**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

# ALTURAS DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU NA INTERFACE SOLO-PLANTA

Mariana Vieira Azenha

Zootecnista

**2014**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS**
**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

# ALTURAS DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU NA INTERFACE SOLO-PLANTA

**Mariana Vieira Azenha**

**Orientador: Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri**

**Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia

**2014**

Azenha, Mariana Vieira
A993a Alturas de pastos de capim-marandu na interface solo-planta / Mariana Vieira Azenha. – – Jaboticabal, 2014
xii, 129 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014
Orientador: Ana Cláudia Ruggieri
Banca examinadora: Euclides Braga Malheiros, Liziane de Figueiredo Brito, Manoel Eduardo Rozalino Santos, Flávia Fernanda Simili.
Bibliografia

1. Alturas de manejo. 2. Brachiaria brizantha. 3. Emissão de $CO_2$ do solo. 4. Atividade enzimática do solo. 5. Ciclagem de nutrientes. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.085:633.3

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

unesp

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**CAMPUS DE JABOTICABAL**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL**

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** ALTURAS DE MANEJO DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU NA INTERFACE SOLO-PLANTA

**AUTORA: MARIANA VIEIRA AZENHA**

**ORIENTADORA: Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI**

**CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO ANDRADE REIS**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA,, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. ANA CLAUDIA RUGGIERI
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. EUCLIDES BRAGA MALHEIROS
Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. LIZIANE DE FIGUEIREDO BRITO
Pós-Doutoranda / Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. MANOEL EDUARDO ROZALINO SANTOS
Universidade Federal de Uberlândia / Uberlândia/MG

Profa. Dra. FLÁVIA FERNANDA SIMILI
Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP

Data da realização: 20 de fevereiro de 2014.

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

**MARIANA VIEIRA AZENHA** – nascida no dia 24 de janeiro 1985, na cidade de Ribeirão Preto, São Paulo, filha de Francisco Rodrigues Azenha Neto (*in memoriam*) e Lúcia Helena Vieira Azenha. Iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Campus de Ilha Solteira -SP, no mês de agosto do ano de 2003 e obteve o título de Zootecnista em janeiro de 2008. Em março do mesmo ano, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias – UNESP – Campus Jaboticabal, sob orientação da Profa. Dra. Ana Cláudia Ruggieri e co-orientação do Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis. Foi admitida no curso de Doutorado do Programa de Pós- Graduação em Zootecnia na Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias – UNESP – Campus Jaboticabal, e deu inicio em março de 2010, sob mesma orientação. De maio a outubro de 2012 realizou Estágio-Sanduíche no University of Florida, FL, Estados Unidos, sob orientação de Dra. Maria Lucia Silveira.

*"Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso e pessoas fracassadas.*

*O que existem são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles".*

*Ausguto Cury*

*DEDICO*

***A Deus**, Razão de tudo o que somos e fazemos.*

***Aos meus pais, Francisco** (in memoriam) **e Lúcia**,*
*razão maior de minha existência e exemplo de amor.*

***Aos meus irmãos, Ana Paula e Francisco Jr**, pelo companheirismo,*
*amizade, amor e incentivo.*

*MINHA ETERNA GRATIDÃO*

*OFEREÇO*

*A todos os meus familiares, amigos, professores e funcionários que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado, me acalmando, me dando sabedoria e força para enfrentar as dificuldades da vida.

À família Vieira e à família Azenha, minha mãe Lucia, meu pai Francisco *(in memoriam),* aos meus irmãos Ana Paula e Francisco, meus cunhados Vagner e Fabiana e meus sobrinhos Pedro Henrique e Arthur, que sempre acreditaram em mim, me incentivaram e me ensinam constantemente a viver.

Ao meu namorado Eduardo Sanchez Fazzari, pela paciência de todos os dias, pelo companheirismo, atenção, alegrias proporcionadas, conselhos, etc.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Profª e orientadora Dra. Ana Cláudia Ruggieri, pelo carinho, conselhos, amizade, confiança e conhecimentos adquiridos. Me ajudou a crescer e conquistar meus sonhos. Obrigada por tudo.

Ao Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis pela amizade, conselhos, ensinamentos, e co-orientação.

A Dra. Liziane de Figueiredo Brito por ter aceitado o convite para compor minha banca de defesa e também pelas valiosas contribuições na condução deste trabalho.

Ao Prof. Euclides Braga Malheiros, por ter aceitado o convite para compor minha banca de defesa e também pela colaboração, paciência e ensinamentos relacionados às análises estatísticas utilizadas neste trabalho.

Ao Prof. Manuel Eduardo Rozalino Santos por ter aceitado o convite para compor minha banca de defesa e poder contribuir mais uma vez com os trabalhos conduzidos nesta Universidade.

À pesquisadora Flávia Fernanda Simili por ter aceitado o convite para compor minha banca de defesa e poder contribuir para a melhoria do trabalho.

Ao Prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo e a Profa Dr. Paola Pedroso por terem participado da minha banca de qualificação e também pelas valiosas contribuições no trabalho.

À Dra Maria Lucia Silveira (Universidade da Flórida), pela oportunidade concedida de realizar o Estágio Sanduíche, pelos ensinamentos, amizades e momentos de descontração.

Ao Prof. Dr. Wanderley José de Melo e Gabriel Maurício Peruca de Melo por permitirem que parte das análises fosse realizada no laboratório de Biogeoquímica do Solo do Departamento de Tecnologia.

Aos funcionários do laboratório de Biogeoquímica do Solo: Sueli Aparecida Leite (técnica), Roberto Aparecido Chelli (técnico) e Rodrigo Thomas de Oliveira (auxiliar técnico) pelo paciencioso ensino das metodologias e procedimentos analíticos e pela amizade conquistada.

Aos doutorandos André Alves Oliveira e Sabrina Saraiva Santana pela grande ajuda na realização desse trabalho e pela amizade que adquirimos ao longo do tempo.

Ao Fernando M. Souza, pela grande ajuda na realização desse trabalho, sempre disposto a ajudar e pela amizade.

À Josiane Fonseca Lage, pelo companheirismo e convivência ao longo desses 4 anos. Obrigada por ter aparecido assim, do nada, e ter tornado esses anos mais agradáveis, divertidos.

À Vanessa Carvalho, que apesar de ter surgido agora na minha vida, se mostrou muito amiga, companheira. Obrigada pelas risadas, momentos de diversão nesse final de doutorado. Eles foram super válidos e necessários.

À Elisamara Raposo e Estella Rosseto, pela amizade, carinho, companheirismo e pela grande ajuda nas análises laboratoriais.

Aos estagiários Gustavo Madalena (Balango), Jéssica, Rafael, Deybiane, Rafaela, Paola, Carlos Eduardo (Mutilado), Henrique (Zé Conde), Guilherme (Arrocha), Maria Alice, Marcus, Bruno, Amanda, Daiana, Verônica e demais estagiários pela amizade e ajuda imprescindível na condução do experimento. Sem vocês tudo ficaria mais difícil.

Aos amigos e companheiros de trabalho do setor de forragicultura: Wilton, Nomaiací, Leandro, Nailson, Victor, Greg, Abmael, Naomi, Eliane, Serena, Thaís, Thalis e Bruninha, pela amizade, companheirismo, momentos de descontração e pelas dúvidas experimentais que foram discutidas e sanadas.

Aos funcionários do setor de Forragicultura e Pastagens, Sr. Zé, Turquinho e Silas, pela ajuda e amizade.

Aos funcionários da Fazenda da Universidade, pela ajuda nas coletas de raízes, conversas alegres e ensinamentos.

Às funcionárias da seção de pós-graduação por sempre estarem dispostas a ajudar e pela paciência.

À FAPESP, pela concessão da bolsa de estudos no Brasil e no Exterior.

**MUITO OBRIGADA**

## SUMÁRIO

RESUMO..... iv
SUMMARY..... vi
**CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**..... 01
1. INTRODUÇÃO..... 01
2. REVISÃO DE LITERATURA..... 02
2.1. Manejo de pastagem ..... 02
2.2. Ciclagem de nutrientes e decomposição da serrapilheira. ..... 04
2.3. Enzimas no solo ..... 06
2.4. Raízes e compostos de reserva..... 09
2.5. Emissão de dióxido de carbono pelo solo ..... 10
3. OBJETIVOS ..... 14
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 14

**CAPÍTULO 2 – DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS À INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA** ..... 23
RESUMO..... 23
1. INTRODUÇÃO..... 24
2. MATERIAL E MÉTODOS..... 25
2.1. Localização e Período experimental..... 25
2.2. Condições Climáticas..... 25
2.3. Descrição do solo da área experimental e análise de solo..... 27
2.3.1. Adubação ..... 27
2.4. Descrição da área experimental e tratamentos ..... 27
2.5. Monitoramento das condições experimentais ..... 28
2.6. Decomposição da serrapilheira ..... 30
2.7. Análise estatística..... 32
3. RESULTADOS..... 32
4. DISCUSSÃO..... 39
5. CONCLUSÕES..... 44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 44

**CAPÍTULO 3 –ATIVIDADE ENZIMÁTICA E EMISSÃO DE CO2 DO SOLO DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS À INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA**..... 50
RESUMO..... 50
1. INTRODUÇÃO..... 51
2. MATERIAL E MÉTODOS..... 52
2.1. Localização e Período experimental..... 52
2.2. Condições Climáticas..... 52
2.3. Descrição, características físicas e análise química do solo da área experimental..... 54
2.4. Adubação ..... 54
2.5. Descrição da área experimental e tratamentos ..... 55
2.6. Monitoramento das condições experimentais ..... 56
2.7. Características avaliadas ..... 58
2.7.1. Atividades enzimáticas ..... 58
2.7.1.1. Atividade das Deseidrogenases ..... 58
2.7.1.2. Atividade das Proteases..... ..... 59
2.7.1.3. Atividade das Arilsulfatases..... 59
2.7.1.4. Atividade das Celulases..... 59
2.7.2. Carbono total no solo..... 59
2.7.3. Emissão de $CO_2$ pelo solo ..... 60
2.8. Análise estatística ..... 61
3. RESULTADOS..... 61
3.1. Atividades enzimáticas ..... 62
3.2. Emissão de $CO_2$ pelo solo ..... 67
4. DISCUSSÃO..... 69
5. CONCLUSÕES..... 76
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 77

**CAPÍTULO 4 – COMPOSTOS DE RESERVA DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS À INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO ONTÍNUA**..... 83
RESUMO..... 83
1. INTRODUÇÃO..... 84
2. MATERIAL E MÉTODOS..... 85
2.1. Localização e Período experimental..... 85
2.2. Condições Climáticas..... 86
2.3. Descrição do solo da área experimental..... 87

2.3.1. Adubação ..... 88
2.4. Descrição da área experimental e tratamentos ..... 88
2.5. Monitoramento das condições experimentais ..... 89
2.6. Teores de compostos de reserva ..... 91
2.6.1. Massa seca de raízes e parte aérea ..... 91
2.6.2. Determinação dos compostos nitrogenados e carboidratos..... 93
2.6.2.1. Carboidratos totais não estruturais..... ..... 93
2.6.2.2. Nitrogênio total..... 94
2.6.2.3. Nitrogênio em aminoácidos..... 94
2.7. Análise estatística..... 95
3. RESULTADOS..... 95
4. DISCUSSÃO..... 100
5. CONCLUSÕES..... 106
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 106

**ALTURAS DE MANEJO DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU NA INTERFACE SOLO-PLANTA**

**RESUMO** - Objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos do manejo, definido pelas alturas de pastejo, sobre a decomposição da serrapilhiera, atividades enzimáticas e emissão de $CO_2$ do solo e compostos de reservas das plantas de pastos de capim-marandu sob lotação contínua. O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. A área experimental foi constituída de 20 hectares de pastagem de capim-marandu e dividida em doze piquetes com áreas que variaram de 0,7 a 1,3 hectares. Os tratamentos foram três alturas do dossel (15, 25 e 35 cm) com quatro repetições cada e o método de pastejo utilizado foi o contínuo com lotação variável, durante o ano de 2011. A avaliação da decomposição da serrapilheira seguiu a técnica de sacos de “nylon” e um modelo exponencial simples foi utilizado, por meio do PROC nlin do SAS. Os teores de MO, C e C/N diminuiram ao longo dos tempos de incubação e os teores de N, lignina, P aumentaram. As alturas de pastejo não influenciam a decomposição da serrapilheira. Os dados relativos às atividades enzimáticas, $CO_2$ e compostos de reservas foram analisados em um delineamento inteiramente casualisado com medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED do SAS. As intensidades de pastejo não afetaram nenhuma atividade enzimática estudada (desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase). Houve efeito significativo ($P<0,05$) somente das estações do ano na atividade dessas enzimas. As estação do ano também influenciaram significativamente ($P<0,05$) as emissões de $CO_2$ do solo, sendo estas emissões maiores no verão e na primavera, e menores no outono e no inverno. Os carboidratos totais não estruturais da parte aérea (CTNE.PA) não foram influenciados pelos fatores estudados. Já nas raizes, os menores valores observados ocorreram no verão, e os maiores no inverno. O nitrogênio total e o nitrogênio em aminoácidos na parte aérea (NTPA e NaaPA) foram descrescentes nas alturas de pastejo, sendo que os maiores valores foram observados no verão e na primavera. Os compostos de reservas das plantas são afetados pelas variações nas condições climáticas refletidas pelas estações do ano. Pastos de capim-marandu manejados à 15 cm de altura não

evidenciaram condição drástica de manejo uma vez que não afeta o desenvolvimento do sistema radicular e os compostos de reservas das plantas.

**Palavras-chave:** Altura de pastejo, *Brachiaria brizantha,* ciclagem de nutrientes, enzimas do solo, compostos de reservas.

## MANAGEMENT HEIGHTS OF PALISADEGRASS PASTURES IN SOIL-PLANT INTERFACE

**ABSTRACT-** The objective of this study was to evaluate the effects of management, defined by grazing heights, on litter decomposition, enzyme activities and $CO_2$ from soil and reserves compounds in plants of palisadegrass swards under continuous stocking. The experiment was conducted at the Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP. The experimental area consisted of 20 hectares of palisadegrass and divided into 12 paddocks with areas ranging from 0,7 to 1,3 hectares. The treatments included three sward heights (15, 25 and 35 cm) with four replications and grazing method was a continuous variable stocking, during the year 2011. The bag technique was followed to analyze the litter decomposition, and a simple exponential model was used, using PROC NLIN in SAS. The content of organic matter, carbon and carbon/nitrogen ratio decreased over the incubation time and the concentrations of nitrogen, lignin, phosphorus increased. The grazing intensities not influence the litter decomposition. Data on enzymes, $CO_2$ emissions and reserves compounds were analyzed in a completely randomized design with repeated measures using the MIXED procedure of SAS. Grazing intensities did not affect any of the studied enzyme activities (dehydrogenase, protease, cellulase and arylsulfatase). Significant effects ($P<0,05$) only of the seasons in the activity of these enzymes. The season also significantly influenced ($P<0,05$) $CO_2$ emissions from the soil, and these higher emissions was in the summer and spring, and lowest in the fall and winter. Total nonstructural carbohydrates shoot were not influenced by any factor studied. In the roots, the lowest values were observed in summer and higher in winter. The total nitrogen and amino acid nitrogen in the shoots were descending the grazing heights, whereas the highest values were found in summer and spring. Compounds reserves in plants are highly affected by variation in climatic conditions reflected by the seasons. Palisadegrass managed with 15 cm did not show a drastic condition management since it does not affect the root development and plant compounds reserves.

**Keywords:** *Brachiaria brizantha*, compounds reserves, soil enzymes, grazing heights, nutrients cycling.

# CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

## 1. INTRODUÇÃO

As pastagens são consideradas fontes de nutrientes de menor custo na produção de ruminantes. Com a crescente demanda por alimentos, tem se buscado maximizar a produtividade dos pastos, suporte básico para a produção de alimentos de origem animal. Para se atingir maior rendimento dos pastos e elevado desempenho animal é importante o manejo eficiente das pastagens, com o intuito de melhorar a produção, utilização e manter a estabilidade dos pastos ao longo do tempo. Torna-se fundamental, portanto, o conhecimento da planta forrageira, da morfologia, fisiologia e, principalmente, a interação com o meio ambiente, pois a capacidade de produção de um pasto está intrinsecamente ligada às condições ambientais prevalecentes na área, e às práticas de manejo adotadas.

No manejo da pastagem é preciso observar as relações das interfaces solo-planta-animal, a fim de alcançar a eficiência do uso da forragem sem comprometer a produtividade. Deve-se também levar em consideração a parte subterrânea dos pastos, pois o sistema radicular é a base que sustenta a planta, além de ser responsável por acumular reservas orgânicas, absorver água e nutrientes. Corsi et al. (2001) afirmaram a importância em aprofundar os conhecimentos relativos à complexa interface solo-raiz-parte aérea, no sentido de melhor entender os efeitos de alterações no manejo da pastagem sobre os processos de absorção de nutrientes pelas raízes e subsequente metabolismo destes nutrientes e de reservas fisiológicas na interface raiz-parte aérea.

O manejo da pastagem envolve atividades exercidas pelo homem que podem alterar a dinâmica do ecossistema. Dentres essas atividades, destacam-se o ajuste da lotação animal e oferta de forragem, método de pastejo, adubação, irrigação, diversificação das espécies, entre outros. O ajuste da lotação animal e da oferta de forragem pode ser considerado como uma das principais ferramentas no manejo da pastagem e alteram significativamente a proporção de nutrientes que retornam ao solo.

A maior parte dos estudos realizados com pastagem, normalmente, comparam diferentes ecossistemas, mas são escassos os trabalhos que avaliam diferentes manejos do pasto associados à dinâmica da ciclagem de nutrientes, atividades enzimáticas no solo, estoque de carbono e nitrogênio entre outros atributos do sistema.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Manejo de pastagem

A pecuária brasileira tem como base a utilização de pastagens, que são fontes de nutrientes para produção de ruminantes com custo reduzido. Com a crescente demanda por alimentos, tem se buscado melhorar a produção dos pastos, suporte básico para a produção de alimentos de origem animal. Para se atingir maior produção dos pastos e elevado desempenho animal é importante o manejo eficiente das pastagens, com o intuito de melhorar sua produção, utilização e manter a estabilidade ao longo do tempo.

As gramíneas do gênero *Brachiaria* contém cerca de 100 espécies distribuídas por toda zona tropical do planeta que crescem em habitat variado, como várzeas e bosques sombreados até semi-desertos, sendo a maioria das espécies encontradas nas savanas africanas (RENVOIZE et al., 1996). No Brasil, essas gramíneas são utilizadas desde a década de 50, com acentuada expansão nas áreas de Cerrado nas décadas de 70 e 80 (ZIMMER et al., 1998).

Segundo Nunes et al. (1985), a espécie *Brachiaria brizantha* é originária da África tropical e encontrada em Madagascar, Sri Lanka, Austrália, Suriname e Brasil e possui características como hábito de crescimento cespitoso; colmos iniciais prostrados, mas com produção de perfilhos eretos; bainhas pilosas; lâminas foliares linear-lanceoladas, pilosas na face ventral e glabras na fase dorsal; inflorescência na forma de espiguetas e colmos floríferos eretos, frequentemente com perfilhamento nos nós superiores e proliferação de inflorescências sob regime de corte ou pastejo. Além disso, os principais atributos dessa espécie são: alta resposta à aplicação de fertilizantes, capacidade de cobertura do solo e alta produção de raízes e sementes.

Por outro lado, possui baixa adaptação a solos mal drenados, moderada resistência à seca e necessidade de solos medianamente férteis para persistência à longo prazo (VALLE,1996). A *Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) cv. Marandu foi trazida pela primeira vez ao País em 1967 e cultivada por vários anos no Estado de São Paulo, de onde foi distribuída para outras regiões (NUNES et al., 1985). Em 1977 essa gramínea foi incluída no processo de avaliação de plantas forrageiras da EMBRAPA, sendo testada em condições climáticas variadas e, em 1984 foi lançada a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Independente da espécie utilizada, o controle da desfolhação é fator determinante da sustentabilidade do ecossistema, principalmente por se tratar de um evento de caráter antagônico, ou seja, a planta utiliza as folhas para captar luz e realizar a fotossíntese, produzindo carboidratos, que permitem a manutenção da vida e o desenvolvimento. Por outro lado, esse mesmo componente morfológico, a folha, é a fração da planta forrageira que compõe a maior parte da dieta de animais em pastejo (RUGGIERI et al., 2008). Portanto, há necessidade de encontrar soluções de manejo que favoreçam tanto a planta forrageira quanto o animal em pastejo, permitindo alta produtividade de forragem, aliada a um elevado desempenho animal.

A altura do dossel é uma variável de fácil mensuração e que permite a estimativa da quantidade de forragem presente em determinada área. Segundo Hodgson (1990), é uma das medidas que fornece melhor indicação da produção de forragem e desempenho do animal. Assim, a altura é uma ferramenta considerada satisfatória em avaliação de pastagens. Segundo Loomis & Williams (1969), a arquitetura do dossel afeta tanto a distribuição de luz dentro da população de plantas como a circulação de ar, e isso altera os processos de transferência de $CO_2$ e evapotranspiração. Completando essa informação, Haynes (1980) afirmou que a característica mais importante que determina a habilidade do dossel de competir por luz é a altura. Pequenas diferenças em altura do pasto podem resultar em expressivos efeitos na competição por luz, pois essas diferenças são suficientes para uma folha se sobrepor à outra. Pesquisas foram desenvolvidas com o capim-marandu sob lotação contínua com diferentes alturas de manejo por diversos autores (LUPINACCI, 2002; ANDRADE, 2004;

CASAGRANDE, 2010, AZENHA, 2010, VIEIRA, 2011) e, nesses trabalhos adotou-se o método de manejo no qual a taxa de lotação fosse variável como forma de permitir o controle e a manutenção das condições e metas de altura de pasto pré-determinadas.

Partindo dessa premissa, Casagrande et al. (2011), em capim-marandu, mostraram que para a manutenção das alturas de 15, 25 e 35 cm foram necessárias taxas de lotação equivalentes a 10,8; 8,0; e 6,0 unidade animal por hectare (UA $ha^{-1}$), respectivamente, sendo essas taxas a média do período das chuvas (janeiro a abril de 2008). Como resultado das diferentes taxas de lotação empregadas, a frequência de desfolhação de perfilhos e folhas individuais variaram, de forma que em pastos mantidos mais baixos por meio do uso de uma maior taxa de lotação foram registradas maiores frequências de desfolhação de perfilhos individuais (AZENHA,2010). Adicionalmente, os pastos mantidos a 15 cm foram aqueles que possibilitaram menor desempenho animal (0,511 kg $animal^{-1}$ $dia^{-1}$), quando comparado aos pastos mantidos a 25 e 35 cm, com ganhos de 0,608 e 0,713 kg $animal^{-1}dia^{-1}$, respectivamente (CASAGRANDE, 2010).

### 2.2. Ciclagem de nutrientes e decomposição da serrapilheira

A ciclagem de nutrientes pode ser definida como a dinâmica dos diferentes elementos entre os distintos compartimentos da pastagem. Nesta dinâmica, incluem-se os processos de entradas (fixação de nitrogênio, adubação, suplementação animal), saídas de nutrientes (volatilização, percolação, imobilização) e transformações internas (DUBEUX JR. et al., 2007).

O manejo da pastagem envolve atividades exercidas pelo homem que podem alterar a dinâmica do ecossistema. Dentres essas atividades, destacam-se o ajuste da lotação animal e pressão de pastejo, método de pastejo, adubação, irrigação, diversificação das espécies e uso do fogo (SOLLENBERGER et al., 2002).

Segundo Thomas (1992), o aumento da lotação animal sem o correspondente aumento da massa de forragem leva ao aumento da pressão de pastejo. Este aumento altera a proporção de nutrientes retornados ao solo pelas duas vias de retorno de

nutrientes na pastagem: excreta e serrapilheira. Com o aumento da pressão de pastejo, maior proporção dos nutrientes é retornada via excreta animal. Por outro lado, baixa pressão de pastejo proporciona maior retorno de nutrientes via deposição da serrapilheira (BODDEY et al., 2004). Os nutrientes retornados ao solo por meio da deposição de serrapilheira são usualmente menos disponíveis que os nutrientes retornados via excreta, por outro lado, a distribuição espacial da serrapilheira é mais uniforme (DUBEUX JR. et al., 2007). O retorno de nutrientes via excreta animal, por sua vez, leva a maiores perdas, além de usualmente serem menos uniformemente distribuídos.

A altura do pasto, que é influenciada pela oferta de forragem, pode afetar a massa e a deposição da serrapilheira. Liu et al. (2011a) avaliaram o efeito da altura pós-pastejo (8,16 e 24 cm) sobre variáveis relacionadas à serrapilheira em pastagem de capim-bermuda Tifton 85 (*Cynodon* spp.). Os autores observaram que o aumento da altura de resíduo pós-pastejo resultou no aumento da massa e taxa de deposição de serrapilheira, mas não observaram efeito da altura de resíduo pós-pastejo sobre a decomposição da serrapilheira (LIU et al., 2011b). O método de pastejo também pode afetar a dinâmica de ciclagem de nutrientes na pastagem, pois interferem em processos como o crescimento e composição química da forragem, além de afetarem a distribuição espacial de nutrientes na pastagem (DUBEUX JR., 2005). No pastejo em lotação intermitente, que são considerados de curta duração, ocorre distribuição mais uniforme das fezes bovinas na pastagem, quando comparado com o de lotação contínua, com períodos de pastejo mais prolongados.

O acúmulo de serrapilheira na superfície do solo é regulado pela quantidade de material depositado, oriundo da parte aérea das plantas, e pela taxa de decomposição (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Dessa forma, quanto maior a quantidade de material depositado sobre o solo e menor a velocidade de decomposição, maior será a camada de serrapilheira. A velocidade de decomposição dos materiais adicionados ao solo depende do tipo do material, idade do tecido da planta depositada, tamanho da partícula, teor de nutrientes, umidade, temperatura, aeração e pH do solo, além da comunidade de decompositores presentes no solo.

