S.; SILVA, J. M. L da.; VALENTE, M. A.; GAMA, J. R. N. **Caracterização e Classificação dos Solos do Município de Tomé-Açu, PA**. Belém : Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 49p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 117).

ROSSI, C. ; FAQUIN, V. ; CURI, N. ; EVANGELISTA, A. R. Calagem e fontes de fósforo na produção do braquiário e níveis críticos de fósforo em amostra de Latossolo dos Campos das Vertentes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6 p.1083-1089, 1997.

SALINAS, J.C.; GUALDRÓN. R. Adaptación y requerimientos de fertilización de Brachiara humidicula (Rindler) Schweikt en la Altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: SAVANAS, ALIMENTO E ENERGIA, 6., 1988, Brasília. Anais... Brasília: Embrapa-CPAC, 1988. p. 457-471.

SALINAS , J. G. ; GARCIA, R. **Métodos químicos para el análisis de suelos y plantas forrajeras**. Cali : CIAT, 1985, 28p.

SANCHEZ, P. A.; LOGAN, I. J. Myrths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R. ; SANCHEZ, P. A. (Ed). **Myrths and science of soils of the tropics**. Madison : Soil Science Society of América, 1992. p.18-33.

_____. **Suelos del trópicos: características y manejo**. IICA San José, Costa Rica. 1981. 660p.

SANTOS, E. E. F. ; SANTOS, M. H. L. Influência do tempo de cultivo nas características químicas de um Latossolo no Oeste baiano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29. , 2003. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto : SBCS, 2003.

SCHLOTER, M. ; DILLY, O. ; MUNCH, J.C. Indicators for evaluating soil quality. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.98, p.255-262, 2003.

SENA, W. L. ; SILVA, G. R. ; SILVA Jr., M. L. Avaliação de atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso. **Revista de Ciências Agrárias**. n.48. p.25-40, 2007.

SILVA SOBRINHO, A .G. **Criação de ovinos**. 2 ed. Jaboticabal, Funep, 2001. 302p

SILVA, C. A. ; MACHADO, P. L. O. A. **Sequestro e emissão de carbono em ecossistemas agrícolas: Estratégias para o aumento dos estoques de matéria orgânica em solos tropicais**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2000. 23p. (Embrapa Solos. Documentos, 19).

SILVA, G. R. ; SENA, W. L. ; SILVA Jr., M. L. Carbono e Nitrogênio da Biomassa microbiana como indicadores ambientais de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo, Marituba, Pará. **Revista de Ciências Agrárias** . n.48, p.205- 207, 2007.

SILVA, J. J. ; SALIBA, E. O. S. Pastagens Consorciadas: Uma alternativa para sistemas extensivos e orgânicos. **Veterinária e Zootecnia**, v.14. p. 8-18, 2007.

SILVA, M. C.; SANTOS, M. V. F dos.; DUBEUX Jr, J. C. B.; LIRA, M. A.; MELO, W.S. M de.; OLIVEIRA, T. N de.; ARAÚJO, G. G.L de. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa, v.33, n.6, p.2007-2016, 2004

TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biol. Biochem.**, 20:329-335, 1988.

TOMÉ JR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba : Agropecuária, 1997. p.117-123.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology. Biochemistry**, Elmsford, v.19, n.6, p.703-707.1987.

VARGAS, L. K. ; SELBACH, P. A. ; SÁ, E. L. S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v.35, p.76-83, 2005.

VEIGA, J. B. ; FALESI, I. C. Recomendação e prática da adubação de pastagens na Amazônia brasileira. In: MATOS, H. B.; WERNER, J. C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed). **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.256-282.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p.367-382.

ZARIN, D. J.; DUCEY, M. J.; TUCKER, J. M.; SALAS, W. A. Potential biomass accumulation in Amazonian regrowth forests. *Ecosystems*, 4:658-668, 2001.

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

ANEXOS

Anexo 1 - Quadro de Análise de variância para dados de altura e lançamentos de ramas de leguminosas *Flemingia macrophylla* e *Cratylia argentea* sob pastagem de *Brachiaria brizantha*, sob influência de diferentes sistemas de manejos de pastejo em Igarapé-Açu, PA.