Segundo Wagner & Wolf (1999), os resíduos orgânicos são compreendidos por complexo de polímeros tais como celulose e lignina, sendo a decomposição desses resíduos multifásica (fase rápida, intermediária e lenta). Dado este fato, pesquisadores desenvolveram modelos matemáticos com intuito de descrever o padrão de resposta da degradação da matéria orgânica (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Os modelos de decomposição mais simples se baseiam no padrão de perda exponencial de primeira ordem como: $A = Ao\ e^{-kt}$, onde A= quantidade de substrato remanescente, t = o tempo e o k = a constante de decomposição do resíduo (BERNDT, 2008). A constante de deposição poderá ser maior ou menor de acordo com a qualidade do resíduo. De acordo com Dubeux Jr. et al. (2007), a quantidade e a qualidade do resíduo são extremamente importantes na regulação da ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens por fornecer nutrientes às plantas durante a época de crescimento.

### 2.3. Enzimas no solo

A biomassa microbiana do solo é a fração viva da matéria orgânica, sendo assim responsável por processos bioquímicos e biológicos no solo e, por conseguinte, sensivelmente influenciada pelas condições impostas pelo meio (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Os microrganismos são sistemas químicos autônomos capazes de autopropagação e de converter uma forma de energia para outra, através de reações do metabolismo. Esses microrganismos ocupam em torno de 0,5% no espaço poroso do solo, porém essa porcentagem aumenta significativamente em solo rizosférico. No solo não rizosférico, a maioria dos organismos se encontram mortos ou em dormência devido à ausência de ingredientes necessários no metabolismo, substratos orgânicos e ambiente químico-físicos favorável. Por isso, a incorporação da matéria orgânica e dos nutrientes favorece o aumento dos microrganismos heterotróficos (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Esses autores afirmaram que, no solo, a maior atividade biológica se encontra na camada 0-10 cm, pois é onde ocorre maior acúmulo de matéria orgânica pela deposição do material vegetal da parte aérea, além do efeito das raízes.

A decomposição de compostos orgânicos pela microbiota é mediada pela atividade de enzimas. Segundo Fernández et al. (2008), os microrganismos são a principal fonte de enzimas do solo, devido a sua grande biomassa, alta atividade metabólica e curto período de vida, que os permite liberar quantidades relativamente maiores do que as que as plantas e animais são capazes de produzir. Portanto, nos diversos ecossistemas terrestres, o crescimento, a produtividade e o balanço de nutrientes dependem, principalmente, da composição da microbiota do solo e da atividade microbiana (SALAZAR et al., 2011).

As enzimas são classificadas de acordo com certas características funcionais em relação ao local de atividade e posição de ataque ao substrato. Quanto ao primeiro critério, elas podem ser intra ou extracelulares. As enzimas intracelulares catalisam reações que ocorrem dentro das células, mas muitas podem ser liberadas após a lise celular e exercer atividades extracelulares, enquanto outras são programadas para serem liberadas e atuarem no exterior da célula e degradarem substratos estruturalmente muito grandes para serem transportados dentro da membrana celular e metabolizados (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

De acordo com Melo et al. (2010), as enzimas atuam sobre substratos específicos e são classificadas em quatro grupos: oxiredutases, transferases, hidrolases e liases, sendo os dois primeiros citados os mais estudados. Dentro do grupo das oxiredutases, a desidrogenase tem recebido maior atenção pois são encontradas em células vivas, não se acumulando extracelularmente no solo, podendo ser um indicativo da atividade oxidativa total da microbiota do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). O aumento da atividade das desidrogenases durante as diferentes estações do ano tem sido relacionado ao aumento da umidade do solo e ao crescimento da população microbiana (RALTE et al., 2005).

No grupo das hidrolases, encontram-se enzimas conhecidas por atuarem no ciclo de nutrientes. Um exemplo são as proteases, que constituem um grupo de enzimas responsáveis por catalizar a hidrólise de proteínas à polipeptídeos, e oligopeptídeos à aminoácidos. A maior parte do nitrogênio (N) no solo encontra-se em formas orgânicas, pouco disponíveis às plantas, e o primeiro passo na mineralização do N-protéico no

solo envolve a hidrólise, catalisada por essa enzima. As proteases catalisam a hidrólise da ligação peptídica com liberação dos aminoácidos constituintes da cadeia polipeptídica (MELO et al., 2008). Os aminoácidos oriundos da hidrólise das proteínas são, em seguida, desaminados, com a produção de $NH_4^+$, que é passível de absorção ou nitrificação. Segundo Alef & Nannipieri (1995), atividade dessas enzimas foi detectada em plantas, animais e microrganismos, mas pelo alto peso da molécula de proteína, o primeiro passo da degradação proteica ocorre extracelularmente. Estes mesmos autores observaram que a protease pode ser encontrada nas células vivas, mortas, de forma livre no solo ou ser adsorvida a partículas orgânicas, inorgânicas ou organominerais do solo.

A celulase é outro exemplo de enzima pertencente ao grupo das hidrolases. Esta enzima catalisa a hidrólise da celulose, carboidrato não redutor, a celobiose e glicose, carboidratos redutores (MELO et al., 2008). Marchiori Júnior e Melo (1999) avaliaram a atividade da celulase em amostras de solo caracterizado como Terra Roxa Estruturada sob mata natural, em áreas sob pastagem por 20 anos, pastagem por 25 anos e sob cultivo do algodoeiro por 10 anos, obtidas no verão nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Os autores observaram que a enzima celulase em pastagem existente a 25 anos apresentou atividades 47 e 74% maiores em comparação à mata natural nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, respectivamente, sugerindo entrada de substrato enriquecido em celulose no agrossistema, causando síntese de novas moléculas de celulase. Os autores concluíram que a atividade da celulase foi semelhante em solo sob mata natural e pastagens existentes por 20 e 25 anos e que se correlacionou positivamente nas três profundidades.

A arilsulfatase é outro tipo de enzima encontrada no solo. Esse grupo de enzimas pertence à classe das hidrolases que catalisam a hidrólise extracelular da ligação éster de sulfato ligado ao radical arila (MELO et al., 2008). Segundo Al-Khafaji e Tabatabai (1979) estas enzimas atuam na ciclagem do enxofre no solo por meio dos processos de mineralização liberando sulfato, que é a forma com que o enxofre é assimilado pelas plantas. Pinto & Nahas (2002), estudando a atividade e população microbiana e o envolvimento nas transformações do enxofre em solos com diferentes

tipos de vegetação, encontraram correlação significativa entre a atividade da arilsulfatase e o teor de S-orgânico e S-total.

### 2.4. Raízes e compostos de reservas

O papel das raízes como um dreno de assimilados e sua interação com o suprimento de carbono de toda a planta enfatiza as limitações da análise de crescimento do pasto por meio das taxas de troca de $CO_2$ ou medições do crescimento apenas da parte aérea (LEMAIRE & CHAPMAN, 1996). A absorção de água e nutrientes é dependente do contínuo crescimento do sistema radicular, uma vez que a principal área de absorção corresponde às regiões recém-formadas ou mais jovens das raízes (HOPKINS, 1995). Sendo assim, a rebrotação depende não somente da recuperação da área foliar, mas também do crescimento do sistema radicular.

De acordo com Corsi et al. (2001), a perda de parte do sistema radicular imediatamente após a desfolhação é inevitável, e a redução na massa radicular imediatamente após a desfolhação parece ser estratégia fisiológica da planta forrageira que busca proporcionar rápida recuperação da parte aérea (rápida retomada do processo fotossintético) e conseqüente equilíbrio positivo de carbono na planta, através da diminuição da demanda de carbono pelo sistema radicular (RICHARDS, 1993).

Segundo Sheard (1973), reservas orgânicas são compostos constituídos por carbono e nitrogênio, elaborados e armazenados pela planta em órgãos permanentes, principalmente aqueles remanescentes à desfolhação (raízes, rizomas, estolões ou base do colmo) usados como substrato nos processos de manutenção durante períodos de estresse e formação de novos tecidos na recuperação após desfolhação. Cerca de 90% do peso seco das plantas é constituído por compostos oriundos da fixação do $CO_2$ atmosférico e transformação em carboidratos (CHOs) solúveis que são utilizados como fonte de energia na síntese de tecidos e também distribuídos às diversas partes da planta (PEDREIRA et al., 2001).

Segundo Moore & Hatfield (1994), os carboidratos se constituem na mais abundante classe de compostos encontrada em plantas, perfazendo entre 50 e 80% da

matéria seca das espécies forrageiras. Esses compostos desempenham funções associadas a diversos processos metabólicos, transferência e armazenamento de energia e, quantitativamente, são os principais componentes da parede celular das plantas. Eles podem ser classificados em dois grupos: (1) carboidratos estruturais, responsáveis pela delimitação celular (membranas) e sustentação das plantas, e (2) carboidratos não estruturais, que são os monossacarídeos (glicose e frutose), oligossacarídeos (sacarose, e maltose) e polissacarídeos (amido e frutosanas) , que atuam em processos bioquímicos diversos, compreendendo a fração de carboidratos que é armazenada em estruturas de reserva (MCILROY, 1967).

A amplitude de valores encontrada nos teores de carboidratos não estruturais em gramíneas forrageiras provenientes de clima temperado é de 60 a 180 g $kg^{-1}$, ao passo que em gramíneas tropicais este valor varia de 10 e 140 g $kg^{-1}$ (MOORE & HATFIELD, 1994; CARVALHO et al., 2001).

## 2.5. Emissão de dióxido de carbono pelo solo

A conversão de áreas de vegetação nativa para expansão agropecuária é responsável por proporção significativa das emissões totais de gases efeito estufa de origem antrópica no Brasil. De acordo com as estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil (MCT, 2013), as emissões provocadas pelas mudanças do uso da terra entre 1990 e 2010 foram de 811Gg $CO_{2\ Eeq}$ e 269 Tg $CO_{2eq}$, respectivamente.

A emissão de $CO_2$ decorrente do desmatamento envolve grande perda de carbono estocado na parte aérea da vegetação nativa, e a redução no estoque do carbono do solo é quase invariavelmente certa. Considerando a extensão de áreas já disponíveis à agropecuária no Brasil, as estratégias de mitigação incluem a conservação de estoques de carbono na biota e nos solos de áreas de vegetação nativa, a utilização adequada de áreas já desmatadas, a implantação de sistemas agrosilvopastoris, a recuperação e utilização de áreas degradadas e abandonadas. Além de evitar desmatamentos, a recuperação destas áreas promove sequestro de

carbono atmosférico via fotossíntese, onde as plantas capturam $CO_2$ na produção de biomassa, e o aporte de resíduos no solo favorecem o aumento do conteúdo de carbono no mesmo. Em adição, a ciclagem de nutrientes via matéria orgânica do solo é favorecida e também a produção das plantas, podendo-se atingir um novo equilíbrio dentro deste ecossistema (REIS et al., 2012).

No solo, a emissão de $CO_2$ é resultado de uma série de processos físicos e bioquímicos, que afetam a produção deste no interior do solo e o transporte solo-atmosfera. A produção de $CO_2$ é um processo que reflete a atividade biológica e bioquímica do solo, incluindo a atividade microbiana e a respiração de raízes. A quantidade de $CO_2$ emitido varia no tempo e no espaço, dependendo das condições ambientais, características do solo e do manejo adotado. A variação temporal da emissão de $CO_2$ é governada, basicamente, pela variação da temperatura e umidade do solo, como consequência de variações nas condições climáticas locais. A variação espacial, no entanto, depende, não só da variação da temperatura e da umidade do solo, mas de inúmeros outros atributos do solo (físicos, químicos e biológicos) que afetam os processos de produção e transporte de $CO_2$ e também do manejo adotado.

A temperatura do solo afeta todos os processos envolvidos, tanto em nível bioquímico como na escala de ecossistema. Com relação á umidade do solo, em geral, a emissão de $CO_2$ é menor sob condições de baixa umidade, aumentando até um valor máximo em condições intermediárias de umidade, e após este valor, ocorre diminuição em condições de alta umidade, quando então, a condição de anaerobiose prevalece sobre a atividade aeróbica dos microrganismos (LUO & ZHOU, 2006). Raposo (2013), em estudo com capim-xaraés e diferentes resíduos pós-pastejo ao longo do ano de 2011, verificou maiores emissões de $CO_2$ nas épocas chuvosas quando comparado com épocas secas.

Ferreira et al. (2008), estudando a influência de variações ambientais sobre o fluxo de $CO_2$ do solo sob um campo limpo úmido no Cerrado nos anos de 2005 e 2006, também encontraram correlação negativa entre o fluxo de $CO_2$ e a altura do lençol freático nesta área, tendo esta correlação explicado 89% das variações em 2005 e 88% no ano de 2006. A umidade do solo interfere na emissão de $CO_2$ do solo por ocupar os

espaços porosos com água e, assim, dificultar as trocas gasosas (PANOSSO et al., 2008), respiração das raízes e dos microrganismos, afetando o ambiente de decomposição (FERREIRA et al., 2008).

O sequestro de carbono pelas plantas forrageiras, como opção de mitigação de gases de efeito estufa, constitui estratégia eficiente dependendo de manejo adotado. O conteúdo de carbono do solo em áreas de pastagens é diretamente afetado pelo manejo, visto que a massa de raízes e o aporte de resíduos vegetais ao solo podem determinar incremento na matéria orgânica do solo, em detrimento de quanto se perde via respiração do solo.

O uso de variedades de gramíneas cultivadas como as do gênero *Brachiaria*, segundo Boddey et al., (1999) e Thornton & Herrero (2010), são benéficas do ponto de vista de redução na emissão de GEE por unidade de produto produzido visto que, além de permitir aumento no número de animais, quando comparado com pastagens nativas, são capazes de sequestrar carbono atmosférico, incorporando-o ao solo, pela abundância do sistema radicular.

Carvalho et al. (2010) observaram que a conversão de vegetação nativa em pastagem pode causar a remoção de $CO_2$ atmosférico, mas a magnitude da remoção ocorre de maneira diferente, dependendo da fertilidade do solo e uso ou não de insumos. No estudo, os autores verificaram que as pastagens cultivadas não degradadas, mantidas em solos férteis mostraram um acúmulo de carbono (acúmulo de 0,46 Mg C $ha^{-1}$ $ano^{-1}$), enquanto as pastagens implantadas em solos de baixa fertilidade natural perderam carbono, dependendo do estágio de degradação da mesma (perda de 0,15 a 1,53 Mg C $ha^{-1}$ $ano^{-1}$**,** referente a não degradadas e degradadas, respectivamente). Por outro lado, a conversão destas pastagens não degradadas em agricultura (soja ou sorgo) promoveram a liberação, em média, de 1,44 Mg C $ha^{-1}ano^{-1}$ para a atmosfera. Ainda no mesmo estudo, verifica-se que o sistema de integração lavoura-pecuária, entretanto, promoveu o sequestro de C atmosférico, com taxa de acúmulo variando de 0,82 a 2,58 Mg $ha^{-1}$ $ano^{-1}$, sendo a quantidade acumulada dependente do tipo de cultura, condições climáticas, e tempo em que a área já está inserida no sistema.

Segundo Soussana et al. (2010), o sequestro de carbono em áreas de pastagens tem forte potencial de mitigação parcial do balanço de gases de efeito estufa nos sistemas de produção de animais ruminantes. Entretanto, como o sequestro de carbono do solo é tanto reversível como vulnerável ao distúrbio, perda de biodiversidade e mudança climática, emissões de $CH_4$ e $N_2O$ do setor pecuário devem ser reduzidas e atual estoque de carbono do solo preservado.

A vulnerabilidade ou persistência do estoque de carbono do solo depende mais dos mecanismos através dos quais a matéria orgânica torna-se acessível ou é estabilizada, do que da classe de compostos orgânicos presentes (SCHMIDT et al., 2011). Deste modo, propriedades do ecossistema, considerando interações entre fatores físicos, químicos e biológicos são determinantes do tempo de residência do carbono no solo.

A respiração do solo, entretanto, não é considerada uma fonte líquida de $CO_2$ para atmosfera, visto que esta emissão é parte do ciclo biológico do carbono, que acontece em pequena escala de tempo, onde $CO_2$ emitido é capturado via fotossíntese (HERRERO et al., 2011). O $CO_2$ incorporando ao tecido vegetal, pode ser consumido pelo animal ou, com o tempo, retorna ao solo via resíduo, e dependendo da condição, volta a ser emitido ou pode ser incorporado à matéria orgânica do solo; diferentemente do que ocorre com o uso de combustíveis fósseis, ou quando áreas são desmatadas para uso agropecuário, onde grande quantidade de carbono é liberada.

## 3. OBJETIVOS

Com base no exposto, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estudar o efeito de diferentes intensidades de pastejo nos pastos de capim-marandu manejados sob lotação contínua sobre variáveis do solo e da planta.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEF,K. and NANNIPIERI,P. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, New York, 1995.

AL-KHAFAJI, A. A. & TABATABAI, M. A. Effects of trace elements on arylsulfatase activity in soils.**Soil Science,** v. 127, p. 129-133, 1979.

ANDRADE, F.M.E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim- Marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte**. Piracicaba, 125p. (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2004.

AZENHA, M.V. **Morfogênese e dinâmica do perfilhamento do capim-marandu submetido à alturas de pastejo em lotação contínua com e sem suplementação.** Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - UNESP, 2010. 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2010.

BERNDT, W.L. Double Exponential Model Describes Decay of Hybrid Bermuda grass Thatch.**Crop Science**, v.48, p,2437-2446,2008.

BARTHRAM, G. T. Sward structure and the depth of the grazed horizon.**Grass and Forage Science**, v. 36, p. 130-131, 1981.

BODDEY, R. B.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Potencial para acumulação e seqüestro de carbono em pastagens de Brachiaria. In: MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA, Campinas, SP. **Memória doworkshop**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. p. 27 (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 4), 1999.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRE, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. De P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Nitrogen clycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. ***Agriculture, Ecosystems & Environmental***, v. 103, p. 389-403, 2004.

CARVALHO, C.A.B.; DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F.; FAGUNDES, J.L.;CARNEVALLI, R.A.; PINTO, L.F.M.; PEDREIRA, C.G.S. Carboidratos nãoestruturais e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotaçãocontínua. **Scientia Agricola**, v.58, n.4, p.667-674, 2001.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; WRUCK, F. J.; CERRI, C. C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 110, p. 175-186, 2010.

CASAGRANDE, D.R. Suplementação de novilhas de corte em pastagem de capim-marandu submetidas à intensidades de pastejo sob lotação contínua.Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - UNESP, 2010. 133p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2010.

CASAGRANDE, D.R. AZENHA, M.V. VALENTE, A.L.S. VIEIRA, B.R. MORETTI,.M.RUGGIERI, A.C. BERCHIELLI,T.T. REIS, R.A Canopy characteristics and behavior of Nellore heifers in *Brachiariabrizantha*pastures under different grazing heights at a continuous stockingrate. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.11, p.1-8, 2011.

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G. B.; PAGOTTO, D. S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.) **A produção animal na**

**visão dos brasileiros**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. p.838-852. 2001.

DUBEUX JR., J.C.B. Management strategies to improve nutrient cycling in grazed Pensacola bahiagrass pastures. 185 p. Ph D. Dissertation. University of Florida, Agronomy Departament, 2005.

DUBEUX JR.; SOLLEMBERGER, L.E.; MATHEWS, B.W. et al. Nutrient cycling in warm-climate grasslands.**Crop Science**, v. 47, p.915-928, 2007.

FERNÁNDEZ, M. T. H.; IZQUIERDO, C. G.; STAMFORD, N. P.; MORENO, M. C. M. Enzimas que actúan em la materia orgánica del suelo. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. (Ed.). **Microorganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura.** Guaíba: Agrolivros, p. 351-375, 2008.

FERREIRA, E. A. B. MEIRELLES, M. L.; FRANCO, A. C.; SANTOS, J. L. M. Influências de variações ambientais sobre o fluxo de CO2 em solos sob Campo Limpo Úmido no Cerrado. In: Simpósio Internacional de Savanas Tropicais II e Simpósio Nacional do Cerrado. Brasília, 2008. **Anais...** Brasília, 2008.

HAYNES, R.J. Competitive aspects of the grass legume association.**Advances in Agronomy**, v.15, p.1-117, 1980.

HERRERO, M. ; GERBER, P.; VELLINGA, T.; GARNETT, T.; LEIP, A.; OPIO, C.; WESTHOEK, H. J.; THORNTON, P. K.; OLESEN, J.; HUTCHINGS, N.; MONTGOMERY, H.; SOUSSANA, J.F.; STEINFELD, H.; MCALLISTER, T. A. Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. Animal Feed Science and Technology.p. 779– 782, 2011.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice.**Ed. Longman Scientific & Technical. 203p. 1990.

HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. Toronto: John Wiley & Sons, INC, 646p. 1995.

LEMAIRE, G. & CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J., ILLIUS, A. W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems.** Wallingford: CAB International. p.3-36, 1996.

LIU, K.; SOLLENBERGER,L.E.; SILVEIRA, M. L.; VENDRAMINI, J. M.B.; NEWMAN, Y.C. Grazing intensity and nitrogen fertilization affect litter responses in Tifton 85 bermudagrass pastures: I. Mass, deposition rate, and chemical composition. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 156-162, 2011a.

LIU, K.; SOLLENBERGER,L.E.; SILVEIRA, M. L.; VENDRAMINI, J. M.B.; NEWMAN, Y.C. Grazing intensity and nitrogen fertilization affect litter responses in Tifton 85 bermudagrass pastures: II. Decomposition and nutrient mineralization.**Agronomy Journal**, v. 103, p. 163-168, 2011b.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: ESATIN, J. D; HASKINS, F. A.; SULLIVAN, C.Y. et al. (Ed.) **Physiological aspects of crop yield.** Madison: ASA, CSSA, SSA, p.27-47, 1969.

LUO, Y.; ZHOU, X. Soil Respiration and the Environment.Chapter 5 – Controlling Factors. p 79-105. 2006.

LUPINACCI, A. V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em Brachiaria brizantha cv. Marandu. submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte**. 2002. 160p. Dissertação (Mestrado na área de Ciência

Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MARCHIORI JÚNIOR, M. & MELO, W. J.Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v. 23, p. 257-263, 1999.

McILROY, R.J. Carbohydrates of grassland herbage.**Herbage Abstracts**, v. 37, n. 2, p.79-87, 1967.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa Brasília: MCT. 2013.

MELO, W. J.; MELO, G. M. P.; MELO, V. P. Enzimas no solo. In: FERTBIO, 2008, Londrina, PR. Mini curso. AL-KHAFAJI, A.A. & TABATABAI, M.A. Effects of trace elements on arylsulfatase activity in soils.**Soil Science.** v. 127, p. 129- 133, 1979. FERTBIO, 2008.

MELO, W. J.; MELO, G. M. P.; ARAÚJO, A. S. F.; MELO, V. P. Avaliação da atividade enzimática em amostras de solo. In: FIGUEIREDO et al. (Eds) **Biotecnologia aplicada à agricultura.** Brasília, EMBRAPA. Informação tecnológica, Recife, Instituto Agronômico de Pernambuco, p. 158-187, 2010.

MOORE, K. J. & HATFIELD, R. D. Carbohydrates and forage quality. In: **Forage quality evaluation and utilization.** Madison: ASA, CSSA, SSSA, p.229-280, 1994.

MOREIRA, F. M. S. SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 729P, 2006.

NUNES, S.G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M.I. de O.; GOMES, D.T. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. 2.ed. Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, 31p. (EMBRAPA CNPGC. Documentos, 21), 1985.

PANOSSO, A. R., PEREIRA, G. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; LA SCALA JÚNIOR, N. Variabilidade espacial da emissão de CO2 em latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo. **EngenhariaAgrícola**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.227-236, 2008.

PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L.; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. 38, *Anais...* Piracicaba: FEALQ, p. 772-807, 2001.

PINTO, C. R. O; NAHAS E. Atividade e população microbiana envolvida nas transformações do enxofre em solos com diferentes vegetações. **PesquisaagropecuáriaBrasileira**, v. 37, n. 12, p. 1751-1756, 2002.

RALTE, V.; PANDEY, H. N.; BARIK, S. K., TRIPATHI, R. S.; PRABHU, SWAPNA, D. Changes in microbial biomass and activity in relation to shifting cultivation and horticultural practices in subtropical in subtropical evergreen forest ecosystem of northeast India. **Acta Oecologica.** Meghalaya, v. 28, n. 2, p. 163-172, 2005.

RAPOSO, E. **Dinâmica de carbono e nitrogênio em pastos de capim-xaraés submetidos a diferentes resíduos pós-pastejo.** 2013. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; OLIVEIRA, A. A.; AZENHA, M. V.; BRITO, L. F. O pasto como mitigador de emissão de gases efeito estufa. In: Anais do XXII Congresso

Brasileiro de Zootecnia. Cuaibá: Universidade Federal de Mato Grosso, v. 1. p. 1-29, 2012.

RENVOIZE, S.A.; CLAYTON, W.D.; KABUYE, C.H.S. **Morphology, taxonomy and natural distribution of *Brachiaria*(Trin.)Griseb**.In: MILES, J.W.; MASS, B.L. (1996);

RICHARDS, J. H. Physiology of plants recovering from defoliation. In: **Grassland for Our World** (ed. BAKER, M.J.), SIR Publishing, Wellington NZ, p.46-54, 1993.

RUGGIERI, A.C.; JANUSCKIEWICS, E. R.; CASAGRANDE, D.R.; REIS, R.A.; MAGALHAES, M. A. Morphological composition of marandu palisade grass pasture managed under different herbage alloawance grazed by dairy cattle in rotational stocking system. In: Joint Annual Animal Science Meeting, 2008, Indianapolis. Joint ADSA-ASAS Annual Meeting, 2008, **Proceedings...**Champaing, ASAS : American Society of Animal Science, v. 86. p. 372, 2008.

SALAZAR, S.; SÁNCHEZ, L. E.; ALVAREZ J.; VALVERDE, A.; GALINDO, P.; IGUAL, J. M.; PEIX, A; SANTA-REGINA, I. Correlation among soil enzyme activities under different forest system management practices. **Ecological Engineering**, v. 37, p. 1123– 1131, 2011.

SCHMIDT, M. W. I.; TORN, M. S.; ABIVEN, S.; DITTMAR, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSENS, I. A.; KLEBER, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; LEHMANN, J.; MANNING, D. A. C.; NANNIPIERI, P.; RASSE, D. P.; WEINER, S.; TRUMBORE, S. E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. Nature, v. 478, p.49-56, october, 2011.

SHEARD, R. W. Organic reserves and plant regrowth. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W.(Ed.). **Chemistry and biochemistry of herbage.** London: Academic Press, cap.25, p. 353-37, 1973.

SOLLENBERGER, L.E.; DUBEUX Jr., J.C.B.; SANTOS, H.Q.; MATHEWS, B.W. Nutrient Cycling in Tropical Pasture Ecosystems.In: REUNIÃO ANNUAL DASOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais de palestras...**Recife: SBZ, p.151-179, 2002.

SOUSSANA, J F.; TALLEC, T.; BLANFORT, V. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. Animal, v. 4, n. 3, p. 334–350, 2010.

THOMAS, R.J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures.*Grass For. Sci*. 47:133-142, 1992.

THORNTON, P. K.; HERRERO, M. Potential for reduced methane and carbon dioxide emissions from livestock and pasture management in the tropics.PNAS, November 16, vol. 107, no.46, p. 19667-19672, 2010.

VALLE, C.B. (Ed.) *Brachiaria:* biology, agronomy and improvement. Cali: CIAT; Campo Grande: EMBRAPA CNPGC, Chap. 1, p. 1-15, 1996.

VIEIRA, B.R. **Manejo do pastejo e suplementação nas águas e seus efeitos em sistemas de terminação na seca**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - UNESP, 2011. 131p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2011.

Wagner, G.H.; Wolf, D.C. Carbon Transformations and Soil Organic Matter Formation. In: *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Editadopor Sylvia, D.M.; Fuhrmann, J.J.; Hartel, P.G.; Zuberer, D.A. NJ, Prentice-Hall, p.218-258, 1999.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M.C.M. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*, 1988. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J.C.; FARIA, V. P.; (eds.). **IV Simpósio Sobre Manejo de Pastagens.** Piracicaba - SP: FEALQ. P. 141 – 183, 1998.

**CAPÍTULO 2 - DECOMPOSIÇÃO DA SERRAPILHEIRA DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS À INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA.**

**RESUMO -** Objetivou-se com este trabalho estudar os efeitos do manejo, definido pelas alturas de pastejo, sobre a decomposição da serrapilhiera de pastos de capim-marandu sob lotação contínua. O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. A área experimental foi constituída de 20 hectares de pastagem de capim-marandu e dividida em doze piquetes com áreas que variaram de 0,7 a 1,3 hectares. Os tratamentos foram três alturas do dossel (15, 25 e 35 cm) com quatro repetições cada e o método de pastejo utilizado foi o contínuo com lotação variável, durante o ano de 2011. A avaliação da decomposição da serrapilheira seguiu a técnica de sacos de "nylon" preenchidos com material correspondente de cada área e colocados sob o solo, cobertos com uma fina camada de serrapilheira.Todos os sacos de nylon foram incubados no dia 23 de janeiro de 2011. Ao final de cada tempo de incubação, os sacos foram coletados, para realização das análises químicas. Foram determinados os teores de matéria orgânica (MO), lignina, nitrogênio (N) e fósforo (P) e carbono (C). Todas as variáveis estudadas ajustaram-se ao modelo polinomial quadrático ($P<0,05$). Os teores de MO, C e C/N diminuiram ao longo dos tempos de incubação e os teores de N, lignina, P aumentaram. As alturas de pastejo em pastos de capim-marandu sob lotação contínua não influenciam a decomposição da serrapilheira. Em média, aos 215 dias de incubação deu-se inicio à maior mineralização da serrapilheira incubada, antingindo-se relação C:N de 20:1.

**Palavras-chave:** Altura de pastejo, *Brachiaria brizantha,* ciclagem de nutrientes.

## 1. INTRODUÇÃO

A serrapilheira é a camada de resíduos orgâncios que se acumula sobre o solo e representa o maior caminho biológico da transferência de elementos da vegetação ao solo (XU e HIRATA, 2002), onde a decomposição e deposição desta durante a estação de crescimento exerce influência continua sob o fornecimento de nutrientes às plantas (DUBEUX JR. et al., 2007).

Os principais fatores que agem na decomposição da serrapilheira são: o clima, a qualidade da serrapilheira e a abundância de organismos decompositores (COÛTEAUX et al., 1995; SMITH e BRADFORD, 2003). A decomposição e a deposição desse material também podem ser influenciadas pela taxa de lotação, alturas de resíduo pós-pastejo, métodos de pastejo entre outras medidas de manejo. O manejo da pastagem afeta a deposição de serrapilheira no solo bem como as vias de retorno de nutrientes ao sistema (SAGHA et al., 2006), e em condições adequadas de oferta e consumo de forragem, a reciclagem de nutrientes, por meio dos resíduos vegetais, pode promover a manutenção de parte substancial dos nutrientes do sistema, favorecendo a produção e a persistência da pastagens (MONTEIRO e WERNER, 1989).

Diferentes intensidades de pastejo afetam as vias de retorno dos nutrientes à pastagem, e segundo Boddey et al. (2004), o aumento da pressão de pastejo ocasiona maior proporção dos nutrientes retornados via excreta animal. Por outro lado, baixa pressão de pastejo leva a um maior retorno de nutrientes via deposição da serrapilheira. Nutrientes retornados ao solo por meio da deposição de serrapilheira são usualmente menos disponíveis que os nutrientes retornados via excreta, por outro lado, a distribuição espacial da serrapilheira é mais uniforme (DUBEUX JR. et al., 2007).

Apesar da compreensão de que fatores ambientais e de manejo da pastagem são determinantes na composição, deposição e decomposição da serrapilheira, e consequentemete na ciclagem de nutrientes, há falta de informações sobre os efeitos de intensidades de pastejo sobre a dinâmica da serrapilheira, principlamente em ambientes tropicais. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do manejo,

definido por alturas de pastejo, sobre a decomposição da serrapilhiera de pastos de capim-marandu sob lotação contínua.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e período experimental

O experimento foi desenvolvido em área do setor de Forragicultura, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, localizada na cidade de Jaboticabal-SP, a 21º15’22’’ de latitude sul e 48º18’58’’ de longitude oeste e 595 m de altitude, durante os períodos de dezembro de 2010 a novembro de 2011.

### 2.2. Condições climáticas

O clima de Jaboticabal, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical, mesotérmico com verão úmido e inverno seco. Os dados meteorológicos obtidos durante a realização deste estudo foram obtidos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas e estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

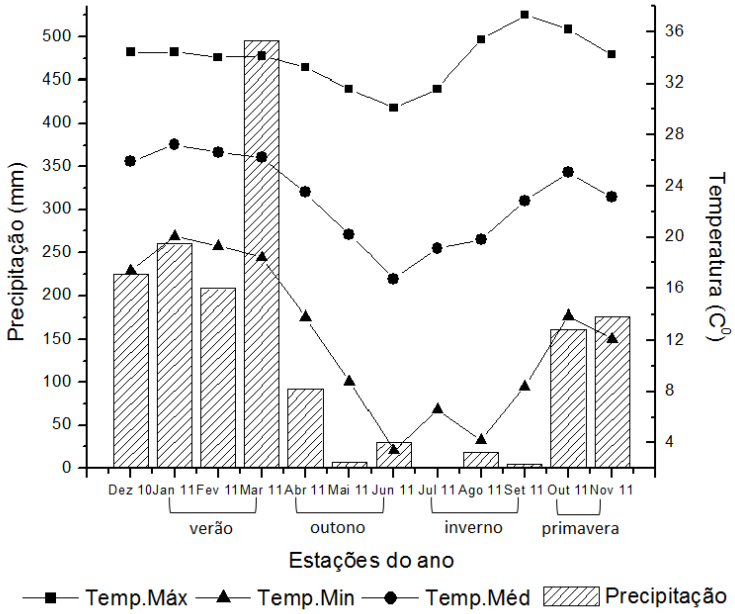


**Figura 1.** Valores acumulados de precipitação, temperaturas máxima, média e mínima (Temp.Max, Temp.Med e Temp.Min) na cidade de Jaboticabal, no período de dezembro de 2010 a novembro de 2011. **Fonte:** Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP.

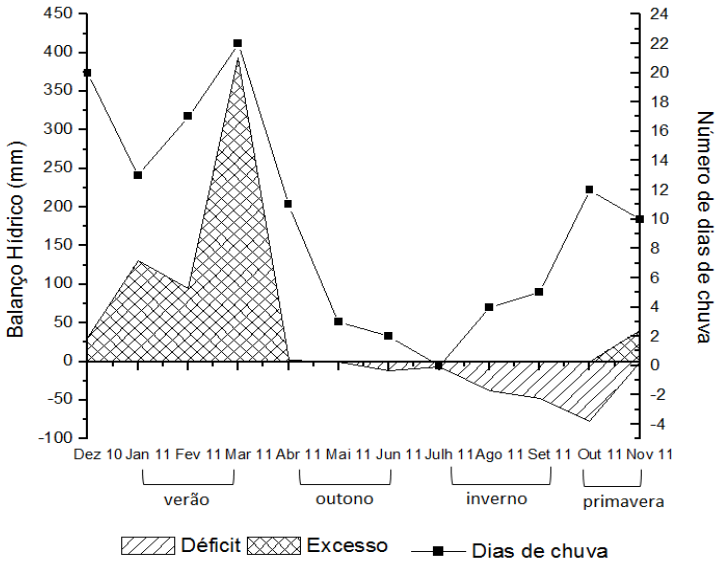


**Figura 2.** Deficit e excesso de água no solo e número de dias com chuva na cidade de Jaboticabal, no período de dezembro de 2010 a novembro de 2011. **Fonte:** Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP.

### 2.3. Solo da área experimental

O experimento foi desenvolvido em pastagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Hochst. ex. A. Rich Stapf. cv. Marandu sin.*Urochloa brizantha*), em área já estabelecida cerca de 13 anos. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, A moderado, caulinítico hipoférrico de relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). Em novembro de 2010 foram coletadas seis amostras de solo em cada área experimental (piquete) na profundidade de 0-15 cm, as quais foram homegeneizadas e levadas ao Departamento de Solos e Adubos da FCAV-Jaboticabal para análise. O resultado da análise de fertilidade do solo da área experimental está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado da análise de fertilidade do solo da área experimental realizada no mês novembro de 2010.

| pH | MO | P | K | Ca | Mg | H+Al | SB | T | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CaCl_2$ | $g/dm^3$ | $mg/dm^3$ | ----------$mmol_c/dm^3$---------- | | | | | | |
| 5,1 | 33 | 17 | 3,4 | 19 | 14 | 31 | 36,4 | 67,4 | 54 |

#### 2.3.1. Adubação

No dia 17 de dezembro de 2010, após o pastejo de uniformização da área, foi feita uma aplicação de 200 kg $ha^{-1}$ da fórmula 04:14:08 ($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$). A adubação de manutenção foi realizada em 4 etapas: 29 de dezembro de 2010, 18 de janeiro, 18 de fevereiro e 21 de março de 2011, quando utilizou-se 100 kg $ha^{-1}$ de uréia em cada aplicação.

### 2.4. Descrição da área experimental e tratamentos

A área experimental foi constituída de 20 hectares de pastagem de capim-marandu e dividida em dezoito piquetes (Figura 3). Dos dezoito piquetes, foram

utilizados doze, com áreas que variaram de 0,7 a 1,3 hectares. Os demais foram utilizados como áreas reservas e em experimento concomitante a este. Os tratamentos utilizados foram três alturas de pastejo (15, 25 e 35 cm) com quatro repetições cada.

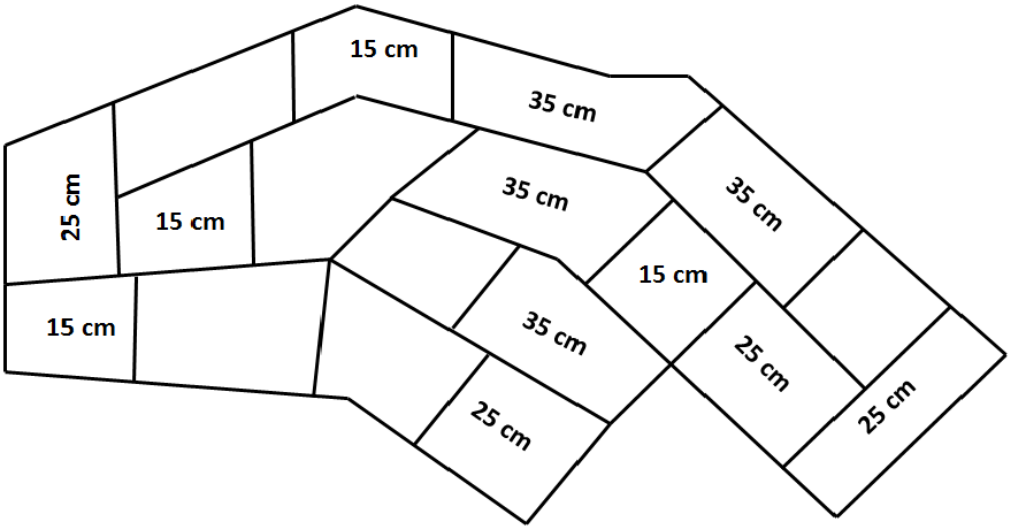


**Figura 3.** Área experimental com destaque aos 12 piquetes de capim-marandu que foram utilizados no experimento e a distribuição dos tratamentos.

### 2.5. Monitoramento das condições experimentais

O monitoramento da altura do dossel foi realizado semanalmente, medindo-se 100 pontos em cada unidade experimental com o auxílio de régua graduada em centímetros (Figura 4). De janeiro a abril de 2011 o método de pastejo utilizado foi o contínuo com taxa de lotação variável (put-and-take stocking, ALLEN et al., 2011). Semanalmente os animais reservas eram colocados nos piquetes quando a altura do relvado apresentava-se acima do determinado ao tratamento, e retirados quando essa se apresentava abaixo da altura pré-estabelecida. Como estratégia de manejo, no mês de maio os animais foram retirados dos piquetes com 15 cm e foram utilizados para condução de outro experimento. Os outros animais experimentais foram mantidos nas demais alturas de pastejo, 25 e 35 cm, porém, estas não foram mais controladas em

virtude da baixa precipitação e temperatura (outono/inverno), o que desfavoreceu o desenvolvimento das plantas.

**Tabela 2.** Altura média (cm) observada em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu mantidos com três alturas de dossel forrageiro em lotação contínua durante o verão de 2011.

| Alturas esperadas | Altura observada do dossel (cm) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Média |
| 15 cm | 15,27 | 14,77 | 14,54 | 14,36 | 14,73 |
| 25 cm | 26,80 | 25,67 | 25,24 | 25,03 | 25,68 |
| 35 cm | 36,90 | 35,53 | 35,12 | 35,84 | 35,85 |

Os piquetes utilizados nos tratamentos de menor altura do dossel, altura intermediária e maior altura possuiam 0,7, 1,0 e 1,3 hectares de área, respectivamente, o que possibilitou obter-se o mesmo número de animais por piquete apesar das diferenças nas taxas de lotação. Essa estratégia foi utilizada com o objetivo de reduzir o efeito de grupo, diminuindo a necessidade de animais para o ajuste da taxa de lotação. Foram mantidos sete novilhos da raça Nelore por piquete (animais teste) com peso médio inicial de 230 kg, sendo adicionados ou retirados animais (reserva) de acordo com a necessidade.

**Figura 4.** Régua graduada em centímetros utilizada para medir a altura do pasto.

Mensalmente foi avaliada a massa de forragem dos piquetes. Cortou-se manualmente, com tesouras de poda, 3 amostras na altura média de cada unidade experimental. Toda a forragem contida dentro do perímetro do aro utilizado (0,25 $m^2$) foi colocada em sacos plásticos identificados e levada ao laboratório onde foi pesada e seca em estufa de circulação forçada a 55ºC por 72 horas. Posteriormente, foi calculada a massa seca total para caracterização dos tratramentos durante o ano, conforme Figura 5.

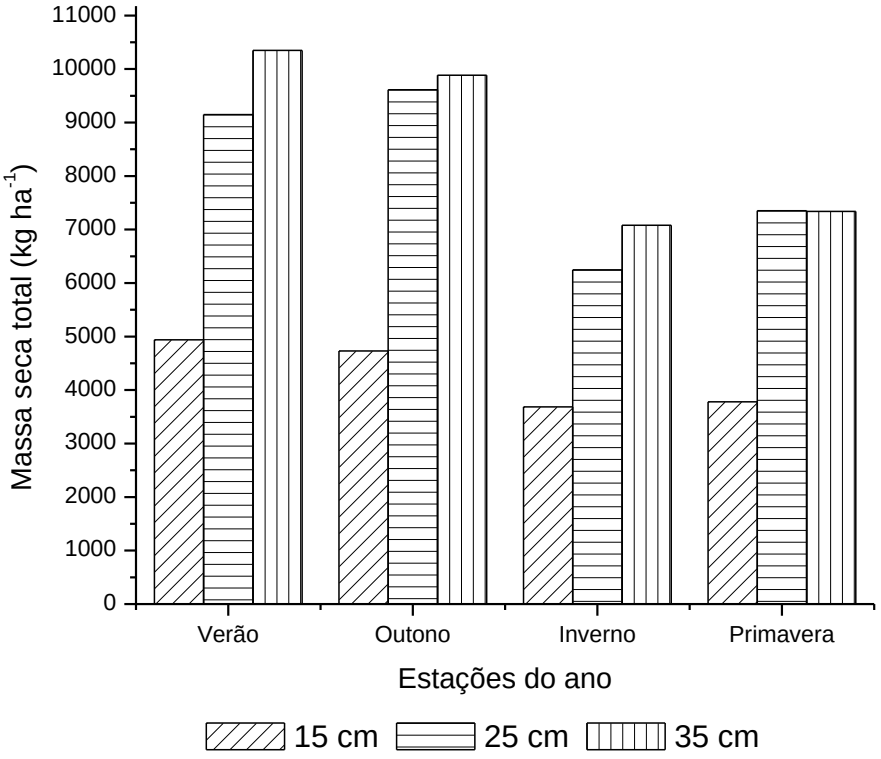


**Figura 5.** Massa seca total (kg MS $ha^{-1}$) de pastos de capim-marandu submetidos a diferentes intensidades de pastejo ao longo do ano de 2011.

### 2.6. Decomposição da serrapilheira

A avaliação da decomposição da serrapilheira seguiu a técnica de sacos de "nylon" (adaptado de DUBEUX JR. et al., 2006a). Os sacos utilizados eram de malha de

75 µm e mediam 20 cm x 30 cm, e foram previamente secos em estufa à 55 ºC por 24 horas, pesados e posteriormente, receberam as frações de serrapilheira correspondentes a cada tratamento (Figura 6A).

Em janeiro uma amostra representativa da camada de serrapilheira foi recolhida manualmente em cada área experimental, colocada em bandejas plásticas e levadas ao laboratório. As frações de serrapilheira foram pesadas (15g saco$^{-1}$) e colocadas no interior dos sacos de nylon e estes foram devidamente fechados. A serrapilheira incubada não foi moída para preservar a superfície original de exposição à atuação dos microorganismos, sendo respeitadas as proporções folha:caule de cada tratamento estudado (DUBEUX JR. et al., 2006b). Os sacos foram colocados sob o solo e cobertos com uma fina camada de serrapilheira, coletada no mesmo local onde os sacos foram incubados simulando as condições do meio (Figura 6B).

Todos os sacos de nylon foram incubados no dia 23 de janeiro de 2011. Ao final de cada tempo de incubação (4, 8, 16, 32, 64, 128 e 256 dias), os sacos foram coletados, limpos com pincel para retirada de resíduos, colocados em estufa a 55ºC por 72 horas, pesados e posteriormente o material dentro de cada saco foi moído.

Foram determinados os teores de matéria orgânica (MO) e lignina de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002), nitrogênio (N) e fósforo (P) de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (1995) e carbono (C) segundo metodologia descrita por Bezerra Neto e Barreto (2004). As análises foram realizadas no Laboratório de Forragicultura e Pastagem do Departamento de Zootecnia da FCAV – Jaboticabal.

**Figura 6.** (A)Sacos de nylon utilizados nas incubaçoes (B) Sacos alocados no campo.

### 2.7. Análise Estatística

A porcentagem de N, C, P, lignina e relação C:N remanescente nos tempos de incubação foram descritas por equações polinomiais quadráticas (P<0,05) (LIU et al., 2011), sendo: $X= b_0 + b_1t + b_2t^2$ onde, X = porcentagem do "nutriente" remanescente no tempo (t) e $b_0$, $b_1$ e $b_2$ = constantes. Em seguida foi verificado se havia diferença significativa entre os tratamentos, para cada parâmetro avaliado por meio do PROCMixed do SAS (SAS Inst., 2008). Quando significativa, as comparações entre as alturas de pastejo foi realizada utilizando contrastes ortogonais polinomiais, (P<0,05) (LITTEL et al. 2006).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Teor de Matéria Orgânica

Os dados de porcentagem de matéria orgânica no material remanescente da serrapilheira de capim-marandu ao longo dos tempos de incubação (Figura 7) ajustou-se ao modelo polinomial quadrático (P<0,0001). Foi observado diminuição da fração ao longo do tempo. Não houve ajuste linear e quadrático no teor de materia orgânica (P>0,05) quando comparadas as alturas de pastejo dentro de cada tempo de incubação.

No início deste estudo, os valores médios observados de matéria orgânica no resíduo incubado foram 93,67%, 92,16% e 92,93%, e ao final de 256 dias os valores foram 82,25%, 83,55% e 84,00% respectivamente, nas alturas de pastejo de 15, 25 e 35 cm. Houve redução média de 10,37% na matéria orgânica da serrapilheira incubada.

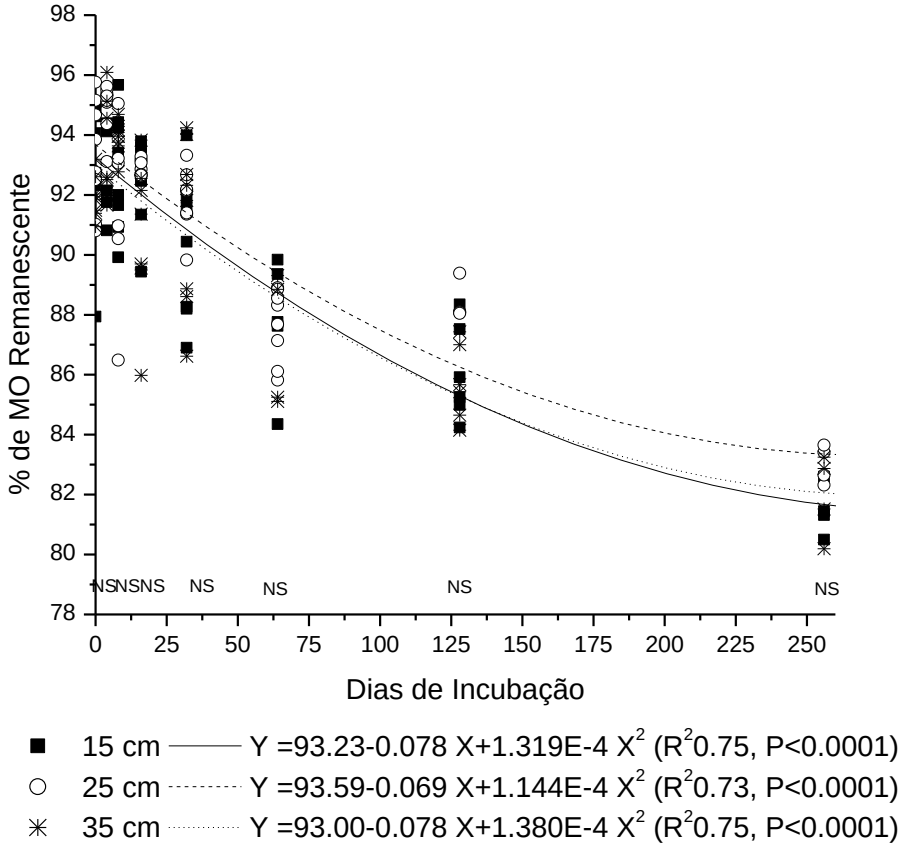


**Figura 7.** Porcentagem de matéria orgânica (MO) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-marandu manejados sob diferentes intensidades de pastejo nos diferentes tempos de incubação. (NS=contraste polinomial não significativo nas alturas, P>0,05).

### 3.2. Teor de Nitrogênio

A porcentagem de nitrogênio ajustou-se ao modelo polinomial quadrático (P<0,0001), (Figura 8).

No início deste estudo, os valores observados de nitrogênio no resíduo incubado foram 0,72%, 0,76% e 0,81%, e ao final de 256 dias os valores foram 1,62%, 1,65% e 1,56%, respectivamente, nas alturas de pastejo de 15, 25 e 35 cm. Houve em média aumento de 116,6% no teor de nitrogênio do tempo 0 ao tempo 256 dias. Não foi observado ajuste linear nem quadrático no teor de nitrogênio (P>0,05) quando comparadas as alturas de pastejo estudadas dentro de cada tempo de incubação.

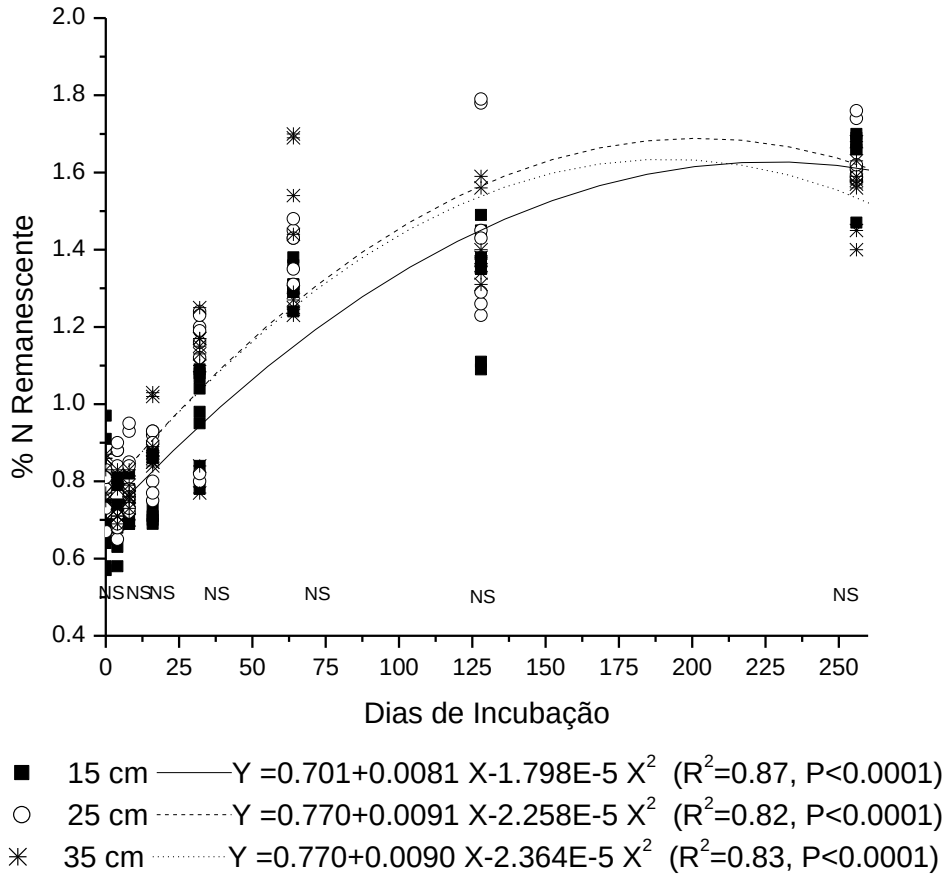


**Figura 8.** Porcentagem de nitrogênio (N) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-marandu manejados sob diferentes intensidades de pastejo nos diferentes tempos de incubação. (NS=contraste polinomial não significativo nas alturas, P>0,05).