QUADRADOS MÉDIOS			
Fonte de variação	GL	altura	lançamentos
Bloco	2	10707.2247 *	56.3186 *
Sistema de pastejo (SP)	2	1148.8782 ns	1.6020 ns
Residuo A	4	1363.8199 --	3.5626 --
Especie (ES)	1	52372.5036 **	937.7336 **
SP x ES	2	170.5272 ns	0.4422 ns
Residuo B	6	1953.6392 --	16.5793 --
Época (EP)	3	10543.9987 **	31.4289 **
SP x ÉP	6	59.2713 ns	0.5434 ns
ES x ÉP	3	1761.3487 **	10.4051 **
SP x ES x ÉP	6	19.5647 ns	0.4832 ns
Residuo C	36	175.1239 --	1.4009 -
Média Geral	---	109.8027	6.4572
Coef. Variação	---	12,05%	18,33%

** e * - significativos aos níveis de 1% e 5%.

Anexo 2- Resumo da análise de variância para areia grossa, areia fina, silte e argila de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu (PA).

QUADRADOS MÉDIOS						
Fonte de Variação	GL	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total	Argila natural
Bloco	2	3711,86 ns	3380,02 ns	122,69 ns	3733,33 ns	1729,00 ns
Sistema pastejo(SP)	2	7635,44 ns	3208,86 ns	654,69 ns	3100,00 ns	12,33 ns
Residuo A	4	14455,11-	1683,65-	1776,52-	2033,33-	137,33-
Profundidade	3	11399,43 *	5489,36 *	93,21 ns	32900,00 **	5640,11 **
SP X Prof.	6	1019,62 ns	1219,64 ns	263,10 ns	1011,11 ns	154,55 ns
Residuo B	18	2111,73 -	861,29 -	183,58 -	585,18 -	84,18 -
Média geral		364,63	387,19	83,19	165	49,50
CV%		12,60%	7,58%	16,29%	14,66%	18,54%

** e * - significativos aos níveis de 1% e 5%.

Anexo 3- Resumo da análise de variância para dados de densidade aparente, densidade real, porosidade total, macroporosidade e microporosidade de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejos de pastejo. Igarapé-Açu (PA).

QUADRADOS MÉDIOS						
Fonte de Variação	GL	Densidade solo	Densidade partícula	Porosidade total	Macroporos	Microporos
Bloco	2	0,00363 ns	0,00028 ns	0,00079 ns	0,03215 ns	0,02300 ns
Sistema pastejo (SP)	2	0,00104 ns	0,00100 ns	0,00100 ns	0,054386 ns	0,04150 ns
Resíduo A	4	0,00412 -	0 00075 -	0,00089 -	0,011118 -	0,00906 -
Profundidade(Prof)	3	0,02151*	0,00193 **	0,00409 **	0,015042 **	0,00490 **
SP x Prof	6	0,00219 ns	0,00020 ns	0,00049 ns	0,002864 **	0,00127 ns
Resíduo B	18	0,00227 --	0,00030 --	0,00024 --	0,00066 --	0,00076 --
Media	--	1,5418	2,6194	0,3551	0,1644	0,1906
Coefficiente de variação (%)		3,09 %	0,67 %	4,37 %	15,67 %	14,45 %

** e * - significativos aos níveis de 1% e 5%.

Anexo-4. Resumo da análise de variância para dados de carbono da biomassa microbiana (CBM) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejos de pastejo. Igarapé-Açu (PA).

QUADRADOS MÉDIOS			
Fonte de Variação	GL	CBM	NBM
Bloco	2	19468,3345*	94,0424 ns
Sistema de pastejo (SP)	2	873,6300 ns	182,4170 ns
Resíduo A	4	2747,7316 -	1348,0470 -
Época (EP)	3	4424,0633 *	6989,8473 **
SP x EP	2	1635,4461 ns	851,0482 ns
Resíduo B	18	865,5710 -	971,5345 -
Média geral		213,52	91,68
Coefficiente Variação (%)		13,77 %	33,09 %

** e * - significativos aos níveis de 1% e 5%.

Anexo 5- Resumo da análise de variância para pH em H₂O, KCl, carbono orgânico, nitrogênio total, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio e magnésio de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu (PA)