### 3.3. Teor de carbono

A porcentagem de carbono do material remanescente da serrapilheira de capim-marandu foi decrescente ao longo dos tempos de incubação (Figura 9) e ajustou-se ao modelo polinomial quadrático (P<0,01).

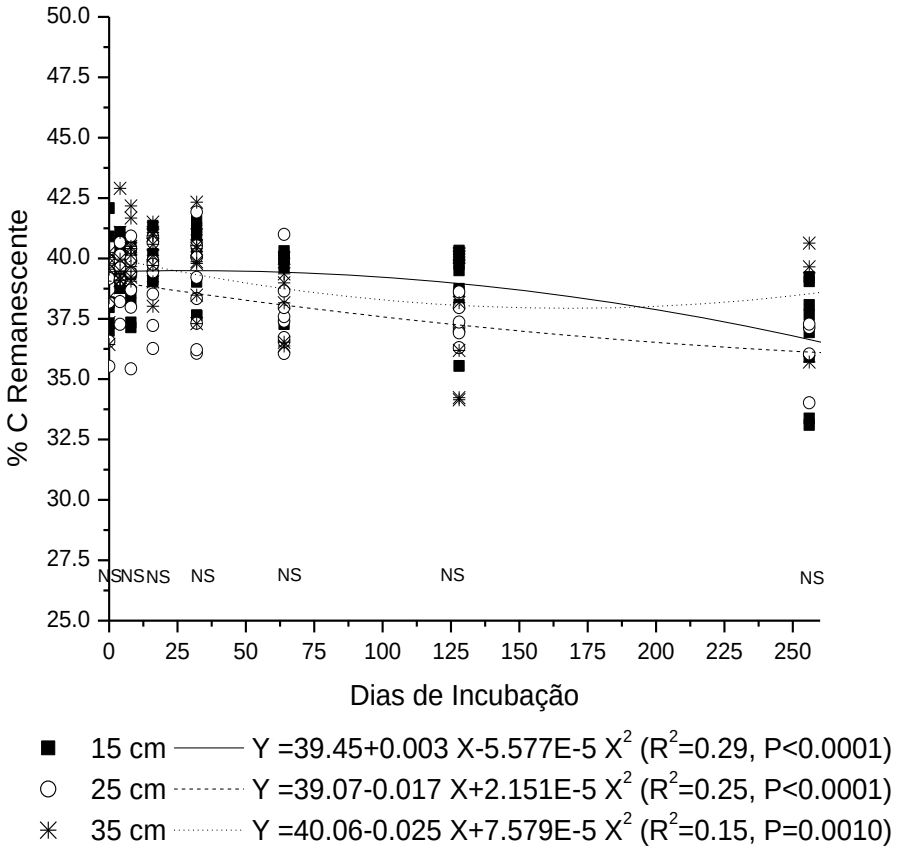


**Figura 9.** Porcentagem de carbono (C) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-marandu manejados sob diferentes intensidades de pastejo nos diferentes tempos de incubação. (NS=contraste polinomial não significativo nas alturas, P>0,05).

No início deste estudo foram observados teores de carbono de 39,11%, 38,47% e 38,82% nas alturas de 15, 25 e 35 cm respectivamente. Ao final dos 256 dias de incubação verificou-se uma diminuição média de 6,45% no teor de carbono quando comparado com o tempo 0 (zero). Não houve ajuste linear e quadrático no teor de carbono (P>0,05) quando comparadas as alturas de pastejo estudadas dentro de cada tempo de incubação.

### 3.4. Relação Carbono:Nitrogênio

Houve declínio na relação C:N ao longo dos tempos de incubação e esta ajustou-se ao modelo polinomial quadrático (P<0,0001) (Figura 10).

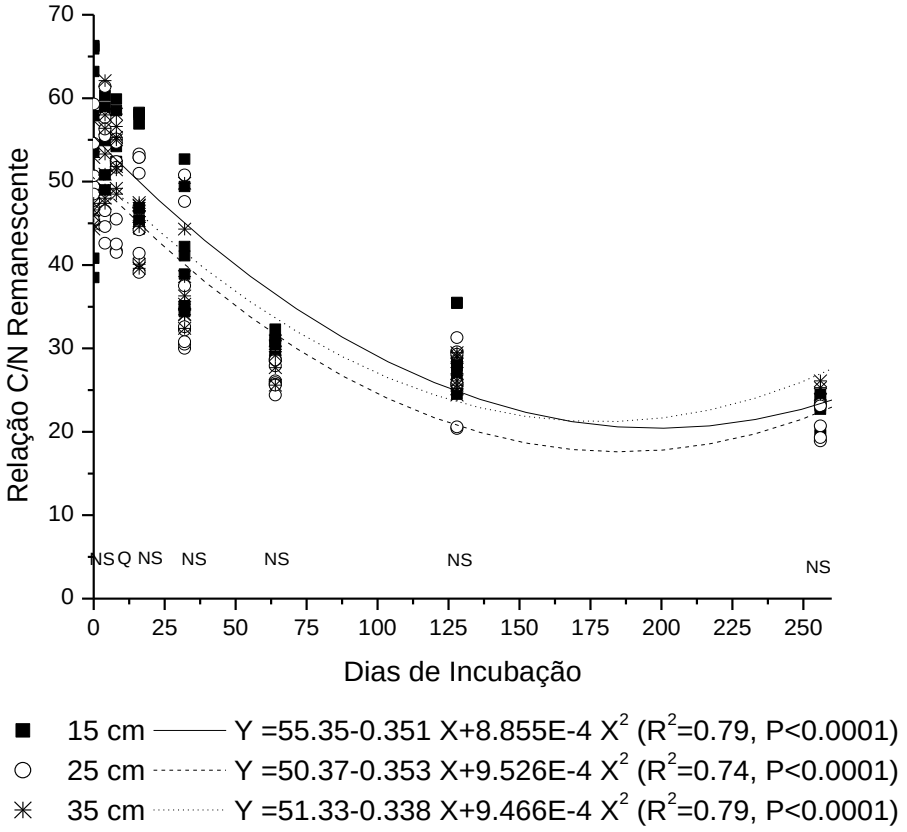


**Figura 10.** Relação C:N no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-marandu manejados sob diferentes intensidades de pastejo nos diferentes tempos de incubação. (NS=contraste polinomial não significativo nas alturas, P>0,05; Q=efeito quadrático significativo, P<0,05).

Foi observado ajuste quadrático (P<0,05) quando comparadas as alturas de pastejo dentro do tempo de 8 dias de incubação. Os valores médios observados neste tempo foram 54,16, 48,14 e 53,22 nas alturas de 15, 25 e 35 cm, respectivamente. De

modo geral, o valor médio observado na relação C:N no tempo 0 (zero) foi de 51,76 e no último dia de incubação (256 dias) foi 22,97, apresentando diminuição de 55,6.

### 3.5. Teor de lignina

A porcentagem de lignina ajustou-se ao modelo polinomial quadrático (P<0,0001), (Figura 11).

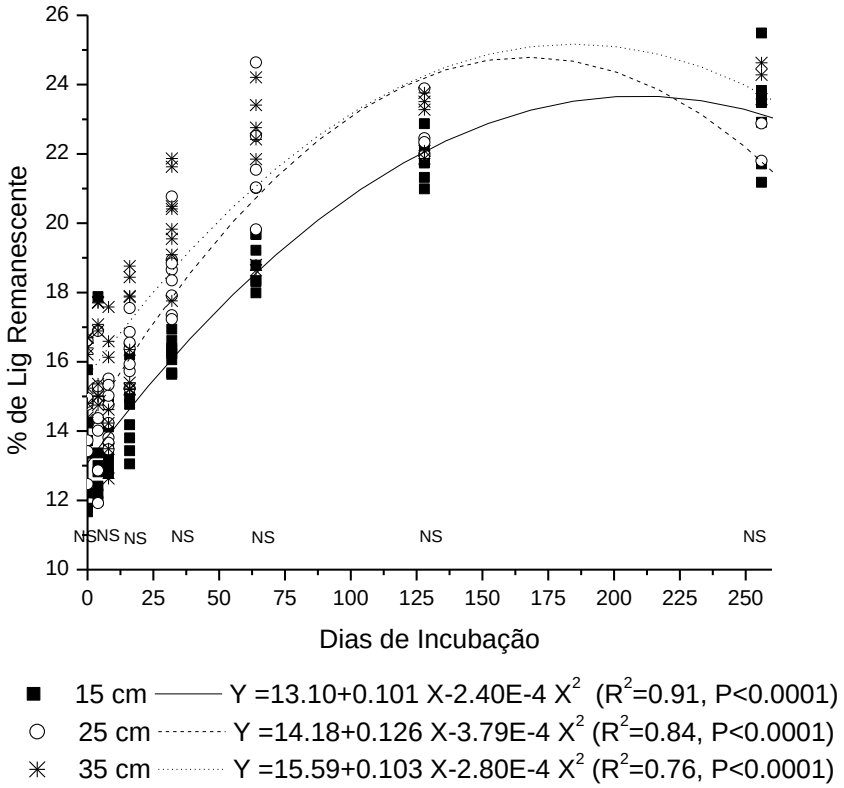


**Figura 11.** Porcentagem de lignina no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-marandu manejados sob diferentes intensidades de pastejo nos diferentes tempos de incubação. (NS=contraste polinomial não significativo nas alturas, P>0,05).

Foi observado ajuste linear (P<0,05) quando comparadas as alturas de pastejo dentro do tempo de 32 dias de incubação. Os valores médios observados neste tempo

de incubação foram 16,32%, 18,50% e 19,84% nas alturas de 15, 25 e 35 cm, respectivamente. De modo geral, o valor médio observado no teor de lignina no tempo 0 (zero) foi de 14,45% e no último dia de incubação (256 dias) foi 24,14%, apresentando aumento de 67%.

### 3.6. Teor de fósforo

O teor de fósforo concentrou-se no material remanescente ao longo dos tempos de incubação e ajustou-se ao modelo polinomial quadrático (P<0,0001) (Figura 12).

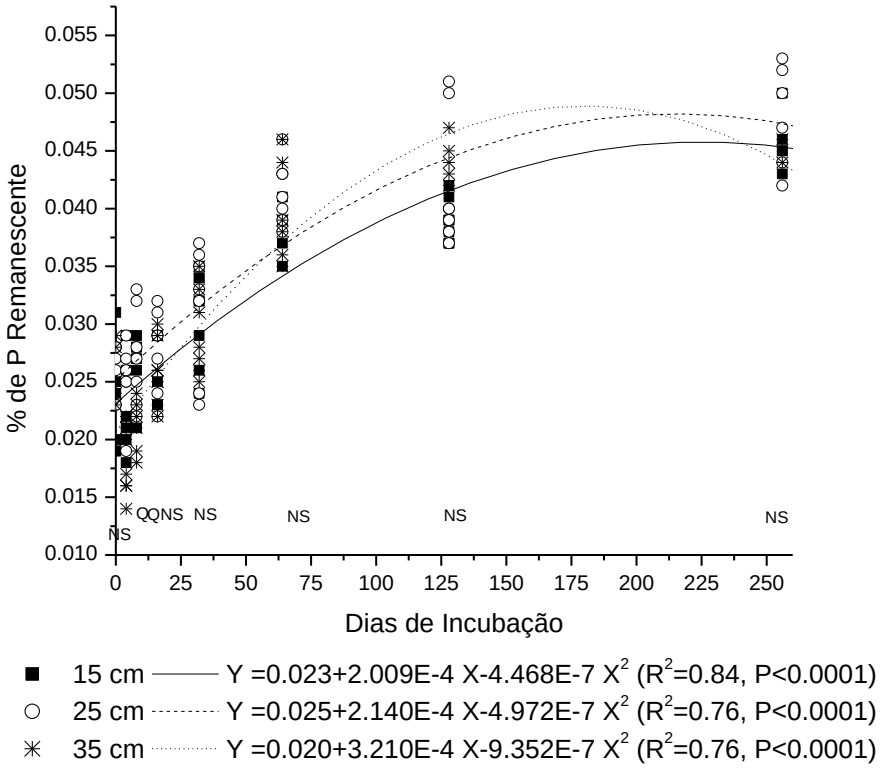


**Figura 12.** Porcentagem de fósforo (P) no material remanescente da serrapilheira de pastos de capim-marandu manejados sob diferentes intensidades de pastejo nos diferentes tempos de incubação. (NS=contraste polinomial não significativo nas alturas, P>0,05; Q=efeito quadrático significativo, P<0,05).

Foi observado efeito quadrático (P<0,05) quando comparadas as alturas de pastejo dentro dos tempos de 4 e 8 dias de incubação (P<0,05). Os valores médios observados neste último tempo foram 0,039%, 0,041% e 0,045% nas alturas de 15, 25 e 35 cm, respectivamente.

## 4. DISCUSSÃO

A velocidade de decomposição da serrapilheira depositada na superfície do solo é influenciada, principalmente pelas condições de temperatura e umidade da camada superior do solo que tem efeito direto sobre a atividade da fauna edáfica. No presente estudo, a precipitação acumulada nos primeiros 90 dias de incubação do material de 940 milímetros (Figura 1), e elevadas temperaturas ($30^0$C), provavelmente favoreceram a atividade dos microrganismos, auxiliando na decomposição do material. Deste modo, o declínio na porcentagem de matéria orgânica (Figura 7) e do carbono (Figura 9) no material remanescente da serrapilheira ocorre pois esta fração é o principal substrato utilizado por estes organimos do solo. Para sustentarem o crescimento e multiplicação celular, os microrganismos, através do metabolismo, utilizam o carbono orgânico presente nos resíduos depositados sobre o solo (MOREIRA e SILVEIRA, 2006).

Houve redução de 11,42%, 8,61% e 8,93% na matéria orgânica da serrapilheira dos pastos de 15, 25 e 35 cm de altura, respectivamente. A maior redução da matéria orgânica nos pastos mantidos na altura de 15 cm (Figura 7), se deve, provavelmente, à distribuição de excretas (fezes e urina) na área estudada, uma vez os piquetes de 15 cm possuiam maior intensidade de pastejo, havendo assim maior concentração de excretas na área. Segundo Thomas (1992), o aumento na intensidade de pastejo ocasiona maior proporção de nutrientes retornado ao solo via excreta animal em relação à serrapilheira. Esses nutrientes retornados ao solo mais rapidamente auxiliam na maior atividade dos microrganismos do solo e consequentemente aceleram a decomposição do material ali existente. Outro fator que poderia explicar a maior redução da MO nos pastos de 15 cm (Figura 7) seria a qualidade do material incubado. Entretanto, não foi verificado diferença desse material quando estes foram incubados.

Casagrande (2010) e Oliveira (2011, dados não publicados), em estudo na mesma área experimental, observaram que pastos mantidos à 15 cm de altura apresentaram melhor valor nutritivo, quando comparados às demais alturas de pastejo, porém, os autores avaliaram amostras coletadas de pastejo simulado.

A presença de compostos de fácil degradação pode ter ocasionado maior redução (em valores) no teor de matéria orgânica no material remanescente da serrapilheira na altura de 15 cm. Outro fato que pode estar relacionado com essa redução é a maior exposição do material incubado ocasionada pela menor massa de forragem (Figura 5) e menor cobertura do solo nesta altura de pastejo, que normalmente permite maior penetração da água da chuva e exposição solar sobre o material incubado. Essa resposta corrobora com o estudo realizado por Raposo (2013) onde também observou maior redução na matéria orgânica do material incubado sob condição de menor massa de resíduo pós-pastejo, em pasto de capim-xaraés.

A serrapilheira de capim-marandu incubada neste experimento apresentou 0,72%, 0,76% e 0,81% de N nos pastos manejados nas alturas de 15, 25 e 35 cm, respectivamente. Esses valores estão condizentes Leite e Galvão (2008), que verificaram que resíduos de plantas possuem de 0,1 a 5% de nitrogênio na composição. Casagrande (2010) e Oliveira (2011, dados não publicados), em experimento na mesma área, obtiveram através do pastejo simulado valor médio de 2,43% de nitrogênio nas alturas de pastejo. Em estudo com serrapilheira de pastagem nativa submetida a diferentes manejos, Heringer e Jacques (2002) encontraram valores de 0,60 a 1,30% de N no material, valores estes próximos aos encontrados neste estudo.

As folhas mais novas mobilizam o nitrogênio das folhas mais velhas, por este motivo, observa-se em geral baixa porcentagem de nitrogênio na serrapilheira remanescente, uma vez que esta é composta de material senescente que se solta da planta e cai na superfície do solo. Em estudo concomitante a este, Oliveira (2011, dados não publicados), observou que 0,30% do nitrogênio encontrado na planta está ligado à fibra, que é um composto estrutural das células vegetais. Esse fato dificulta a ação dos macro e microrganimos decompositores, levando ao aumento na

concentração deste nutriente no material remanescente ao longo do tempo de incubação (Figura 8).

Verificou-se aumento na porcentagem de nitrogênio ao longo dos tempos de incubação (Figura 8). Esse aumento pode ser justificado pela alta relação C:N (>30) do material incubado no início do experimento (Figura 10). Quando esta relação é alta, pode ocorrer imobilização do nitrogênio pelos microrganismos, diminuindo a disponibilidade do nutriente no solo, culminando na concentração do mesmo no material remanescente incubado como mostra a Figura 8.

Segundo Moreira e Siqueira (2006), há indicações de que resíduos orgânicos contendo menos de 1,2% de N promovem imobilização durante a decomposição. No presente estudo, o material incubado no tempo zero apresentou valores abaixo de 1,2% de N (Figura 8), podendo inferir que a concentração na porcentagem de N ao longo do tempo foi devido a imobilização do nutriente.

Em estudo avaliando o efeito da altura do resíduo pós-pastejo (8,16 e 24 cm) na distribuição de nutrientes em capim-bermuda, Liu et al., (2011a) não observaram diferença significativa no teor de carbono nos pastos manejados nas alturas e obtiveram o valor de 47% de carbono na serrapilheira, superior ao valor encontrado no presente estudo. Raposo (2013) avaliou a decomposição da serrapilheira em pastos de capim-xaraés e obteve o valor médio de 36% de carbono no material incubado, valor este muito próximo ao encontrado no presente estudo.

Houve declínio da porcentagem de carbono no material remanescente

ao longo dos tempos de incubação (Figura 9). Isso ocorre por meio de mecanismos bioquímicos específicos, com a decomposição e mineralização de componentes individuais dos resíduos, havendo formação de $CO_{2,}$ biomassa e liberação de elementos minerais.Deste modo, em condições aeróbias, a maior parte do carbono depositado é utilizada como fonte de energia primária para o crescimento microbiano (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

A queda no teor de carbono (Figura 9) e o aumento no teor de nitrogênio (Figura 8) no material remanescente refletiu em diminuição na relação C:N ao longo dos tempos de incubação (Figura 10). A relação C:N e o teor de lignina são considerados

fatores importantes quando se trata de decomposição da serrapilheira (PALM e ROWLAN, 1977), sendo que os valores mais baixos estão associados à decomposição mais acelerada. Em leguminosas e folhas verdes novas, por exemplo, esta relação varia de 10:1 a 30:1, porém, existem alguns tipos de serragens que podem atingir relação C:N vinte vezes maior (BRADY e WEIL, 2002). De acordo com Wagner e Wolf (1999), relação C:N menor que 20:1 favorece a mineralização, enquanto que relações maiores que 30:1 favorecem a imobilização.

Segundo Dubeux Jr et al. (2007), a relação C:N inicial afeta a liberação de nitrogênio durante a decomposição da serrapilheira uma vez que existe estreita relação desta com a atividade dos micro e macrorganimos decompositores. Em condições de baixa relação C:N, os decompositores obtém o N diretamente da serrapilheira, porém, quando essa relação é alta, esses decompositores buscam o N em outras fontes, resultando em imobilização deste nutriente (FREY et al., 2000). Os resultados do presente estudo mostram que, em média, a serrapilheria do material incubado nas três alturas impostas apresentaram relação C:N inicial superior a 30:1 (Figura 10), apresentando potencial para a imobilização de N (Figura 7). Ao final dos dias de incubação, o material apresentou em média relação C:N de 23:1 (Figura 10), indicando que o material remanescente provavelmente já estava iniciando um processo de decomposição mais acelerado.

Raposo (2013) observou que ao final de 256 dias de incubação o material remanescente apresentou valores de relação C:N inferiores a 33:1, porém, esta relação foi atingida mais rapidamente no pasto manejado com menor resíduo pós-pastejo. Segundo a autora, nessa condição de manejo do pasto o processo de decomposição da serrapilheira ocorreu de forma mais rápida e apresentou taxa relativa de decomposição maior em relação aos pastos manejados com maior resíduo pós-pastejo.

Liu et al. (2011a) avaliaram o efeito da altura de pastejo pós-pastejo (8,16 e 24 cm) sobre variáveis relacionadas à serrapilheira em pastagem de capim-bermuda Tifton 85 (*Cynodon* spp.), e observaram que o aumento da altura de resíduo pós-pastejo resultou no aumento da massa e taxa de deposição da serrapilhiera, porém, não observaram efeito da altura de resíduo pós-pastejo sobre o teor de N e relação C:N (LIU

et al. 2011b). Os autores encontraram valor médio na relação C:N (60:1) superior ao valor médio encontrado no presente estudo (50:1).

Hammel (1997) afirma que a lignina desfavorece a decomposição da serrapilheira pois, de todos os compostos que constituem a planta, ela é a mais recalcitrante. O teor de lignina pode variar de 10 a 40%, e devido a isto, ela é considerada o componente mais importante na determinação da decomposição do material (PALM e ROWLAND, 1997). Houve concentração no teor de lignina ao longo dos tempos de incubação e ao final de 256 dias o teor médio de lignina encontrado foi 24%. Dubeux Jr et al. (2006) avaliaram a decomposição da serrapilheira de pastos de capim pensacola (*Paspalum notatum*) sob diferentes intensidades de pastejo e também observaram aumento da lignina ao longo do tempo de incubação. O teor médio de lignina encontrado por estes autores ao final de 256 dias de incubação foi de 25%, valor este muito próximo ao encontrado no presente estudo. Silva et al. (2012), em estudo avaliando a decomposição da serrapilheira de *Brachiaria decumbens* com diferentes inclusões de calopogônio, observaram valor inferior de lignina da braquiária (17%) ao final dos 256 dias de incubação.

A porcentagem de fósforo foi crescente ao longo dos tempos de incubação (Figura 12), o que era esperado, pois com a redução dos compostos de carbono no material ao longo do tempo (Figura 9), ocorre concentração de compostos minerais (nitrogênio, fósforo, etc) no material remanescente. De acordo com Malavolta et al. (1997), aproximadamente 60% do fósforo contido nas folhas velhas pode ser mobilizado via floema para as folhas mais novas. Este fato pode justificar os baixos teores de fósforo na serrapilheira, uma vez que esta é composta por folhas senescentes e/ou mortas que se soltam da planta e encontram-se sobre o solo. Liu et al. (2011b), em estudo avaliando o efeito das alturas de resíduo pós pastejo na distribuição de nutrientes no solo e na planta obtiveram 6% de fósforo na parte aérea e 2% na serrapilheira, valores estes superiores aos encontrados no presente estudo (0,02% de P). Já entre as alturas, os autores não observaram efeito significativo na porcentagem de fósforo da serrapilheira estudada. Raposo (2013), em estudo com capim-xaraés

encontrou valor semelhante ao presente estudo e não observou efeito dos resíduos pós-pastejo sob os nutrientes na serrapilheira.

Dubeux et al. (2006a), em estudo avaliando a composição química da serrapilheira do capim pensacola sob diferentes intensidades de pastejo, observaram que com o aumento da intensidade de pastejo, houve aumento no teor de fósforo na serrapilheira. Segundo Thomas (1992), com o aumento na intensidade de pastejo, ocorre aumento na proporção de nutrientes que retornam ao sistema via excreta, sendo estes mais disponíveis na utilização das plantas quando comparados com os nutrientes provenientes da serrapilhiera, podendo desta forma alterar a composição química da mesma. Este fato não foi observado no presente estudo (Figura 12). A média de fósforo encontrada por estes autores foi 0,09% e 0,07%, valores maiores que os encontrados no presente estudo.

De acordo com Dalal (1979), a imobilização do P acorre quando a relação C:P atinge valores maiores que 200:1. No presente estudo esta relação atingiu, no incio da incubação (Tempo 0), valor igual a 1600:1 e ao final de 256 dias de incubação esta relação caiu para 825:1, indicando então imobilização do P nessas condições.

## 5. CONCLUSÃO

Diferentes alturas de pastejo em pastos de capim-marandu sob lotação contínua propiciam semelhante composição química da serrapilheira e decomposição com diferentes velocidades.

Em média, aos 215 dias de incubação deu-se inicio à maior mineralização da serrapilheira incubada, antingindo-se relação C:N de 20:1.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS.**Official methods ofanalysis**.16 ed. Washington: AOAC, 1995, 2000p.

ALLEN, V. G.; BATELLO, E.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; MCLVOR, J.; LI, X.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A. AND SANDERSON, M. An International terminilogy for grazing lands and grazing animals.**Grass and Forrage Science**, v.66, p. 2-28, 2011.

BRADY, N. C. AND R.R. WEIL.The nature and propertiesof soil.13 ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2002.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P.**Métodos de Análises Químicas em Plantas**. Recife. UFRPE, Imprensa Universitária, 165p. 2004.

BODDEY, R.M.; MACEDO, B. R.; TARRÉ, R.M. et al. Nitrogen cycling in Brachiariapastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.103, p.389–403, 2004.

CASAGRANDE, D.R. Suplementação de novilhas de corte em pastagem de capim-marandu submetidas à intensidades de pastejo sob lotação contínua.Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária - UNESP, 2010. 133p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, 2010.

Coûteaux, M. M.; Bottner, P.; Berg. B. Litter decomposition, climate and litter quality. Tree, v.10, n.2, p.63-66, 1995.

DUBEUX JR., J. C. B.; SANTOS, H. Q.; SOLLENBERGER, L. E. Ciclagem de nutrientes:perspectivas de aumento da sustentabilidade da pastagem manejada intensivamente. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (eds.) **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**, Piracicaba: FEALQ, p. 357- 400, 2004.

DUBEUX JR, J. C. B.; SOLLEMBERGER, L. E.; VENDRAMINU, J. M. B. et al.Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pastures managed at different intensities.**Crop Science**. v,46, n,4, p, 1299-1304, 2006a.

DUBEUX JR, J. C. B.; SOLLEMBERGER, L. E.; INTERRANTE, S. M. et al. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. **Crop Science**. v. 46, n.3, p.1305-1310, 2006b.

DUBEUX JR. J. C. B.; SOLLEMBERGER, L. E.; MATHEWS, B. W. et al. Nutrient cycling in warm-climate grasslands. **Crop Science**. v. 47, p.915-928, 2007.

DUBEUX JR, J,C,B,; SANTOS, M,V,F,; LIRA, M,A,; MELO, A,C,L,; SILVA, H,M,S,; LIRA, C,C, **A ciclagem de nutrientes no contexto do manejo das pastagens,** In: A. R. Evangelista; T. F. Bernardes; F. H. M. Chizzotti; J. S. Dias; G. Moraes. (Org). As forragens e suas relações com o solo, ambiente e o animal. Lavras, MG: UFLA, p. 9-30, 2011ª.

EMBRAPA, Centro Nacional e Pesquisa em Solos, **Sistema Brasileiro de Classificação de solos,** Brasília:Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 306 p, 2006.

FREY, S. D.; E. T. ELLIOTT, K. Paustian, and G. A. Peterson. Fungal translocation as a mechanism for soil nitrogen inputs to surface residue decomposition in a no-tillage agroecosystem. Soil Biol. Biochem. 32: 689-698, 2000.

HAMMEL, K. E. **Fungal degradation of lignin**.In G.Cadisch and K,EGiller (ed.) Driven by nature: Plant litter quality and decomposition.CAB International, Wallingford, UK, p. 33-45, 1997.

HERINGER, I.; JACQUES, A. V. A. Nutrientes no mantilho em pastagem nativa sobdistintos manejos.**Ciência Rural**, Santa Maria.V. 32, n. 5, p. 841-847, 2002.

LEITE, L. F. C. ; GALVÃO, S. R. S. Matéria orgânica do solo: funções e manejo. In: Araújo, A. S. F. et al. (Eds.) **Matéria orgânica e organismos do solo**, Teresina, EDUFPI, 220p, 2008.

LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. SAS for mixed models.2nd ed. Cary: SAS Institute,813p., 2006.

LIU, K.; SOLLENBERGER, L. E.; SILVEIRA, M. L.; VENDRAMINI, J. M. B.; NEWMAN, Y. C.I. Grazing intensity and nitrogen fertilization affect litter responses in Tifton 85 bermudagrass pastures: Mass, deposition rate, and chemical composition**. Agronomy Journal.** V. 103, p. 156-162, 2011a.

LIU, K.; SOLLENBERGER, L. E. ; SILVEIRA, M. L.; VENDRAMINI, J. M. B.; NEWMAN, Y. C. Grazing intensity and nitrogen fertilization affect litter responses in Tifton 85 bermudagrass pastures: II.Decomposition and nutrient mineralization, **Agronomy Journal**. V. 103, p. 163-168, 2011b.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A.**Avaliação do estado nutricional dasplantas: princípios e aplicações.**2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 319p, 1997.

MONTEIRO, F.A. WERNER, J.C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: Simpósio sobre ecossistema de pastagens, **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p. 149-192. 1989.

MOOT, G. O.; LUCAS, H. L. The design conducted and interpretation of grazingtrials on cultivated and improved pasture.In: INTERNATIONAL GRASSLANDCONGRESS.1952, Pensilvânia.**Proceedings,,,** Pensilvânia: State CollegePress, p.1380-1395. 1952.

MOREIRA, F. M. S. SIQUEIRA, J. O.**Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed.Lavras: Editora UFLA, 729p, 2006.

PALM, C. A.e ROWLAND, A. P. **A minimium dataset for characterization of plantquality for decomposition**. In: G.Cadisch and K. E Giller (Ed.) Driven by nature:Plant litter quality and decomposition. CAB International: Wallingford, UK. p. 379-392, 1977.

RAPOSO, E.**Dinâmica de carbono e nitrogênio em pastos de capim-xaraés submetidos a diferentes resíduos pós-pastejo.**2013. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

SANGHA, K. K.; JALO. R. K. AND MIDMORE, D.J. Litter production, decomposition and nutrient release in cleared an uncleared pasture system of central Queensland, Australia. **J. Trop. Ecol.** v. 22, p. 177-189, 2006.

SAS Institute. 2008, SAS/STAT 9.2 User’s Guide, SAS Institute, Inc..Cary,NC, USA.
SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C.**Análise de alimentos (métodos químicos ebiológicos).**3ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 235p. 2002.

SILVA, H. M. S.; DUBEUX JR.J. C. B.; SANTOS.M. V. F. et al. Signal grass litter decomposition rate increases with inclusion of calopo. **Crop Science**.v. 52, p. 1416-1423, 2012.

Smith, V. C.; Bradford, M. A. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. **Applied Soil Ecology**, v.24, p.197-203, 2003.

THOMAS, R. J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures.**Grass Forrage Science**, v. 314, p. 133-142, 1992.

WAGNER, G. H.e WOLF, D. C.**Carbon transformation and soil organic matterformations**. In: D. M. Sylvia et al. (Ed.) Principles and applications of soil microbiology.Prentice Hall: Englewood Cliffs. NJ, p218-258, 1999.

Xu, X. N.; Hirata, E. Forest floor mass and litterfall in Pinusluchuensis plantations with and without broad-leaved trees. **Forest Ecology and Management**, v.157, p.165-173, 2002.

## CAPÍTULO 3 – ATIVIDADE ENZIMÁTICA E EMISSÃO DE $CO_2$ DO SOLO DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS À INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA.

**RESUMO –** Objetivou-se com este trabalho estudar o efeito das diferentes intensidades de pastejo em pastos de capim-marandu sob lotação contínua sobre a atividade das enzimas desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase, bem como a emissão de $CO_2$ no solo. O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. A área experimental foi constituída de 20 hectare de pastagem de capim-marandu e dividida em doze piquetes com áreas que variaram de 0,7 a 1,3 hectare. Os tratamentos impostos foram três alturas do dossel (15, 25 e 35 cm) com quatro repetições cada e o método de pastejo utilizado foi o contínuo com lotação variável. Os dados foram analisados em um delineamento experimental inteiramente casualisado com medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED do SAS. As intensidades de pastejo não afetaram as atividades enzimáticas estudada (desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase). Houve efeito significativo ($P<0,05$) somente das estações do ano na atividade dessas enzimas. As estação do ano também influenciaram ($P<0,05$) as emissões de $CO_2$ do solo, sendo estas emissões maiores no verão e na primavera (6,10 e 5,39 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$, respectivamente) e menores no outono e no inverno (3,76 e 1,76 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$ , respectivamente). As diferentes intensidades de pastejo não afetam as atividades enzimáticas nem as emissões de $CO_2$ do solo dos pastos de capim-marandu. As estações do ano exercem grande influência tanto nas emissões de $CO_2$ do solo, quanto nas atividades enzimáticas avaliadas.

**Palavras-chave:** Altura do pasto, atividade biológica, *Brachiaria brizantha,* gás de efeito estufa.

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um sistema natural vivo e dinâmico e regula a produção de alimentos e o balanço global do ecossistema, através do suporte físico, disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio para as raízes (DORAN et al. 1996). A biomassa microbiana é o principal componente da matéria orgânica viva do solo e, junto ao carbono orgânico, vem sendo utilizada como indicador de alterações e de qualidade do solo (SIX et al. 2006).

O funcionamento da comunidade microbiana do solo é importante para a compreensão dos processos em nível de ecossistema. Os estudos sobre bioindicadores mostram que os microrganismos do solo, por apresentarem características como abundância e atividades bioquímica e metabólica, proporcionam respostas mais rápidas às mudanças no ambiente e, consequentemente, apresentam alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo (SIX et al. 2006).

A atividade enzimática do solo deve ser levada em consideração uma vez que as enzimas tem participação essencial nos ciclos dos elementos no solo. Como elas são sintetizadas principalmente pelos organismos, as condições que favorecem a atividade microbiana também propiciam maior atividade enzimática (CARVALHO, 2005). A biomassa microbiana, a atividade da biomassa e o carbono orgânico do solo são atributos muito sensíveis ao manejo do solo, sendo os primeiros a serem afetados quando ocorre a mudança de um sistema em que não há ação antrópica em sistemas cultivados. O uso de animais pode alterar algumas propriedades do sistema, como reciclagem de nutrientes e agregação do solo, e melhorar a qualidade do mesmo (INGRAM et al., 2008; CARVALHO et al., 2010). O manejo desses animais pode contribuir no estabelecimento de graus diferenciados de compactação do solo, em consequência da pressão exercida sobre ele. Uma maior intensidade de pastejo determina menor massa de forragem, redução da cobertura vegetal, alteração na qualidade dos resíduos depositados sobre o solo entre outros fatores que podem alterar a população microbiana alí existente, bem como as atividades exercidas por ela.

É necessário entender os efeitos efeitos do pastejo na microbiota do solo para identificar intensidades de pastejo que mantenham ou melhorem a qualidade do solo. Tendo em vista o exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito das diferentes intensidades de pastejo em pastos de capim-marandu sob lotação contínua sobre a atividade das enzimas desidrogenase, protease, arilsulfatase e celulase, bem como a emissão de $CO_2$ no solo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e período experimental

O experimento foi desenvolvido em área do setor de Forragicultura, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, localizada na cidade de Jaboticabal-SP, a 21º15’22’’ de latitude sul e 48º18’58’’ de longitude oeste e 595 m de altitude, durante os períodos de dezembro de 2010 a novembro de 2011.

### 2.2. Condições climáticas

O clima de Jaboticabal, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical, mesotérmico com verão úmido e inverno seco. Os dados meteorológicos obtidos durante a realização deste estudo foram obtidos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas e estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

.

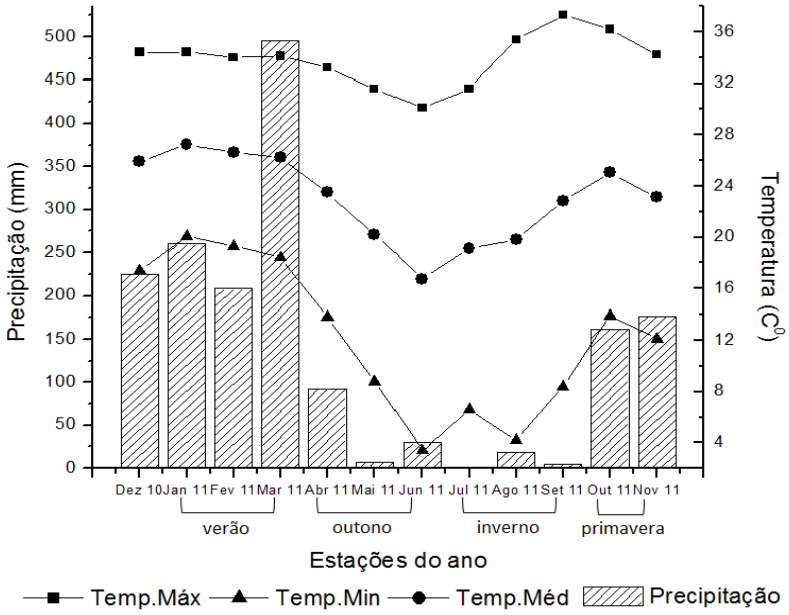


**Figura 1.** Valores acumulados de precipitação, temperaturas máxima, média e mínima (Temp.Max, Temp.Med e Temp.Min) na cidade de Jaboticabal, no período de dezembro de 2010 a novembro de 2011. **Fonte:** Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP.

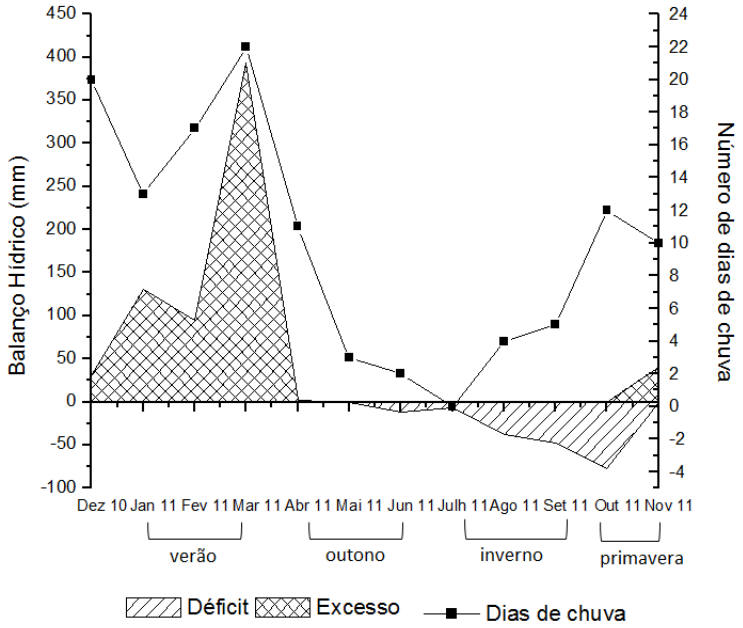


**Figura 2.** Deficit, excesso de água no solo e número de dias com chuva na cidade de Jaboticabal, no período de dezembro de 2010 a novembro de 2011.

## 2.3. Solo da área experimental

O experimento foi desenvolvido em pastagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Hochst. ex. A. Rich Stapf. cv. Marandu, sin.*Urochloa brizantha*), em área já estabelecida cerca de 13 anos. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, A moderado, caulinítico hipoférrico de relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). Em novembro de 2010 foram coletadas seis amostras de solo em cada área experimental na profundidade de 0-15 cm, as quais foram homegeneizadas e levadas ao Departamento de Solos e Adubos da FCAV-Jaboticabal para análise. O resultado da análise de fertilidade do solo da área experimental está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado da análise de fertilidade do solo da área experimental realizada no mês novembro de 2010.

| pH | MO | P | K | Ca | Mg | H+Al | SB | T | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CaCl_2$ | $g/dm^3$ | $mg/dm^3$ | ----------$mmol_c/dm^3$---------- | | | | | | |
| 5,1 | 33 | 17 | 3,4 | 19 | 14 | 31 | 36,4 | 67,4 | 54 |

## 2.4. Adubação

No dia 17 de dezembro de 2010, após o pastejo de uniformização da área, foi feita uma aplicação de 200 kg $ha^{-1}$ da fórmula 04:14:08 ($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$). A adubação de manutenção foi realizada em 4 etapas: 29 de dezembro de 2010, 18 de janeiro, 18 de fevereiro e 21 de março de 2011, quando utilizou-se 100 kg $ha^{-1}$ de uréia em cada aplicação.

## 2.5. Descrição da área experimental e tratamentos

A área experimental foi constituída de 20 hectares de pastagem de capim-marandu e dividida em 18 piquetes (Figura 3). Desses 18 piquetes, utilizou-se 12, com áreas que variaram de 0,7 a1,3 hectare. Os demais foram utilizados como áreas reservas e em experimento concomitante a este. Os tratamentos utilizados foram três alturas do dossel (15, 25 e 35 cm) com quatro repetições cada.

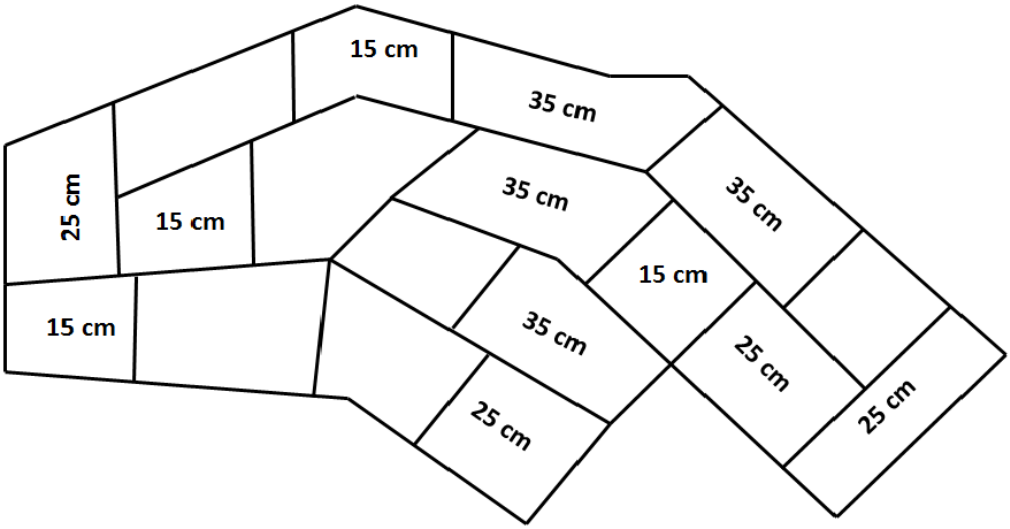


**Figura 3.** Área experimental com destaque aos 12 piquetes de capim-marandu que foram utilizados no experimento e a distribuição dos tratamentos.

## 2.6. Monitoramento das condições experimentais

O monitoramento da altura do dossel foi realizado semanalmente, medindo-se 100 pontos em cada unidade experimental com o auxílio de régua graduada em centímetros (Figura 4). De janeiro a abril de 2011 o método de pastejo utilizado foi o contínuo com taxa de lotação variável (put-and-take stocking, ALLEN et al., 2011). Semanalmente os animais reservas eram colocados nos piquetes quando a altura do relvado apresentava-se acima do determinado ao tratamento, e retirados quando essa se apresentava abaixo da altura pré-estabelecida. Como estratégia de manejo, no mês

de maio os animais foram retirados dos piquetes com 15 cm e foram utilizados para condução de outro experimento. Os outros animais experimentais foram mantidos nas demais alturas de pastejo, 25 e 35 cm, porém, estas não foram mais controladas em virtude da baixa precipitação e temperatura (outono/inverno), o que desfavoreceu o desenvolvimento das plantas.

**Tabela 2.** Altura média (cm) observada em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu mantidos com três alturas de dossel forrageiro em lotação contínua durante o verão de 2011.

| Alturas esperadas | Altura observada do dossel (cm) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Média |
| 15 cm | 15,27 | 14,77 | 14,54 | 14,36 | 14,73 |
| 25 cm | 26,80 | 25,67 | 25,24 | 25,03 | 25,68 |
| 35 cm | 36,90 | 35,53 | 35,12 | 35,84 | 35,85 |

.**Figura 4.** Régua graduada em centímetros utilizada para medir a altura do pasto.

Os piquetes utilizados nos tratamentos de menor altura do dossel, altura intermediária e maior altura possuiam 0,7, 1,0 e 1,3 hectares de área, respectivamente, o que possibilitou obter-se o mesmo número de animais por piquete apesar das diferenças nas taxas de lotação. Essa estratégia foi utilizada com o objetivo de reduzir o efeito de grupo, diminuindo a necessidade de animais para ajuste da taxa de lotação. Foram mantidos sete novilhos da raça Nelore por piquete (animais teste) com peso

médio inicial de 230 kg, sendo adicionados ou retirados animais (reserva) de acordo com a necessidade.

Mensalmente foi avaliada a massa de forragem dos piquetes. Cortou-se manualmente, com tesouras de poda, 3 amostras na altura média de cada unidade experimental. Toda a forragem contida dentro do perímetro do aro utilizado (0,25 $m^2$) foi colocada em sacos plásticos identificados e levada ao laboratório onde foi pesada e seca em estufa de circulação forçada a 55ºC por 72 horas. Posteriormente, foi calculada a massa seca total para caracterização dos tratramentos durante o ano, conforme descrito na Figura 5.

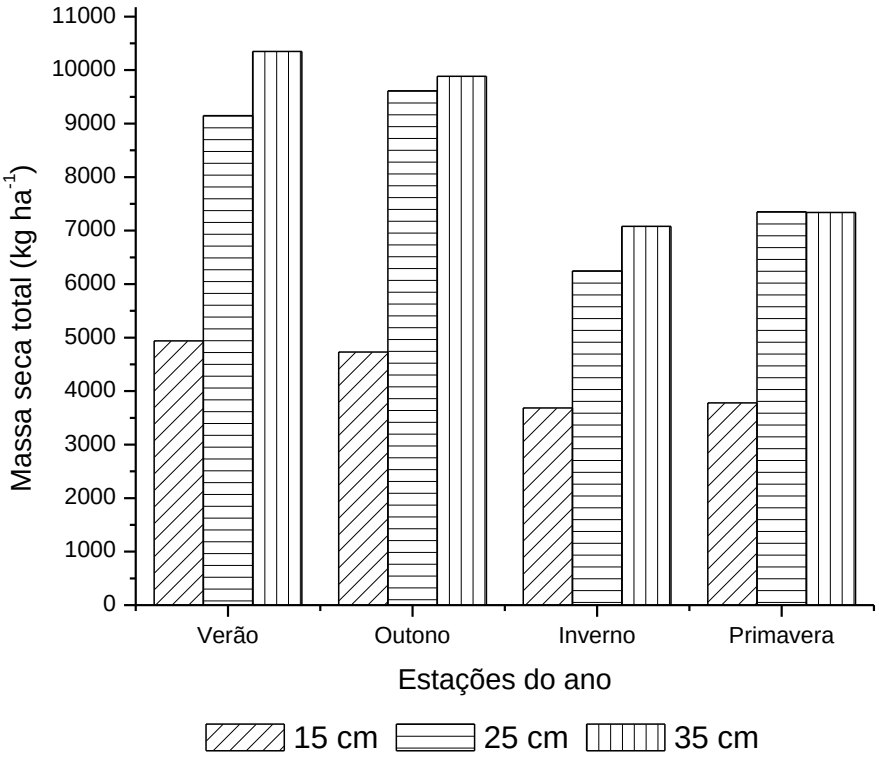


**Figura 5.** Massa seca total (kg MS $ha^{-1}$) de pastos de capim-marandu submetidos a diferentes intensidades de pastejo ao longo do ano de 2011.

## 2.7. Características avaliadas

### 2.7.1. Atividade enzimática

Foram coletadas três amostras de raízes, parte aérea e solo através de um cilindro de aço com 15 cm de diâmetro e 13,7 cm de altura (Figura 5A) que foi introduzido à profundidade de 15 cm da superfície do solo. Primeiramente, a parte aérea da amostra foi retirada e, depois, o cilindro era introduzido no solo para a retirada das raízes e solo (Figura 6B).

As amostras, após retiradas, foram identificadas, acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório, onde o solo e as raízes foram separados (Figura 6C). O solo foi acondicionado em sacos plásticos, em geladeira para posterior análise enzimática. Mensalmente foram retiradas três amostras de solo por piquete, totalizando 12 amostras por tratamento (3x4 piquetes), durante o ano de 2011.

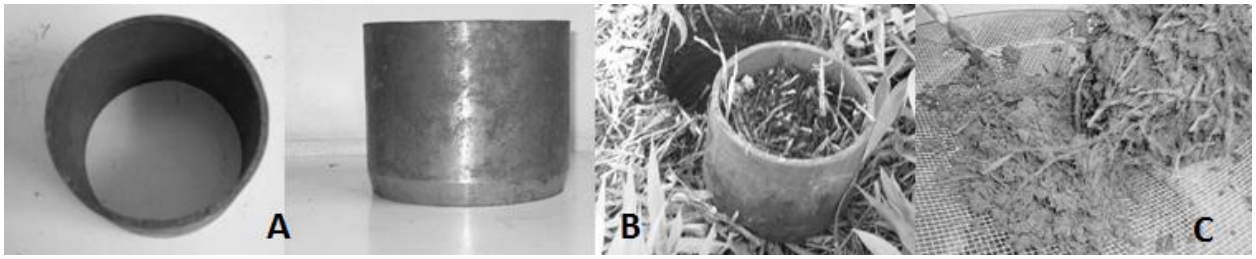


**Figura 6.** (A) Cilindro para a coleta de solo e raiz; (B) Amostra retirada do solo; (C) Retirada do solo remanescente na amostra.

O solo armazenado em geladeira foi encaminhado ao laboratório de Biogeoquímica do Solo do Departamento de Tecnologia para determinação da atividade enzimática como descrito a seguir:

#### 2.7.1.1. Atividade das desidrogenases

O método de análise utilizado foi o descrito por Melo et al. (2010), segundo padronização de Thalmann (1968), e se baseia na determinação da taxa de redução do

cloreto de trifeniltetrazólio a trifenil formazam por uma quantidade de solo, incubado a 30°C por 24 horas.

#### 2.7.1.2. Atividade das proteases

A atividade foi medida de acordo com Melo et al. (2010), segundo padronização de Alef & Nannipier (1995), cujo método consiste na incubação da amostra de solo na presença de caseína. Durante a hidrólise ocorre a liberação de aminoácidos, entre eles a tirosina, que pode ser estimada através da reação com o reagente de Folin-Ciocateau.

#### 2.7.1.3. Atividade da arilsulfatase

A atividade foi medida pelo método de Melo et al. (2010), segundo padronização de Tabatabai & Bremner (1970), que consiste na incubação da amostra de solo com solução da p-nitrofenil sulfato de potássio (substrato), dosando-se a quantidade de p- nitrofenol liberada por espectrofotometria na região do visível.