QUADRO MÉDIO E SIGNIFICÂNCIA DOS FATORES EXPERIMENTAIS

Fonte de Variação	GL	pH H ₂ O	pH KCl	C. Org.	N	MO	P	K	Ca	Ca+Mg
Bloco (B)	2	0,178 ns	0,207*	9,2034 ns	0,0099 ns	27,274 ns	6,2552*	0,0033*	3,3289**	5,2314**
Sist. de pastejo (SP)	2	0,013 ns	0,0079 ns	1,6825 ns	0,0159 ns	4,991 ns	0,9236 ns	0,0002 ns	0,0358 ns	0,0673 ns
Resíduo A	4	0,028 -	0,0206 -	4,6735 -	0,0315 -	13,830 -	0,6605 -	0,0004 -	0,0212 -	0,0492 -
Época (EP)	3	0,119 **	0,3859 **	19,495 **	0,5695 **	57,665 **	2,7746 **	0,0010 **	0,2001 ns	0,2962 *
Interação SP x EP	6	0,019 **	0,0067 ns	0,768 ns	0,0212 ns	2,273 ns	0,0069 ns	0,0001 ns	0,0168 ns	0,0264 ns
Profundidade (Prof)	2	0,318**	0,1855**	503,742**	6,1118**	1490,310**	133,9809**	0,0225**	5,3639**	9,0325**
Interação SP x Prof	4	0,002 ns	0,0024 ns	0,7421 ns	0,0282 ns	2,199 ns	0,2274 ns	0,0002 ns	0,0061 ns	0,0376 ns
Interação EP x Prof	6	0,016 **	0,0185 ns	8,8070 *	0,0748 *	26,069 *	1,6282 **	0,0001 ns	0,0753 ns	0,1140 ns
Interação SPxEPxProf	12	0,004 ns	0,0043 ns	2,0121 ns	0,0250 ns	5,952 ns	0,2868 ns	0,0001 ns	0,0153 ns	0,0177 ns
Resíduo B	66	0,005 -	0,0098 -	3,4943 -	0,0269 -	10,337 -	0,5197 -	0,0001 -	0,0755 -	0,1040 -
Média Geral		5,340	4,2201	7,8681	1,3616	13,533	3,2500	0,0578	0,8863	1,3152
Coef. Variação(%)		1,36	2,35	23,76	12,05	23,76	22,18	22,57	31,02	24,53

** e * - significativos aos níveis de 1% e 5%.

Anexo 6- Resumo da análise de variância para alumínio trocável, acidez potencial, CTC efetva, CTC a pH 7, soma de bases, saturação por bases, saturação por alumínio e relação carbono nitrogênio de Argissolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo de pastejo. Igarapé-Açu (PA).

QUADRO MÉDIO E SIGNIFICÂNCIA DOS FATORES EXPERIMENTAIS									
Fonte de Variação	GL	Al	H+Al	t	T	V%	m (%)	SB	C / N
Bloco (B)	2	0,6481*	5,9340*	2,3948*	3,5750 ns	1714,0644**	2643,2990*	5,5122**	3,0460 ns
Sistema (SP)	2	0,185 ns	0,1635 ns	0,0630 ns	0,0351 ns	33,1497 ns	28,3686 ns	0,0729 ns	1,1921 ns
Resíduo A	4	0,0357 -	0,7934 -	0,0421 -	0,6330 -	48,6256 -	63,8009 -	0,0489 -	2,1036 -
Época (EP)	3	0,1067 **	1,3432 **	0,5120 **	2,5867 **	31,5947 ns	112,2420 **	0,2850 ns	26,9692 **
Interação SP x EP	6	0,0088 ns	0,4675 ns	0,0152 ns	0,5336 ns	25,5530 ns	26,7644 ns	0,0286 ns	1,0173 ns
Profundidade (P)	2	0,8522**	4,7652**	5,7469**	29,4845**	994,8842**	4930,3377**	10,8972**	32,7803**
Interação SP x P	4	0,0006 ns	0,0185 ns	0,0434 ns	0,0294 ns	10,2020 ns	2,8868 ns	0,0430 ns	1,1620 ns
Interação EP x P	6	0,0402 **	0,0992 ns	0,0373 ns	0,3718 ns	9,1142 ns	83,9472 **	0,1159 ns	1,6809 ns
Interação SP x EP x P	12	0,0006 ns	0,0098 ns	0,0229 ns	0,0294 ns	4,2232 ns	7,9746 ns	0,0199 ns	0,7267 ns
Resíduo B	66	0,0062 -	0,2120 -	0,0982 -	0,2893 -	23,5748 -	26,0672 -	0,1104 -	1,7689 -
Média Geral		0,4715	3,2218	1,9089	4,6592	30,2849	27,4205	1,4373	5,7623
Coefficiente Variação(%)		16,74	14,29	16,42	11,54	16,03	18,62	23,11	23,08

** e * - significativos aos níveis de 1% e 5%.