#### 2.7.1.4. Atividade da celulase

A atividade foi medida conforme descrito por Melo et al. (2010), segundo padronização de Pancholy & Rice (1973). O método consiste na incubação da amostra de solo com o substrato da enzima (a celulose ou um substrato derivado, como a carboximetilcelulose), avaliando-se então, a quantidade de açúcares redutores produzidos, expressos como glicose.

### 2.7.2. Carbono total do solo

O teor de carbono total do solo foi mensurado utilizando-se o analisador elementar LECO modelo TruSpec CN628 (LECO INSTRUMENTS, ST JOSEPH, MICHIGAN, USA), em amostras previamente secas passadas em peneira de 2 mm.

### 2.7.3. Emissão de $CO_2$

A emissão de $CO_2$ ($ECO_2$) do solo foi registrada semanalmente utilizando-se uma câmara de fluxo da empresa LI-COR (LI-8100®) (Figura 7A). O sistema LI-8100 monitorou a concentração de $CO_2$ no interior da câmara. Esta foi operada próxima à concentração de $CO_2$ da atmosfera na área experimental. A câmara de solo é um sistema fechado, com volume interno de 991 cm³ e área circular de contato com o solo de 71,6 cm² (diâmetro de 0,10 m) que analisa a concentração de $CO_2$ no interior por meio de espectroscopia de absorção ótica na região do infravermelho. A câmara foi instalada sobre um colar de PVC (Figura 7B), previamente colocado no solo em cada um dos seis pontos amostrais por piquete, e próximo a esta também foi mensurada a temperatura do solo (até 10 cm). A utilização de colares de PVC se justifica pela probabilidade de ocorrerem distúrbios provenientes pela inserção da câmara diretamente no solo, como a quebra da estrutura porosa, que acarretaria em aumento da emissão de $CO_2$, superestimando o valor naquele ponto. Devido a este problema, os anéis de PVC foram alocados nos piquetes 24 horas antes da leitura e sempre no mesmo ponto.

**Figura 7**. (A) Câmara de fluxo da empresa LI-COR (LI-8100®) e (B) colar de PVC utilizados.

## 2.8. Análise Estatística

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualisado com medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). Dentre todas as estruturas de erros investigadas para as atividades enzimáticas, a Simetria Composta (CS) foi a melhor de acordo com o critério de informação bayesiano (BIC). Para a emissão de $CO_2$ a melhor estrutura de erros investigada foi a Não Estruturada (UN), também de acordo com o critério de informação bayesiano (BIC). Quando significativa, as comparações entre as alturas de pastejo foi utilizando contrastes ortogonais polinomiais (LITTEL et al. 2006) para testar os efeitos linear e quadrático ($P<0,05$), e entre as estações do ano foi realizado teste de média (teste de Tukey) a 5% de probabilidade. Utilizou-se um modelo linear ($ECO_2 = a + b * T.solo$) para explicar a variabilidade da $ECO_2$ do solo em função da temperatura do solo, e também para explicar a variabilidade da atividade enzimática em função da porcentagem de carbono no solo (Ativ.Enzimática = a + b * C).

## 3. RESULTADOS

Os resultados da análise de variância das variáveis associadas às atividades enzimáticas e emissão de $CO_2$ do solo encontram-se na Tabela 3. Apenas o efeito principal “Estação do ano” foi significativo em todas as variáveis estudadas. As estruturas de covariância que melhor se ajustaram nas atividades enzimáticas e emissão de $CO_2$ foram a CS (*Simetria Composta*) e a UN (*Não Estruturada*), respectivamente.

**Tabela 3.** Resultado de análise de variância das variáveis associadas às atividades enzimáticas e emissão de $CO_2$ do solo pasto de capim-marandu.

| | Estatísticas F para | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variáveis | Est. | Alt. | Est. * Alt. | Estrutura |
| Des. | * | ns | ns | CS |
| Prot. | * | ns | ns | CS |
| Aril. | * | ns | ns | CS |
| Cel. | * | ns | ns | CS |
| $ECO_2$ | * | ns | ns | UN |
| Tsolo | * | ns | ns | UN |
| %C | * | ns | ns | UN |

* = (P<0,05); ns = (P>0,05); Est = Estaçõe do ano; Alt = Alturas de pastejo; Estrutura = Estrutura de covariância; CS = *Simetria composta*; UN = Não estruturada; Des. = Atividade da Desidrogenase;Prot. = Atividade da Protease; Aril. = Atividade da Arilsulfatase; Cel. = Atividade da Celulase; $ECO_2$ = Emissão de $CO_2$; Tsolo = Temperatura do solo e %C= Porcentagem de carbono no solo.

### 3.1. Atividades enzimáticas

A atividade da desidrogenase variou de 4,98 µg TFF.$g^{-1}$ solo a 9,14 µg TFF.$g^{-1}$ solo (Tabela 4). Não foi verificado efeito das alturas de pastejo e intereção alturas*épocas na atividade desta enzima (P>0,05), porém, nas estações do ano a diferença foi significativa. A desidrogenase apresentou maior atividade no inverno e na primavera e esta se diferiu das atividades observadas no verão (5,39 µg TFF.$g^{-1}$ solo) e no outono (7,32 µg TFF.$g^{-1}$ solo).

**Tabela 4.** Atividade das desidrogenases (µg TFF.$g^{-1}$ solo) do solo cultivado com capim-marandu, manejado sob diferentes alturas de pastejo (15, 25 e 35 cm) em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 5,76 | 7,27 | 8,72 | 8,71 | 7,61 | ± 0,25 |
| 25 cm | 5,45 | 8,18 | 9,07 | 8,55 | 7,81 | ± 0,25 |
| 35 cm | 4,98 | 6,50 | 6,68 | 9,14 | 6,85 | ± 0,25 |
| Contraste | ns | ns | ns | ns | ns | - |
| Média | 5,39 C | 7,32 B | 8,16 A | 8,80 A | - | - |
| EPM* | ± 0,28 | ± 0,28 | ± 0,29 | ± 0,48 | - | - |

* EPM = Erro Padrão da Média. Significativo ao nível de P<0,05. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo). Teste de média nas épocas do ano (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, P<0,05).

A atividade enzimática das proteases variou de 92,59 µg tirosina.$g^{-1}$ solo a 137,22 µg tirosina.$g^{-1}$ solo (Tabela 5). Não foi verificado efeito das alturas de pastejo e intereção alturas*épocas na atividade desta enzima (P>0,05). As maiores atividades foram observadas no outono em todas as alturas estudadas, apresentando valor médio de 133,27 µg tirosina,$g^{-1}$ solo. Houve diferença significativa entre a atividade observada no outono quando comparada com as encontradas no inverno e na primavera, as quais foram as menores atividades verificadas ao longo do ano (108,42 e 96,07 µg tirosina.$g^{-1}$ solo, respectivamente) .

**Tabela 5.** Atividade das proteases (µg tirosina.$g^{-1}$ solo) do solo cultivado com capim-marandu, manejado sob diferentes alturas de pastejo (15, 25 e 35 cm) em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 124,53 | 136,16 | 107,63 | 93,98 | 115,57 | ± 5,98 |
| 25 cm | 119,65 | 137,22 | 112,59 | 92,59 | 115,51 | ± 5,98 |
| 35 cm | 119,63 | 126,44 | 105,05 | 101,64 | 113,19 | ± 6,02 |
| Contraste | ns | ns | ns | ns | ns | - |
| Média | 121,27 AB | 133,27 A | 108,42 B | 96,07 C | - | - |
| EP* | ± 4,55 | ± 4,27 | ± 4,27 | ± 6,70 | - | - |

* EPM = Erro Padrão da Média. Significativo ao nível de P<0,05. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo). Teste de média nas épocas do ano (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, P<0,05).

A atividade enzimática das arilsulfatases variou de 96,30 a 152,72 µg paranitrofenol.g$^{-1}$ solo (Tabela 6).

**Tabela 6.** Atividade da arilsulfatase (µg paranitrofenol.g$^{-1}$ solo) do solo cultivado com capim-marandu, manejado sob diferentes alturas de pastejo (15, 25 e 35 cm) em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 97,46 | 113,07 | 124,78 | 125,15 | 115,11 | ± 7,03 |
| 25 cm | 99,31 | 98,56 | 98,53 | 109,95 | 101,58 | ± 7,08 |
| 35 cm | 96,30 | 102,71 | 114,52 | 152,72 | 116,56 | ± 7,68 |
| Contraste | ns | ns | ns | ns | ns | - |
| Média | 97,69 C | 104,78 B | 112,61 AB | 128,27 A | - | - |
| EPM* | ± 6,53 | ± 6,94 | ± 6,72 | ± 11,95 | - | - |

* EPM = Erro Padrão da Média. Significativo ao nível de P<0,05. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo). Teste de média nas épocas do ano (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, P<0,05).

Não foi verificado efeito das alturas de pastejo e intereção alturas*épocas na atividade desta enzima (P>0,05) (Tabela 6). A maior atividade observada ocorreu na primavera (128,27 µg paranitrofenol,g$^{-1}$ solo) e a menor no verão (97,69 µg paranitrofenol g$^{-1}$ solo), as quais diferiram entre si (P<0,05).

A atividade enzimática das celulases variou de 13,12 a 16,78 µg glicose.g$^{-1}$ solo (Tabela 7). Não foi verificado efeito das alturas de pastejo e intereção alturas*épocas na atividade desta enzima (P>0,05). A menor atividade observada ocorreu no inverno (13,78 µg glicose.g$^{-1}$ solo) a qual diferiu-se das demais atividades verificadas no verão, outono e primavera.

**Tabela 7.** Atividade da celulase (µg glicose.g$^{-1}$ solo) do solo cultivado com capim-marandu, manejado sob diferentes alturas de pastejo (15, 25 e 35 cm), em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 16,78 | 14,03 | 13.76 | 13,16 | 14.43 | ± 0,89 |
| 25 cm | 15,04 | 15,25 | 13,12 | 13,84 | 14,31 | ± 0,84 |
| 35 cm | 15,22 | 16,36 | 14,48 | 15,06 | 15,28 | ± 0,94 |
| Contraste | ns | ns | ns | ns | ns | - |
| Média | 15,68 A | 15,22 A | 13,78 B | 14,02 A | - | - |
| EPM* | ± 0,93 | ± 0,83 | ± 0,83 | ± 1,46 | - | - |

* EPM = Erro Padrão da Média. Significativo ao nível de P<0,05. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo). Teste de média nas épocas do ano (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, P<0,05).

O teor de carbono do solo cultivado com capim-marandu variou de 1,54 a 1,91%. (Tabela 8). No verão e na primavera ocorreram os menores teores (1,54 e 1,77%, respectivamente) e esses se diferiram (P<0,05) dos maiores teores que foram observados no outono e inverno). Não foi verificado efeitos das alturas de pastejo e interação alturas*épocas no teor de carbono do solo (P>0,05).

**Tabela 8.** Ter de carbono (%) no solo cultivado com capim-marandu, manejado sob diferentes alturas de pastejo (15, 25 e 35 cm), em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 1,49 | 1,94 | 1,94 | 1,78 | 1,78 | ± 0,04 |
| 25 cm | 1,66 | 1,88 | 1,91 | 1,62 | 1,77 | ± 0,05 |
| 35 cm | 1,46 | 1,70 | 1,90 | 1,90 | 1,75 | ± 0,04 |
| Contraste | ns | ns | ns | ns | ns | - |
| Média | 1,54 C | 1,84 A | 1,91 A | 1,77 B | - | - |
| EPM* | ± 0,04 | ± 0,04 | ± 0,04 | ± 0,07 | - | - |

* EPM=Erro Padrão da Média. Significativo ao nível de P<0,05. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo). Teste de média nas épocas do ano (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, P<0,05).

Observou-se relações lineares significativas (P<0,05) entre as atividades enzimáticas e o teor de carbono no solo (Figura 8). A enzima que melhor se correlacionou com o teor de carbono foi a desidrogenase (R=0,55; P<0,0001) .

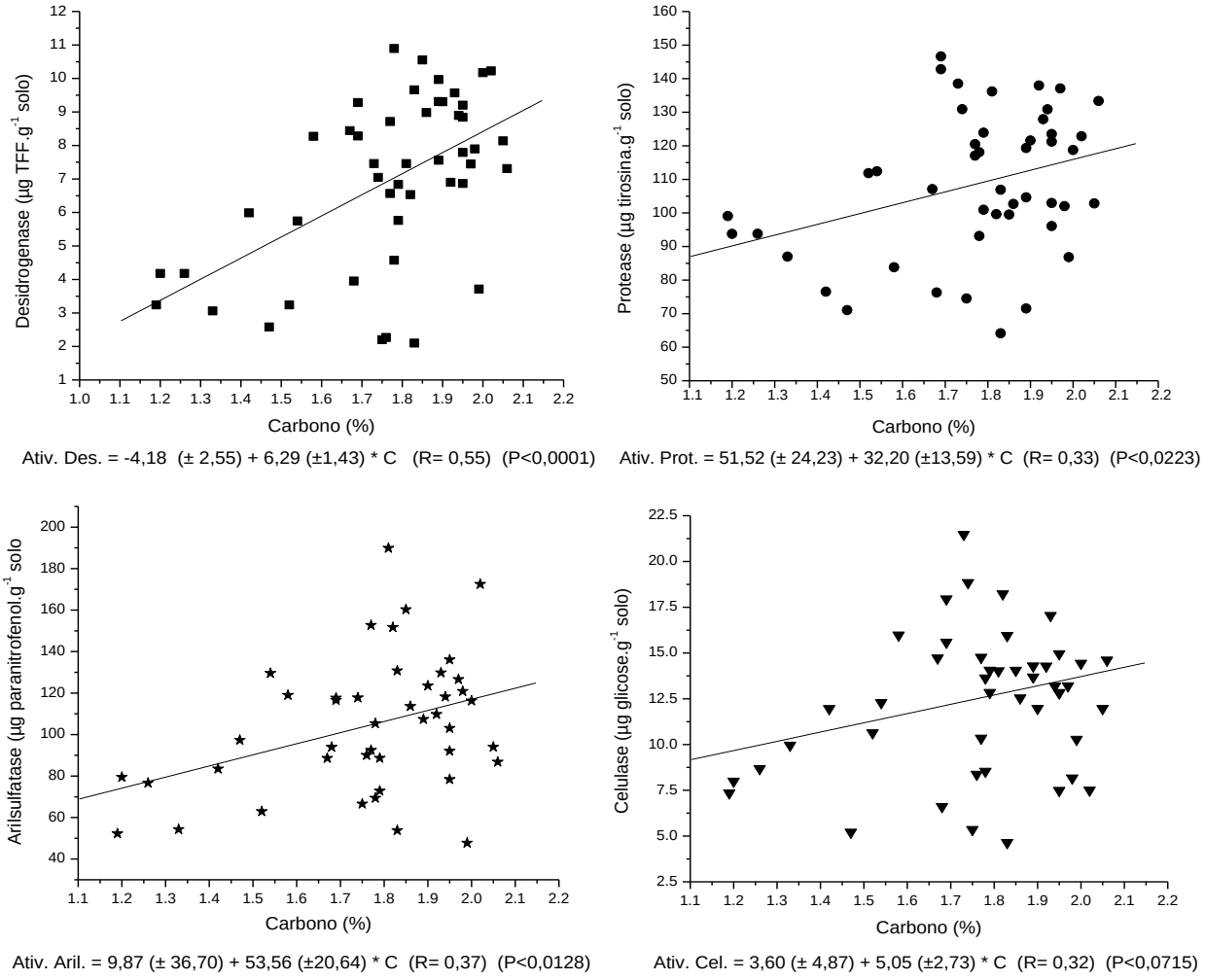


**Figura 8.** Relação linear entre as atividades enzimáticas e o teor de carbono no solo cultivado com capim-marandu. C = Carbono; Ativ. Des.= Atividade das desigrogenases; Ativ. Prot.= Atividade das proteases; Ativ.Aril.= Atividade das arilsulfase; Ativ. Cel.= Atividade das celulases.

### 3.2. Emissão de $CO_2$ no solo

Nas Tabelas 9 e 10 estão apresentadas as variações temporais de emissão de $CO_2$ ($ECO_2$) e temperatura do solo (Tsolo) nas áreas com diferentes alturas de pasto em cada estação do ano.

A $ECO_2$ apresentou variabilidade ao longo do ano, com valor mínimo e máximo de 1,76 e 6,10 µmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ no inverno e no verão, respectivamente. A média geral observada foi de 4,25 µmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$ no período estudado. Não foi verificado efeito das alturas de pastejo e intereção alturas*épocas na emissão de $CO_2$ (P>0,05). As emissões observadas na primavera (5,39 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$) e no verão (6,10 µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$) não diferiram entre si, porém, estas se diferiram das demais épocas estudadas (outono e inverno).

**Tabela 9.** Emissão de $CO_2$ no solo (µmol $m^{-2}$ $s^{-1}$) cultivado com capim-marandu, manejado sob diferentes alturas de pastejo (15, 25 e 35 cm), em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 5,78 | 3,79 | 1,90 | 5,62 | 4,28 | ± 0,12 |
| 25 cm | 6,37 | 3,90 | 1,78 | 4,90 | 4,24 | ± 0,14 |
| 35 cm | 6,17 | 3,58 | 1,60 | 5,65 | 4,25 | ± 0,11 |
| Contraste | ns | ns | ns | ns | ns | - |
| Média | 6,10 A | 3,76 B | 1,76 C | 5,39 A | - | - |
| EPM* | ± 0,24 | ± 0,10 | ± 0,05 | ± 0,16 | - | - |

* EPM = Erro Padrão da Média. Significativo ao nível de P<0,05. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo). Teste de média nas épocas do ano (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, P<0,05).

A Tsolo variou ao longo do ano com valor médio mínimo de 18,69 $^{o}$C no outono e máximo de 24,17 $^{o}$C no verão (Tabela 10). As temperaturas mais elevadas (verão e primavera) não diferiram entre si (P > 0,05), assim como as temperaturas mais baixas (outono e inverno). Houve diferença significativa (P< 0,05) apenas quando comparadas as temperaturas observadas no verão/primavera com as do outono/inverno .

**Tabela 10.** Temperatura do solo ($^{o}$C) cultivado com capim-marandu, manejado sob diferentes alturas de pastejo (15, 25 e 35 cm), em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 24,97 | 19,52 | 19,48 | 23,00 | 21,74 | ± 0,38 |
| 25 cm | 24,05 | 18,75 | 19,63 | 22,70 | 21,28 | ± 0,37 |
| 35 cm | 23,51 | 17,79 | 19,07 | 22,46 | 20,71 | ± 0,39 |
| Contraste | ns | ns | ns | ns | ns | - |
| Média | 24,17 A | 18,69 B | 19,39 B | 22,88 A | - | - |
| EPM* | ± 0,47 | ± 0,47 | ± 0,30 | ± 0,28 | - | - |

* EPM=Erro Padrão da Média. Significativo ao nível de P<0,05. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo). Teste de média nas épocas do ano (médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey,P<0,05).

Considerando todo o período estudado, a associação linear entre $ECO_2$ e temperatura do solo é positiva e significativa (R=0,61; P<0,05) (Figura 9 e Tabela 11). Quando os dados são analisados por estação, observa-se relação mais forte no verão, inverno e primavera. O outono foi a estação que apresentou menor relação entre a $ECO_2$ e temperatura do solo (R=0,30), porém, significativa (P<0,05).

**Tabela 11.** Relação entre emissão de $CO_2$ (µmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$) e temperatura ($^{o}$C) do solo cultivado com capim-marandu, manejado em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| Estações do ano | $ECO_2$ = a + b Tsolo (Equação 1) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | a | b | R | P |
| Geral | -4,71 ± 0,76 | 0,41 ± 0,04 | 0,61 | <0,0001 |
| Verão | -5,63 ± 2,29 | 0,52 ± 0,09 | 0,75 | <0,0001 |
| Outono | 0,59 ± 1,19 | 0,12 ± 0,05 | 0,30 | <0,0287 |
| Inverno | -6,66 ± 1,36 | 0,50 ± 0,06 | 0.70 | <0,0001 |
| Primavera | -7,55 ± 1,60 | 0,55 ± 0,07 | 0,71 | <0,0001 |

($ECO_2$) = emissão de $CO_2$; (Tsolo) = temperatura do solo

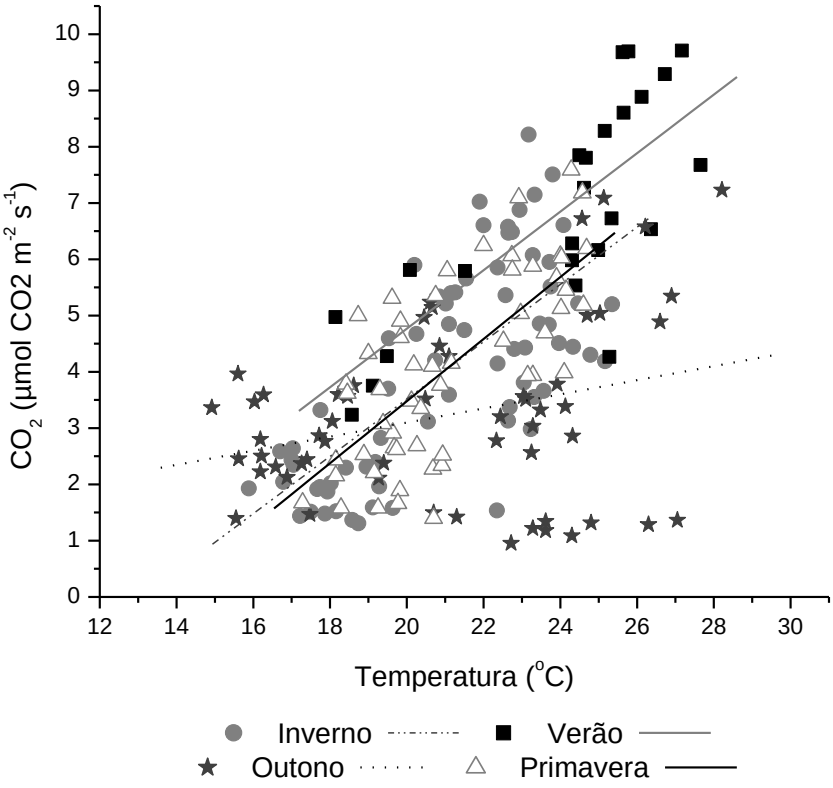


**Figura 9.** Relação entre emissão de $CO_2$ ($ECO_2$) (µmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$) e temperatura (T.solo) ($^oC$) do solo cultivado com capim-marandu, em lotação contínua, nas estações do ano.

## 4. DISCUSSÃO

As desidrogenases estão envolvidas nos processos de transporte de elétrons, acoplado à síntese de ATP e, por isso, têm sido usadas como medida da atividade biológica. Essas enzimas são encontradas em células vivas, não se acumulam extracelularmente no solo e podem ser indicativo da atividade oxidativa total da microbiota do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). No presente estudo, não foi verificado efeito (P>0,05) das alturas de pastejo nas atividades da desidrogenases. As maiores atividades das desidrogenases foram observadas no inverno e na primavera

(8,16 e 8,80 µg TFF.$g^{-1}$ solo, respectivamente) quando comparado com o verão e outono (Tabela 4).

Segundo Moreira e Siqueira (2006) a maioria das desidrogenases é produzida por microrganismos anaeróbios e, por isso, a atividade varia inversamente com o potencial redox. Assim, a inundação do solo causa aumento rápido na atividade dessa enzima. Quilchano e Maranón (2002) também observaram que a atividade da desidrogenase está relacionada com o aumento da umidade do solo e ao crescimento da população microbiana. Esses autores obtiveram maior atividade desta enzima no outono, época onde havia maior quantidade de água no solo.

Apesar de ter sido observado baixa precipitação no inverno (Figuras 1 e 2), a quantidade de água presente no solo da área experimental nesse período provavelmente não foi limitante ao crescimento e desenvolvimento da população microbiana, verificando assim maior atividade da desidrogenase nessa época (Tabela 4). A tendência de aumento da atividade das desidrogenases foi também observada por Janusckiewicz (2011) em estudo com diferentes cultivares de *Brachiaria* e ofertas de forragem.

Outros fatores, além da umidade do solo, podem afetar a atividade enzimática do solo, e entre eles está o local de coleta da amostra de solo para análise. De acordo com Fernandez et al. (2008), as plantas podem interferir diretamente na atividade enzimática do solo, sendo esta atividade maior em amostras coletadas na rizosfera quando comparada com áreas onde não tem ocorrência de raízes. No presente estudo, as amostras de solo foram coletadas juntamente com as amostras de raízes, sendo observado maiores atividades das desidrogenases quando comparado com os resultados verificados por Raposo (2013) em estudo com solos não rizosféricos de capim-xaraés sob diferentes índices de área foliar residual.

Além da relação existente entre a atividade das desidrogenases e umidade do solo, estudos também evidenciam relação desta enzima com o teor de carbono no solo (BADIANE et al., 2001; NOGUEIRA et al., 2006; NAYAK et al., 2007). As desidrogenases são sensivelmente modificadas por alterações desse atributo no solo, e que pode ser reflexo do tipo de manejo, com consequente qualidade e quantidade de

carbono disponível (CHODAK e NIKLIÑSKA, 2010). No entanto, as alturas de pasto não afetaram (P>0,05) o teor de carbono no solo (Tabela 8). Foi observado diferença significativa apenas nas épocas estudadas e o solo amostrado no inverno apresentou maior teor de carbono (1,90%).

No presente estudo a relação entre atividade das desidrogenases e %C no solo foi significativa (P<0,0001) (Figura 8). Esses dados corroboram com os encontrados por Pavanelli e Araújo (2010) e Vasconcelos et. al. (2013), que em estudo com pastagem de *Brachiaria* e recuperação de matas ciliares, também encontraram correlação significativa entre esses fatores.

Existem poucos os estudos na literatura que avaliam as atividades enzimáticas dentro de um mesmo ecossistema e, quando realizados, não são verificados efeitos significativos. Geralmente se observa na literatura estudos que comparam diferentes ecossistemas, tais como: floresta nativa, áreas de reflorestamento, pastagens, entre outros. Pereira et al. (2013), em estudo com floresta nativa e reflorestamento de áreas com Araucárias observaram maior atividade das desidrogenases nas áreas de reflorestamento quando comparadas com as encontradas nas florestas nativas. Bini (2009) e Bini et al. (2013a) encontraram maior atividade das desidrogenases em solos ocupados com agricultura (16,46 µg TFF.$g^{-1}$ solo $dia^{-1}$) quando comparadas com as atividades em solos ocupados com florestas de Araucárias (11,28 µg TFF.$g^{-1}$ solo $dia^{-1}$) e reflorestamento (10,65 µg TFF.$g^{-1}$ solo $dia^{-1}$). A atividade das desidrogenases nas áreas ocupadas com agricultura e florestas apresentadas acima são superiores às encontradas no presente estudo.

A atividade das proteases não seguiu o mesmo padrão que foi observado na atividade das desidrogenases. O maior valor encontrado na atividade desta enzima foi 133,27 µg tirosina.$g^{-1}$ solo e este ocorreu no outono (Tabela 5). A elevada precipitação ocorrida no mês de março (Figura 1), manteve o solo úmido favorecendo a atividade dos microrganismos. Além disso, durante o outono havia grande quantidade de massa de forragem tanto viva quanto morta (Figura 5) que permaneceram na superfície do solo e auxiliou na retenção de umidade e temperaturas amenas, características essas que favorecem as atividades dos microrganismos. Janusckiewicz (2011) em estudo

avaliando a atividade enzimática no solo com diferentes cultivares de *Brachiaria*, obteve o valor de 134,71 µg tirosina.$g^{-1}$ solo no outono, sendo este valor muito semelhante ao presente estudo (Tabela 5).

No presente estudo, as diferentes intensidades de pastejo não afetaram (P>0,05) a atividade das proteases (Tabela 5). Entretanto, Garcia e Nahas (2007), avaliando a biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos, verificaram que houve diminuição significativa da atividade proteolítica em pastos com alta lotação (maior intensidade de pastejo). Segundo os autores, a redução da atividade da protease em pastos com alta lotação sugere que o potencial de mineralização do N pode estar sendo afetado pela disponibilidade deste elemento. De acordo com Carvalho et al. (2010), altas intensidades de pastejo promovem menor quantidade de resíduos na superfície do solo, o que resulta em menores adições de carbono e de outros nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio, resultando em diminuição na qualidade do solo, afetando negativamente a microbiota do solo e os processos por ela controlados (HOLF, 1997). Garcia e Nahas (2007) também verificaram diminuição na atividade proteolítica com o aumento da profundidade do solo. De acordo com os autores, o solo da camada superficial (0-10 cm) tende a acumular matéria orgânica e nutrientes, resultando em aumento da biomassa e atividade microbianas.

Silva et al. (2012), avaliando a atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no período úmido e seco, observaram que a ativadade das arilsulfatases na pastagem apresentou variação entre as épocas estudadas, onde foram observados valores mais elevados na época úmida em relação à seca. Esse padrão de resposta não foi observado no presente estudo, uma vez que a maior atividade desta enzima foi verificada no inverno e primavera (112,61 e 128,27 µg paranitrofenol.$g^{-1}$ solo, respectivamente), e a menor atividade foi observado no verão (97,69 µg paranitrofenol.$g^{-1}$ solo), conforme Tabela 6.

De acordo com Nogueira e Melo (2003), a atividade da arilsulfatase no solo decresce com a redução do teor de matéria orgânica, e esse padrão deve-se, principalmente, ao fato de essa constituir a principal reserva de ésteres de sulfato, os

quais são substratos da enzima. Os autores encontraram atividade média inferior (7,64 µg paranitrofenol.g$^{-1}$ solo h$^{-1}$) à encontrada em vários solos em condições de clima temperado, que variaram de 28 a 425 µg paranitrofenol.g$^{-1}$ solo) na camada superficial do solo, sem relação com o conteúdo de materia orgânica. Nesse caso, os autores sugeriram que a qualidade da matéria orgânica apresentou maiores efeitos sobre a atividade enzimática que a sua quantidade. Gupta et al. (1993) também encontraram correlação positiva entre a atividade enzimática e carbono orgânico e entre atividade enzimática e enxofre total, com atividade variando de 9 a 770 µg paranitrofenol.g$^{-1}$ solo). O mesmo foi observado no presente estudo onde houve correlação significativa (P<0,0128) desta atividade com o teor de carbono no solo (Figura 8).

Janusckiewicz (2011), em estudo com diferentes cultivares de *Brachiaria* verificou que a atividade da arilsulfatase no capim-marandu foi maior quando comparada ao capim-xaraés e o capim-mulato e também no decorrer das avaliação. A autora afirma que a maior atividade encontrada no solo com capim-marandu é devido às características de crescimento desse capim, que promove boa cobertura do solo e propicia um ambiente mais favorável ao desenvolvimento de microorganismos, e consequentemente maior atividade enzimática. A média encontrada na atividade da arilsulfatase neste estudo foi de 34,31 µg paranitrofenol.g$^{-1}$ solo, valores estes inferiores aos encontrados no presente trabalho (Tabela 6).

A celulase foi a enzima que apresensou menor oscilações nas estações do ano (Tabela 7). Apesar de não ter sido observado efeito das alturas na atividade desta enzima (P>0,05), as amostras coletadas no outono, inverno e na primavera, nas alturas de 35 cm apresentaram atividade enzimática numericamente superior (Tabela 7).

Wick et al. (2002), avaliando as variações temporais de indicadores microbiológicos e bioquímicos em diferentes tipos de solos na Nigéria, constataram que a atividade da celulase variou acentuadamente durante o ano e exibiu grande diferença entre as estações. Facci (2008) avaliou a atividade enzimática em diferentes épocas de amostragem e verificou aumento na atividade da celulase no início do verão e menor atividade no inverno. O mesmo comportamento foi observado no presente trabalho. No verão a atividade da celulase foi maior que a verificada no inverno (15,68 e 13,78 µg

glicose.$g^{-1}$ solo, respectivamente) (Tabela 7). Esses valores corroboram com os resultados obtidos por Janusckiewicz (2011), em estudo com diferentes cultivares de *Brachiaria*. A autora verificou maior atividade da celulase no verão (17,10 µg glicose.$g^{-1}$ solo) quando comparado com as observadas no inverno (11,27 µg glicose.$g^{-1}$ solo).

As diferentes alturas impostas aos pastos no presente estudo não apresentaram efeito (P>0,05) sob as $ECO_2$ e temperatura do solo (Tabelas 9 e 10). Os resultados observados ao longo de 2011 denotam variações da $ECO_2$ e temperatura do solo no decorrer das estações do ano de acordo com as mudanças ocorridas nas condições climáticas locais (Figuras 1 e 2).

Os eventos de precipitação e variações de temperatura determinaram a variação temporal $ECO_2$ (Tabela 9), uma vez que estes eventos aumentam a umidade e a temperatura do solo (Tabela 10), propiciando condições favoráveis à atividade biológica do solo. Brito et al. (2009), em estudo realizado em área cultivada com cana-de-açucar na mesma região em que o presente estudo foi desenvolvido, também observaram variação temporal de $ECO_2$ e verificaram maior valor de $ECO_2$ no período chuvoso (5,68 µmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$) em relação ao valor mínimo observado no período seco do ano (1,70 µmol $CO_2$ $m^{-2}$ $s^{-1}$).

A sensibilidade de $ECO_2$ à umidade do solo, também foi relatada por Pinto Júnior et al. (2009), Panosso et al. (2009), dentre outros autores. Essa emissão está diretamente relacionada aos eventos de chuva, uma vez que a entrada de água da chuva no solo provoca expulsão de ar, e consequentemente $CO_2$, afetando diretamente a $ECO_2$ (LUO & ZHOU, 2006). Posteriormente, o aumento da umidade do solo tem efeito sobre a atividade microbiana e respiração de raízes, favorecendo a produção do gás no interior do solo. Segundo Varella et al. (2004), a $ECO_2$ aumenta positivamente em relação à umidade do solo até o limite de 30% do espaço poroso preenchido com água e a partir deste limite a $ECO_2$ diminiu.

Segundo Ferreira et al. (2005), em estudo avaliando diferentes sistemas de preparo do solo em área de rotação soja-milho no Cerrado, a distribuição de chuvas tem mais efeito sobre a $ECO_2$ do que os sistemas de manejo estudados. Varella et al. (2004) obtiveram em pastagem no Cerrado valor médio anual do efluxo de $CO_2$ do solo

é de 4,00 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$. Durante o período seco as emissões médias encontrada pelos autores foram de 2 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$, enquanto que na estação chuvosa situaram-se entre 3 e 6 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$. Comportamento semelhante foi observado no presente estudo em que as emissões médias no verão (período chuvoso) (6,10 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$) foram maiores que as emissões de $CO_2$ no inverno (período seco) (1,76 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$) (Tabela 8). Raposo (2013) em estudo com capim-xaraés submetidos à diferentes IAFr não observou efeito dos IAFr na $ECO_2$, no entanto, a autora observou variação da $ECO_2$ ao longo do ano. A média das emissões observadas pela autora dos meses de janeiro a março, época em que houve maior incidência de chuvas e maiores armazenamentos de água no solo foi de 3,49 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$. Já no período seco, época do ano em que há menor ocorrência de chuvas e menores temperaturas, a média das $ECO_2$ do solo foi de 2,17 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$. Em áreas de capim-tanzânia submetidas ao pastejo rotacionado com caprinos, a $ECO_2$ do solo variou de 4,52 a 7,98 μmol $m^{-2}$ $s^{-1}$, sendo influenciada pelas intensidades de pastejo propostas (IAFr de 0,8, 1,6 e 2,4) e também pela variação da umidade do solo durante o período avaliado (RUGGIERI et al. 2010).

A sensibilidade de $ECO_2$ em relação às variações na temperatura do solo foi significativa em todas as estações do ano estudadas (Figura 9 e Tabela 11), porém, no outono houve menor significância (valor de P), quando comparado com as demais estações. Todas as relações foram positivas, isto é, com o aumento da temperatura do solo houve aumento na $ECO_2$, uma vez que elevadas temperaturas são mais propícias à atividade biológica do solo e também do sistema radicular das plantas. Liebig et al. (2013), em estudo realizado em região semiárida dos EUA avaliando diferentes sistemas de manejo (pastagens de vegetação nativa sob diferentes taxas de lotação e pastagens com fertilizantes) relataram, entretanto, ausência de correlação entre a $ECO_2$ e a temperatura do solo no verão. Os autores atribuiram isso às condições estáveis de temperatura do solo neste período, o que resultou em maior relação entre $ECO_2$ e umidade do solo.

Esperava-se neste estudo que as diferentes intensidades de pastejo resultassem em padrões distintos de emissões de $CO_2$ e temperatura do solo, pois o pastejo intensivo (altura de 15 cm) visivelmente removeu mais de 50% das folhas da

forrageira. A remoção de mais de 50% da folha, segundo Lemaire (1997), faz com que as plantas direcionem os produtos da fotossíntese ao restabelecimento da parte aérea em detrimento ao crescimento das raízes. Dessa forma, esperava-se que na menor altura de pastejo (15 cm) a menor massa de raízes (conforme observado em estudo concomitante) e menor deposição de serrapilheira e de raízes mortas, resultasse em menores taxas de emissão de $CO_2$ do solo. Entretanto, a menor massa de raiz na altura de 15 cm (2,92 kg.m$^{-2}$) quando comparado com a altura de 35 cm (3,49 kg.m$^{-2}$), não foi suficiente para ocasionar diferença na emissão de $CO_2$.

Alguns estudos demonstram variações nas emissões de $CO_2$ quando comparam diferentes ecosistemas. Em trabalho realizado por Schaufler et al. (2010) avaliando a emissão de $CO_2$ em áreas de pastagem, floresta e áreas agrícolas, obtiveram maiores emissões de $CO_2$ nas áreas de pastagem. Raich e Tufekcioglu (2000) também obtiveram maiores emissões de $CO_2$ em áreas com pastagem quando comparado com áreas de floresta. Segundo esses autores, as gramíneas não acumulam muito carbono acima do solo como as plantas lenhosas, entretanto, grande parte do carbono é alocado nas raízes, e a respiração destas se torna um dos principais fatores que influenciam as taxas de respiração do solo.

## 5. CONCLUSÃO

Alturas de manejo em pastos de capim-marandu promovem semelhantes atividades enzimáticas bem como emissões de $CO_2$ do solo. Já as variações climáticas observadas ao longo do ano propiciam alterações tanto nas atividades enzimáticas do solo, como na emissão de $CO_2$.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, V. G.; BATELLO, E.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; MCLVOR, J.; LI, X.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A. AND SANDERSON, M. An International terminilogy for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forrage Science**, v.66, p. 2-28, 2011.

BADIANE, N.N.Y.; CHOTTE, J.L.; PATE, E.; MASSE, D. & ROULAND, C. Use of soil enzyme activities to monitor soil quality in natural and improved fallows in semi-arid tropical regions. **Appl. Soil Ecol**., 18:229-238, 2001.

BANERJEE, M. R.; BURTON, D. L.; MCCAUGHEY, W. P. e GRANT, C. A. Influence of pasture management on soil biological quality. **Journal of Range Managements**. v.53, p. 127-133, 2000.

BINI, D. Bioindicadores de qualidade do solo em diferentes ecossistemas. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 75p. (Dissertação de Mestrado), 2009.

BINI, D.; SANTOS, C.A.; CARMO, K.B.; KISHINO, N.; ANDRADE, G.; ZANGARO, W. & NOGUEIRA, M.A. Effects of land use on soil organic carbon and microbial processes associated with soil health in southern Brazil. **Eur. J. Soil Biol**., 55:117-123, 2013a.

BRITO, L. F.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z. M.; LA SCALA JÚNIOR, N. Soil $CO_2$ emission of sugarcane fields as affected by topography. **Sci, Agric, (Piracicaba, Braz,)**, v.66, n.1, p.77-83, January/February 2009.

CARVALHO, F. Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade do solo em florestas de *Araucaria angustifolia* (Bert.). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 95p. (Tese de Mestrado), 2005.

CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. de SOUZA, E. D. de SULC, R. M. LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S. da CONTE, O.; WESP, C. de L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no‑till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.259‑273, 2010.

CHODAK, M. & NIKLIÑSKA, M. Effect of texture and tree species on microbial properties of mine soils. **Appl. Soil Ecol**., 46:268-275, 2010.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. Soil health and sustainability. In: SPARKS, D. L. (Org.) **Advances in Agronomy**, San Diego: Academic Press, p. 1-54, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura - EMBRAPA-CNPS, 212 p., 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos.** Brasília:Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - Solos, 306 p. 2006.

FACCI, L. D. Variáveis microbiológicas como indicadoras de qualidade do solo sob diferentes usos. 95 f. Dissertação (Mestrado Em Gestão De Recursos Agroambientais), IAC, 2008.

FERNÁNDEZ, M. T. H.; IZQUIERDO, C. G.; STAMFORD, N. P.; MORENO, M. C. M. Enzimas que actúan em la materia orgánica del suelo. In: FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. (Ed.), **Microorganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura.** Guaíba: Agrolivros, p. 351-375, 2008.

FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Medidas do fluxo de $CO_2$ do solo pelos métodos da absorção alcalina e analisador de gás infravermelho em diferentes sistemas de manejo no Cerrado, Embrapa Cerrados, 28p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento 151) 2005.

GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 269- 276, 2007.

GUPTA, V. V. S. R.; FARRELL, R. E. & GERMIDA, J. J. Activity of arilsulfatase in Saskatchewan soils. Can, J, Soil Sci., 73:341-347, 1993.

HOLT, J. A. Grazing pressure and soil carbon, microbial biomass and enzyme activities in semi-arid northeastern Australia, Appl, Soil Ecol., 5:143-149, 1997.

INGRAM, L. J.; STAHL, P. D.; SCHUMAN, G. E.; BUYER, J. S.; VANCE, G. F.; GANJEGUNTE, G. K.; WELKER, J. M.; DERNER, J. D. Grazing impacts on soil carbon and microbial communities in a mixed‐grass ecosystem. **Soil Science Society of America Journal**, v.72, p.939‐948, 2008.

JANUSCKIEWICZ, E. R. Compostos de reserva das plantas e atividade enzimática do solo em pastos de *Brachiaria* manejados sob ofertas de forragem e lotação rotacionada, 2011, 161f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.

LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under: tissue turnover. Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. In: GOMIDE, J. A. (Ed.). Viçosa, **Anais,,,** Viçosa, p. 117-144, 1997.

LIEBIG, M. A.; KRONBERG, S.L.; HENDRICKSON, J.R.; DONG, X.; GROSS, J.R. Carbon dioxide efflux from long-term grazing management systems in a semiarid region. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 164 (2013) 137– 144.

LITTELL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D.; SCHABENBERGER, O. SAS for mixed models. 2nd ed. Cary: SAS Institute,813p., 2006.

LUO, L.; ZHOU, X. **Soil respiration and the environment**. London: Elsevier, 316 p. 2006.

MARCHIORI JÚNIOR, M. & MELO, W. J. Carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** V. 23, p. 257-263, 1999.

MELO, W. J.; MELO, G. M. P., ARAÚJO, A. F.; MELO, V. P. Avaliação da atividade enzimática em amostras de solo. In: FIGUEIREDO et al. (Eds) **Biotecnologia aplicada à agricultura.** Brasília, EMBRAPA, Informação tecnológica, Recife, Instituto Agronômico de Pernambuco, p. 158-187, 2010.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2 ed. Atualizada e ampliada. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 729p. 2006.

NAYAK, D. R.; BABU, Y. J. & ADHYA, T. K. Long-term application of compost influences microbial biomass and enzyme activities in a tropical Aeric Endoaquept planted to rice under flooded condition. **Soil Biol. Biochem**., 39:1897-1906, 2007.

NOGUEIRA, M. A. & MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Pesq. Agropec. Bras**., 27:655-663, 2003.

NOGUEIRA, M. A.; ALBINO, U. B.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M. F.; DIAS, B. A.; DUARTE, R. T. D.; GIOPPO, N. M. R.; MENNA, P.; ORLANDI, J. M.; RAIMAM, M. P.; RAMPAZO, L. G. L.; SANTOS, M. A.; SILVA, M. E. Z.; VIEIRA, F. P.; TOREZAN, J. M. D.; HUNGRIA, M. & ANDRADE, G. Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. **Agric. Ecosyst. Environ**., 115:237-247, 2006.

MOOT, G. O.; LUCAS, H. L. The design conducted and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pasture. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1952, Pensilvânia, **Proceedings,,,** Pensilvânia: State College Press, p.1380-1395, 1953.

PANOSSO, A. R. ; MARQUES JR., J.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA JR., N. Spatial and temporal variability of soil $CO_2$ emission in a sugarcane area under green and slash-and-burn managements. **Soil & Tillage Research**, v.105, p.275–282, 2009.

PANAVELLI, L. E. & ARAUJO. F.F. Parâmetros químicos e biológicos de qualidade de solo sob cultivo de braquiária e soja no oeste paulista. **Revista Ceres**, Viçosa. v. 57, p. 118-127, 2010.

PINTO JUNIOR, O. B.; SANCHES, L.; DALMOLIN, A. C.; NOGUEIRA, J. S. Efluxo de $CO_2$ do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem,.Acta Amazonica, v. 39, n.4, p.813 – 822, 2009.

QUILCHANO, C. & MARANÓN, T. Dehydrogenase activity in Mediterranean forest soils,. **Biology and Fertility of Soils**. Berlin, v.35, n. 2, p. 102-107, 2002.

RAICH, J. W.; TUFEKCIOGLU, A. Vegetation and soil respiration: correlations and controls. ***Biogeochemistry***, v. 48, p. 71-90, 2000.

RAPOSO, E. **Dinâmica de carbono e nitrogênio em pastos de capim-xaraés submetidos a diferentes resíduos pós-pastejo.** 2013, 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

RUGGIERI, A. C.; SANTOS, N. L.; MEISTER, N. C.; COSTA E SILVA, V.; SILVA MARTINS, P. E.; LA SCALA JR. N.; TEIXEIRA, D. B. CO2 emission in Tanzania-grass submitted rotational stocking intensities by goats. **Greenhouse Gases and Animal Agriculture Conference.** Banff, Canadá, 2010.

SCHAUFLER, G.; KITZLER, B.; SCHINDLBACHER, A.; SKIBA, U.; SUTTON, M. A.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S. Greenhouse gases emission fron European soils under different land use: effects of soil moisture and temperature. ***European Journal of Soil Science*****.** v. 61, p. 683-696, October 2010.

SIX, J.; FREY, S. D.; THIES, R. K.; BATTEN, K. M. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.555‑569, 2006.

VARELLA, R. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PINTO, A. S.; KISSELLE, K. W.; SANTOS, R. V.; BURKE, R. A.; ZEPP, R. G.; VIANA, L. T. Soil fluxes of CO2 , CO, NO, and N2O from an old pasture and from native savanna in Brazil. **Ecological Applications**, v. 14, 2004.

WICK, B.; KÜHNE, R. F.; VIELHAUER, K.; VLEK, P. L. G. Temporal variability of selected soil microbiological and biochemical indicators under different soil quality conditions in south-western Nigéria. **Biology and Fertility of Soils**. V. 35, p.155-167, 2002.

## CAPÍTULO 4 – COMPOSTOS DE RESERVA DE PASTOS DE CAPIM-MARANDU SUBMETIDOS À INTENSIDADES DE PASTEJO SOB LOTAÇÃO CONTÍNUA.

**RESUMO -** Objetivou-se com este trabalho estudar o efeito das diferentes intensidades de pastejo em pastos de capim-marandu sob lotação contínua sobre as massas secas de parte aérea e de raízes, bem como os carboidratos não estruturais e compostos nitrogenados nas diferentes partes da planta. O experimento foi conduzido na UNESP, Câmpus de Jaboticabal, SP. A área experimental foi constituída de 20 hectares de pastagem de capim-marandu e dividida em doze piquetes com áreas que variaram de 0,7 a 1,3 hectares. Os tratamentos impostos foram três alturas do dossel (15, 25 e 35 cm), e o método de pastejo utilizado foi o contínuo com lotação variável. Os dados foram analisados em um delineamento inteiramente casualisado com medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED do SAS. A massa seca de parte aérea (MSPA) variou em função das alturas, estações do ano e interação altura*estação do ano ($P<0,05$). Em todas as estações estudadas, a maior MSPA foi observada na altura de 35 cm. A massa seca de raiz (MSRA) foi influenciada apenas pelas alturas. Na média, houve ajuste linear crescente ($P>0,05$) nas alturas de manejo, onde a maior altura propiciou maior massa de raiz. Os carboidratos totais não estruturais da parte aérea (CTNE.PA) não foram influenciados pelos fatores estudados. Já nas raizes, os menores valores observados ocorreram no verão, e os maiores no inverno. O nitrogênio total e o nitrogênio em aminoácidos na parte aérea (NTPA e NaaPA) foram descrescente nas alturas de pastejo, sendo que os maiores valores observados foram encontrados no verão e na primavera. Os compostos de reservas das plantas são altamente afetados pelas variação nas condições climáticas refletidas pelas estações do ano. Pastos de capim-marandu manejados à 15 cm de altura não evidenciam uma condição drástica de manejo uma vez que não afeta no desenvolvimento do sistema radicular e os compostos de reservas das plantas.

**Palavras-chave:** Altura de pastejo, *Brachiaria brizantha,* carboidrato não estrutural, nitrogênio.

## 1. INTRODUÇÃO

Grande parte das pesquisas realizadas com pastagens priorizam o crescimento e desenvolvimento da parte área das plantas. No entanto, as condições físico-químicas do solo, umidade, temperatura e intensidade de desfolhação também têm grande influência sobre o sistema radicular, que é a base na produção de perfilhos e folhas, e portanto, para a produção da forragem (CECATO et al., 2001).

É amplamente reconhecido que a remoção da parte aérea através do corte ou pastejo de forma muito intensa e frequente resulta em diminuição na produção das plantas. Primeiro ocorre prejuízo às raízes e, posteriormente, se manifesta na parte aérea. Quando o tecido fotossintético residual deixa a planta em equilíbrio quanto à fotossíntese e respiração, o novo crescimento é mantido com o produto proveniente da fotossíntese. Isso significa que a altura do pastejo ou do corte, afetando a quantidade de tecido fotossintético remanescente, determina ou não o uso de reservas orgânicas armazenadas. Se a altura de pastejo ou do corte favorecer a manutenção de um índice de área foliar adequado, ocorrerá adequada interceptação de energia luminosa, favorecendo o crescimento inicial das plantas. Assim, um manejo adequado é importante para melhorar a recuperação e produção das plantas forrageiras. Para isto, também devem ser considerados os carboidratos de reserva, que são utilizados pelas plantas como nutrientes na mantença e o desenvolvimento de futuros perfílhos e raízes (MAY, 1960).

Existe vasta informação de pesquisa científica em relação ao manejo, relacionado à influência de altura e intervalo de corte nas gramíneas forrageiras tropicais, entretanto, esta é escassa em relação aos carboidratos de reserva. Os carboidratos constituem a fonte disponível de energia ao crescimento e sobrevivência da planta (DA SILVA et al., 2012). Gross (1988) registou a concentração desses carboidratos como o melhor parâmetro para indicar o estado fisiológico da planta forrageira. Essa concentração é reduzida por ocasião da desfolhação e consequente rebrotação, sendo essa redução diretamente proporcional à intensidade e a frequência de desfolhação (YOUNGNER, 1972; SMITH, 1973; RODRIGUES et al., 2006). Os

carboidratos de reserva são fundamentais durante o período em que o balanço de energia da planta é negativo (fotossíntese líquida menor que a respiração), visto que são responsáveis pela respiração dos órgãos remanescentes, além da respiração necessária à síntese dos novos tecidos (AVICE et al., 1996).

Alguns estudos têm enfocado a idéia de que, além dos carboidratos não estruturais, as reservas nitrogenadas das plantas forrageiras também seriam fundamentais à pronta rebrotação da planta (CHAPMAN e LEMAIRE, 1996; LUPINACCI, 2002), uma vez que o nitrogênio é considerado como o principal nutriente às plantas, sendo exigido em quantidades substanciais.

De acordo com CHAPMAN & LEMAIRE (1996), cerca de 80% do nitrogênio presente na parte aérea, formada na primeira semana após o corte ou pastejo, podem ser provenientes da translocação a partir de raízes e hastes, sendo o restante proveniente da absorção via solo. Entretanto, o padrão de remobilização dessas reservas nitrogenadas até novo tecido está associado à quantidade de nitrogênio presente no sistema solo-planta (CORSI et al., 2001).

Considerando a importância dos carboidratos e nitrogênio na produtividade e perenidade das gramíneas forrageira, o objetivo com o presente trabalho foi avaliar os efeitos do manejo e das estações do ano nos teores desses compostos, bem como a produção de massa seca de raízes e parte aérea de pastos de capim-marandu sob lotação contínua.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e período experimental

O experimento foi desenvolvido em área do setor de Forragicultura, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, localizada na cidade de Jaboticabal-SP, a 21º15’22’’ de latitude sul e 48º18’58’’

de longitude oeste e 595 m de altitude, durante os períodos de dezembro de 2010 a novembro de 2011.

### 2.2. Condições climáticas

O clima de Jaboticabal, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical, mesotérmico com verão úmido e inverno seco. Os dados meteorológicos obtidos durante a realização deste estudo foram obtidos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas e estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

.

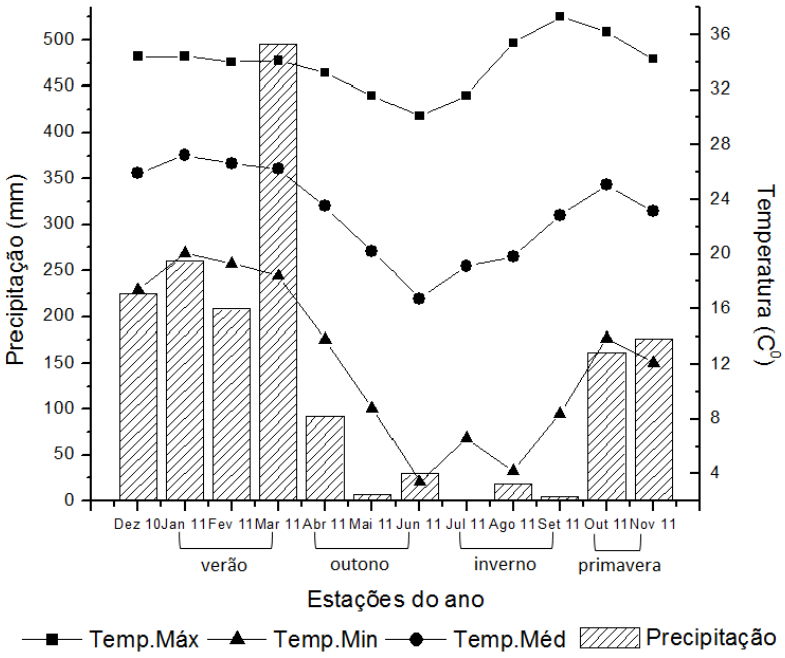


**Figura 1.** Valores acumulados de precipitação, temperaturas máxima, média e mínima (Temp.Max, Temp.Med e Temp.Min) na cidade de Jaboticabal, no período de dezembro de 2010 a novembro de 2011. **Fonte:** Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP.

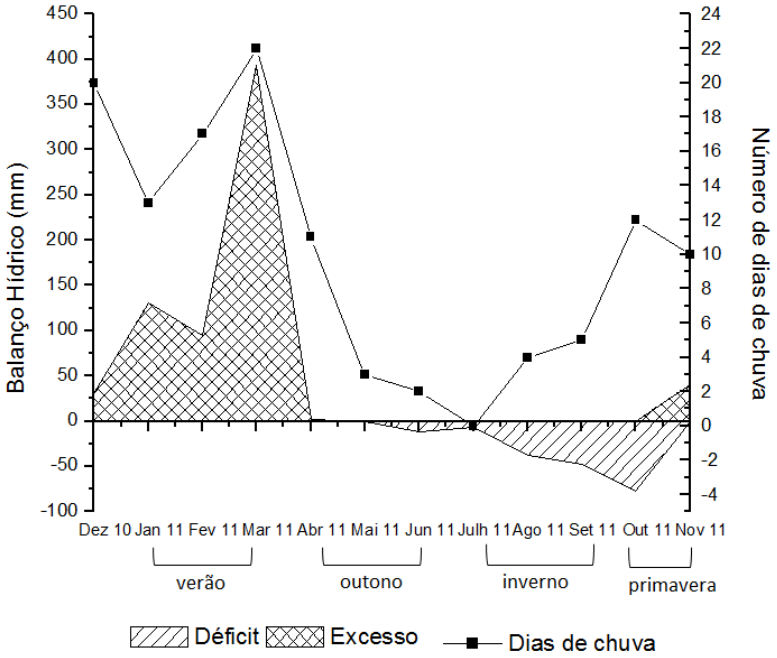


**Figura 2.** Deficit, excesso de água no solo e número de dias com chuva na cidade de Jaboticabal, no período de dezembro de 2010 a novembro de 2011. **Fonte:** Estação Agrometeorológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, SP.

### 2.3. Solo da área experimental

O experimento foi desenvolvido em pastagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Hochst. ex. A. Rich Stapf. cv. Marandu sin.*Urochloa brizantha*) em área já estabelecida cerca de 13 anos. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, A moderado, caulinítico hipoférrico de relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). Em novembro de 2010 foram coletadas seis amostras de solo em cada área experimental na profundidade de 0-15 cm, as quais foram homegeneizadas e levadas ao Departamento de Solos e Adubos da FCAV-Jaboticabal para análise. O resultado da análise de fertilidade do solo da área experimental está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado da análise de fertilidade do solo da área experimental realizada no mês novembro de 2010.

| pH | MO | P | K | Ca | Mg | H+Al | SB | T | V% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CaCl_2$ | $g/dm^3$ | $mg/dm^3$ | ----------$mmol_c/dm^3$---------- | | | | | | |
| 5,1 | 33 | 17 | 3,4 | 19 | 14 | 31 | 36,4 | 67,4 | 54 |

Análise realizada no Departamento de Solos e Adubos da FCAV-Jaboticabal.

### 2.3.1. Adubação

No dia 17 de dezembro de 2010, após o pastejo de uniformização da área, foi feita uma aplicação de 200 kg $ha^{-1}$ da fórmula 04:14:08 ($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$). A adubação de manutenção foi realizada em 4 etapas: 29 de dezembro de 2010, 18 de janeiro, 18 de fevereiro e 21 de março de 2011, quando utilizou-se 100 kg $ha^{-1}$ de uréia em cada aplicação.

## 2.4. Descrição da área experimental e tratamentos

A área experimental foi constituída de 20 hectares de pastagem de capim-marandu e dividida em 18 piquetes (Figura 3). Desses 18 piquetes, utilizou-se 12, , com áreas que variaram de 0,7 a 1,3 hectares. Os demais foram utilizados como áreas reservas e em experimento concomitante a este. Os tratamentos utilizados foram três alturas do dossel (15, 25 e 35 cm) com quatro repetições cada.

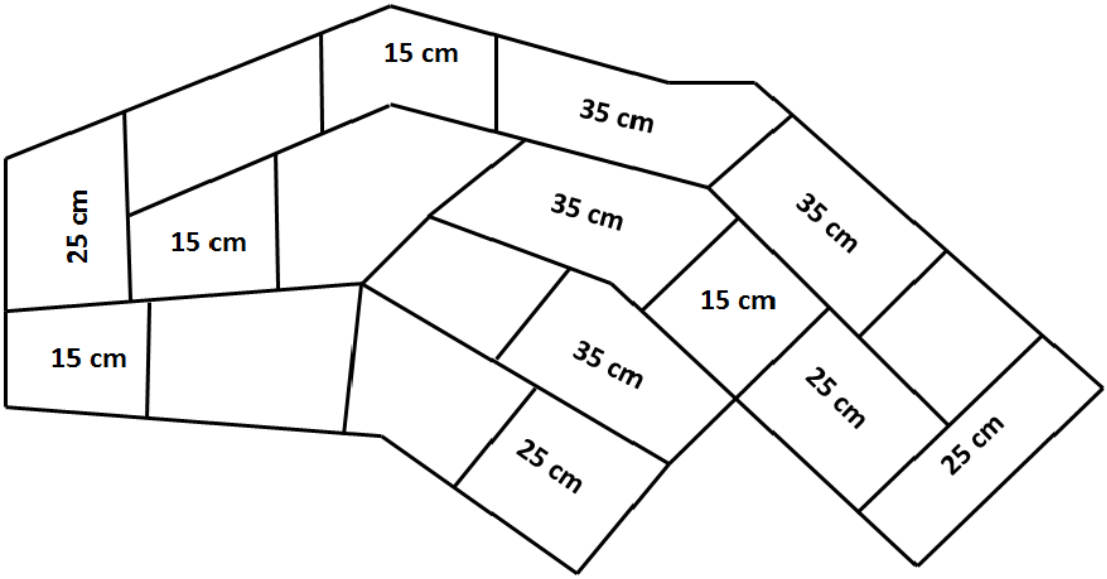


**Figura 3.** Detalhe da área experimental com ênfase nos 12 piquetes de capim-marandu que foram utilizados no experimento e a distribuição dos tratamentos.

### 2.5. Monitoramento das condições experimentais

O monitoramento da altura do dossel foi realizado semanalmente, medindo-se 100 pontos em cada unidade experimental com o auxílio de régua graduada em centímetros (Figura 4). De janeiro a abril de 2011 o método de pastejo utilizado foi o contínuo com taxa de lotação variável (put-and-take stocking, ALLEN et al., 2011). Semanalmente os animais reservas eram colocados nos piquetes quando a altura do relvado apresentava-se acima do determinado ao tratamento, e retirados quando essa se apresentava abaixo da altura pré-estabelecida. Como estratégia de manejo, no mês de maio os animais foram retirados dos piquetes com 15 cm e foram utilizados para condução de outro experimento. Os outros animais experimentais foram mantidos nas demais alturas de pastejo, 25 e 35 cm, porém, estas não foram mais controladas em virtude da baixa precipitação e temperatura (outono/inverno), o que desfavoreceu o desenvolvimento das plantas.

**Tabela 2.** Altura média (cm) observada em pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu mantidos com três alturas de dossel forrageiro em lotação contínua durante o verão de 2011.

| Alturas esperadas | Altura observada do dossel (cm) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Janeiro | Fevereiro | Março | Abril | Média |
| 15 cm | 15,27 | 14,77 | 14,54 | 14,36 | 14,73 |
| 25 cm | 26,80 | 25,67 | 25,24 | 25,03 | 25,68 |
| 35 cm | 36,90 | 35,53 | 35,12 | 35,84 | 35,85 |

**Figura 4.** Régua graduada em centímetros utilizada para medir a altura do pasto.

Os piquetes utilizados para os tratamentos de menor altura do dossel, altura intermediária e maior altura possuiam 0,7, 1,0 e 1,3 hectares de área, respectivamente, o que possibilitou obter-se o mesmo número de animais por piquete apesar das diferenças nas taxas de lotação. Essa estratégia foi utilizada com o objetivo de reduzir o efeito de grupo, diminuindo a necessidade de animais para ajuste da taxa de lotação. Foram mantidos sete novilhos da raça Nelore por piquete (animais teste) com peso médio inicial de 230 kg, sendo adicionados ou retirados animais (reserva) de acordo com a necessidade.

Mensalmente foi avaliada a massa de forragem dos piquetes. Cortou-se manualmente, com tesouras de poda, 3 amostras na altura média de cada unidade experimental. Toda a forragem contida dentro do perímetro do aro utilizado (0,25 $m^2$) foi colocada em sacos plásticos identificados e levada ao laboratório onde foi pesada e

seca em estufa de circulação forçada a 55ºC por 72 horas. Posteriormente, foi calculada a massa seca total para caracterização dos tratramentos durante o ano, conforme Figura 5.

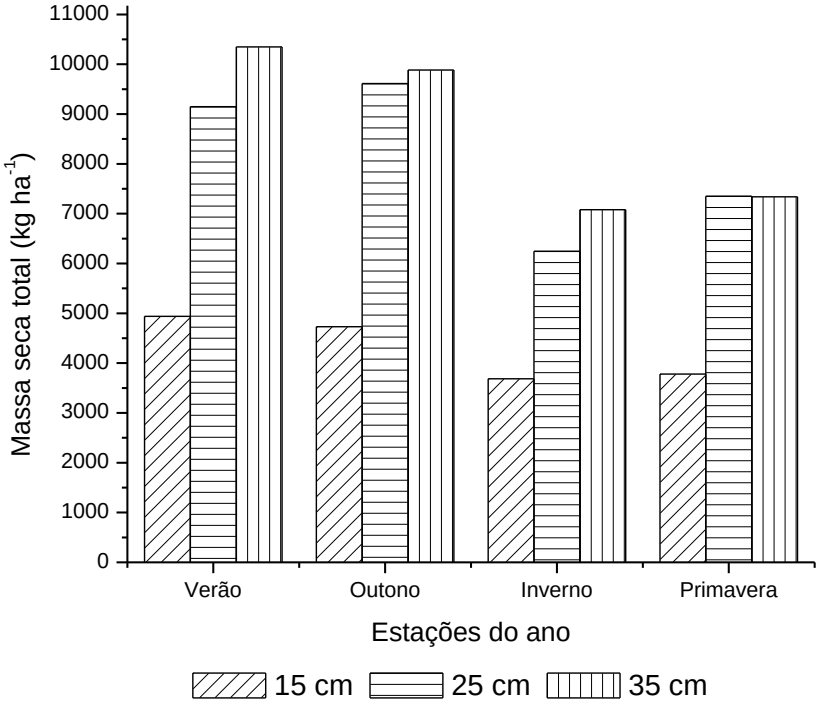


**Figura 5.** Massa seca total (kg MS $ha^{-1}$) de pastos de capim-marandu submetidos a diferentes intensidades de pastejo ao longo do ano de 2011.

## 2.6. Teores de compostos de reserva

### 2.6.1. Massa seca de raízes e de parte aérea

As amostras de raízes e de parte aérea foram coletadas através de um cilindro de aço com 15 cm de diâmetro e 13,7 cm de altura (Figura 6A), que foi introduzido a uma profundidade aproximada de 15 cm da superfície do solo. Primeiro, a parte aérea da amostra foi retirada e, posteriormente, o cilindro era introduzido no solo para a retirada das raízes e solo (Figura 6B).

As amostras assim que retiradas, foram identificadas e acondicionadas em sacos plásticos e colocadas em isopor com gelo para evitar perdas de compostos solúveis. O isopor foi levado imediatamente ao laboratório para ser feita a primeira lavagem das amostras. No laboratório, o solo remanescente nas raízes foi retirado (Figura 7A), e acondicionado em sacos plásticos em geladeira para posterior análise enzimática. As amostras de raízes foram lavadas em água corrente (Figura 7B) sobre peneira com malha de três milímetros para retirar o excesso de terra e congeladas para paralisar o processo respiratório e enzimático. Em seguida, as amostras foram descongeladas e lavadas com solução de ácido clorídrico a 3% para retirar o solo remanescente. Essas amostras foram divididas em duas subamostras, onde uma foi seca à sombra dentro do laboratório para a determinação de compostos nitrogenados, e a outra subamostra foi colocada em estufa a 55ºC até massa constante para a determinação de carboidratos totais não estruturais. Antes e após a secagem as duas subamostras foram pesadas.

**Figura 6.** (A) Cilindro para a coleta de solo e raiz; (B) Amostra retirada do solo.

**Figura 7**. (A) Retirada do solo remanescente nas amostras; (B) Amostras de raiz após a primeira lavagem.

A parte aérea das plantas foi cortada a altura de 5 cm do nível do solo. A amostra foi delimitada pela área do cilindro e retirada na altura média do dossel. Cada amostra, após cortada, foi imediatamente pesada e também dividida em duas subamostras, que passaram pelos mesmos procedimentos das subamostras das raízes.

O procedimento de amostragem foi repetido a cada quatro semanas durante todo o período experimental. Devido às variações nos teores de carboidratos de reserva (WHITE, 1973) e de compostos nitrogenados (SCHJOERRING et al., 2002) nos órgãos de acúmulo ao longo do dia, as amostragens foram realizadas sempre no mesmo horário, entre as 7h00 e 9h30 da manhã.

As massas de raízes e de parte aérea foram calculadas em relação à área de solo amostrada. Devido à forma com que a amostragem foi realizada (colocação do cilindro sobre a planta), os valores obtidos não consideraram a distribuição espacial real das plantas de capim-marandu nas condições de pasto estudadas, particularmente no que diz respeito à presença de espaços vazios, razão pela qual devem ser analisados com atenção e não permitem que extrapolações diretas sejam feitas sem os devidos cuidados.

### 2.6.2. Determinação dos compostos nitrogenados e carboidratos

Após secas e pesadas, as amostras de raízes e parte aérea foram moídas em macro e micro moinho de facas, em peneira de malha de 1mm e acondicionadas em saquinhos de plástico para análise química. Foram realizadas as seguintes análises químicas:

#### 2.6.2.1. Carboidratos totais não estruturais (CTNE)

Os CTNE foram analizados segundo Silva e Queiróz (2004), cujo método consiste na incubação da amostra com takadiastase e tampão, decantação com acetato de chumbo, fervura com reagente 50, adição de iodeto-oxalato de potássio e titulação com tiossulfato de sódio. A quantidade de carboidratos não estruturais é encontrada através do volume de

tiossulfato gasto na titulação do branco e da amostra, do fator de padronização do tiossulfato e do peso da amostra.

#### 2.6.2.2. Nitrogênio total (NT)

O NT foi determinado segundo a AOAC (1995) pelo método micro Kjeldahl, que é dividido em três etapas (digestão, destilação e titulação). Utiliza-se solução digestora a base de ácido sulfúrico para digerir a amostra resultando em sulfato de amônio. Procede-se à destilação com água destilada e hidróxido de sódio. A amônia é desprendida e destilada em solução de ácido bórico que é titulada com ácido clorídrico. Tendo o volume gasto de ácido clorídrico na titulação, a normalidade, o peso da amostra e a matéria seca, pode-se calcular a porcentagem de nitrogênio total.

#### 2.6.2.3. Nitrogênio em aminoácidos (Naa)

O Naa foi determinado segundo Kabat & Mayer (1967), cujo método consiste em utilizar etanol e centrifugação para a extração. Posteriormente adiciona-se solução de ninhidrina ativada com cianeto de potássio e procede-se a leitura em espectrofotômetro. Com a obtenção do valor da absorbância e da curva padrão encontra-se a quantidade de nitrogênio em aminoácidos.

### 2.7. Análise estatística

Os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualisado com medidas repetidas no tempo, utilizando o procedimento MIXED do SAS (versão 9.2). A melhor estrutra de covariância foi escolhida de acordo com o critério de informação bayesiano (BIC). Quando significativa, as comparações entre as alturas de pastejo foi utilizando contrastes ortogonais polinomiais (LITTEL et al. 2006) para testar os efeitos linear e quadrático ($P<0,05$), e entre as estações do ano foi realizado teste de média (teste de Tukey) a 5% de probabilidade.

## 3. RESULTADOS

Verificou-se que apenas o efeito principal “Estação do ano” foi significativo em todas as variáveis estudadas. As estruturas de covariância que melhor se ajustaram nas características avaliadas foram: CHS, VC, UN, TOEPH e HF (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resultado de análise de variância das variáveis estudadas.

| | Estatísticas F para | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variáveis | Estação An. | Altura | Estação An. * Alt. | Estrutura |
| MS.PA | * | * | * | [1]CSH |
| MS.RA | ns | * | ns | [2]VC |
| CTNE.PA | ns | ns | ns | CSH |
| CTNE.RA | * | ns | * | [3]UN |
| NT.PA | * | * | * | CSH |
| NT.RA | * | ns | * | CSH |
| Naa.PA | * | * | * | [4]TOEPH |
| Naa.RA | * | ns | ns | [5]HF |

*=(P<0,05); ns=(P>0,05); Estação An.=Estação do ano; Alt=Alturas de pastejo; Estrutura = Estrutura de covariância; MS.PA=massa de parte aérea; MS.RA=massa de raíz; CTNE.PA=carboidratos totais não estruturais da parte aérea; CTNE.RA=carboidratos totais não estruturais da raíz; NT.PA=nitrogênio total da parte aérea; NT.RA=nitrogênio total da raíz; Naa.PA=nitrogênio em aminoácidos da parte aérea; Naa.RA=nitrogênio em aminoácidos da raíz; [1]CHS=*Componente Simétrico Heterogêneo*; [2]VC=*Componente da Variância*; [3]UN=*Não Estruturada*; [4]TOEPH= *Heterogeneous Toeplitz*; [5] HF=*Huynh-Feldt*.

A massa seca de parte aérea (MSPA) variou em função das alturas, estações do ano e interação altura*estação do ano (P<0,05). Em todas as estações estudadas, a maior MSPA foi observada na altura de 35 cm, apresentando média de 3,28 $kg.m^{-2}$. Os maiores valores observados ocorreram no verão, seguidos do outono, primavera e inverno. Verificou-se aumento da MSPA com o aumento das alturas de pastejo, onde ocorreu ajuste linear (P<0,05) em todas as estações do ano (Tabela 4).

Verificou-se efeito (P<0,05) das alturas de pastejo na massa seca de raíz (MSRA). Não observou-se efeito nas estações estudadas e na interação

alturas*estações (P>0,05) (Tabela 4). Na média, houve ajuste linear crescente (P>0,05) nas alturas avaliadas, onde a maior altura de pastejo propiciou maior massa de raíz.

**Tabela 4.** Massa seca de parte aérea e raízes (kg.m$^{-2}$) dos pastos de capim-marandu, manejados sob diferentes alturas de pastejo (15, 25, 35 cm) em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Massa seca de Parte Aérea | | | | | |
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 2,90 A | 2,42 B | 2,28 B | 2,20 B | 2,45 | ± 0,08 |
| 25 cm | 3,46 A | 3,40 A | 2,47 B | 2,62 B | 2,99 | ± 0,09 |
| 35 cm | 4,13 A | 3,70 AB | 2,50 C | 2,80 BC | 3,28 | ± 0,09 |
| Contraste | *L | *L | *L | *L | - | - |
| Média | 3,50 | 3,17 | 2,42 | 2,54 | - | - |
| EPM* | ± 0,08 | ± 0,09 | ± 0,08 | ± 0,15 | - | - |
| | Massa seca de Raíz | | | | | |
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 2,78 | 3,03 | 2,98 | 2,88 | 2,92 | ± 0,07 |
| 25 cm | 3,03 | 3,14 | 3,39 | 3,30 | 3,21 | ± 0,07 |
| 35 cm | 3,40 | 3,54 | 3,23 | 3,63 | 3,45 | ± 0,07 |
| Contraste | - | - | - | - | *L | - |
| Média | 3,07 A | 3,23 A | 3,20 A | 3,27 A | - | - |
| EPM* | ± 0,07 | ± 0,07 | ± 0,07 | ± 0,12 | - | - |

*EPM = Erro Padrão da Média. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo; *L=ajuste linear; *Q=ajuste quadrático, (P<0,05)). Teste de média entre épocas do ano (médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade).

O teor de carboidratos totais não estruturais (CTNE), na parte aérea (CTNE.PA) não foi afetado (P>0,05) pelas alturas de pastejo, estações do ano e interação altura*estações. Já nas raízes (CTNE.RA), os teores foram afetados pelas estações do ano e pela interação alturas*estações. Não houve efeito principal de altura de pastejo (P>0,05) nesta variável (Tabela 5).

Os teores de CTNE.RA foram menores no verão quando comparados com as demais estações avaliadas. O inverno foi a estação que apresentou maiores valores de CTNE.RA em todas as alturas de pastejo. Verificou-se ajuste linear (P<0,05) das alturas

de pastejo apenas no outono. Nas demais estações, não houve ajuste significativo (P>0,05) (Tabela 5).

**Tabela 5.** Teor de carboidratos totais não estruturais (CTNE em g.kg$^{-1}$MS) nas raízes e na parte aérea dos pastos de capim-marandu submetidos a diferentes intensidades de pastejo sob lotação continua, ao longo do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CTNE da Parte Aérea | | | | | |
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 68,63 | 71,45 | 73,11 | 62,58 | 68,94 | ± 5,30 |
| 25 cm | 76,23 | 79,84 | 66,30 | 62,47 | 71,21 | ± 5,29 |
| 35 cm | 61,76 | 73,34 | 66,55 | 63,51 | 66,29 | ± 5,67 |
| Contraste | - | - | - | - | - | - |
| Média | 68,87 | 74,87 | 68,65 | 62,85 | - | - |
| EPM* | ± 5,81 | ± 7,38 | ± 4,45 | ± 3,57 | - | - |
| | CTNE da Raíz | | | | | |
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 44,58 C | 101,44 B | 143,93 A | 105,76 AB | 98,92 | ± 4,40 |
| 25 cm | 43,15 C | 101,80 B | 174,50 A | 94,11 B | 103,39 | ± 4,40 |
| 35 cm | 54,20B | 139,14 A | 157,39 A | 103,12 A | 113,46 | ± 4,52 |
| Contraste | ns | *L | ns | ns | - | - |
| Média | 47,30 | 114,13 | 158,61 | 101,00 | - | - |
| EPM* | ± 2,86 | ± 6,39 | ± 5,39 | ± 6,64 | - | - |

*EPM = Erro Padrão da Média. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo; *L=ajuste linear; *Q=ajuste quadrático, (P<0,05)). Teste de média entre épocas do ano (médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade).

O teor de nitrogênio total da parte aérea (NT.PA) foi influenciado pelas estações do ano, alturas de pastejo e interação alturas*estações (P<0,05). Nas três alturas estudadas foram observados maiores teores de NT.PA no verão, seguido dos valores verificados na primavera, outono e inverno. Houve ajuste linear (P<0,05) das alturas de pastejo em todas as estações do ano, exceto na primavera. De maneira geral, os maiores teores de NT.PA foram observados na menor altura de pastejo (15 cm), e os menores valores obtidos foram verificados na maior altura estudada (Tabela 6).

O teor de nitrogênio total na raíz (NT.RA) foi afetado pelas estações do ano e interação alturas*estações (P<0,05). Ao contrário do ocorrido com o NT.PA, o NT.RA foi menor no verão quando comparado com as demais estações do ano. O inverno foi a estação que apresentou maiores valores de NT.RA em todas as alturas de pastejo. Verificou-se ajuste linear (P<0,05) das alturas de pastejo no inverno, e quadrático (P<0,05) no verão. Nas demais estações, não houve (P>0,05) (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teor de nitrogênio total (N total em g.kg$^{-1}$MS) nas raízes e na parte aérea dos pastos de capim-marandu submetidos a diferentes intensidades de pastejo sob lotação continua, ao longo do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N total da Parte Aérea | | | | | |
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 14,40 A | 11,72 B | 8,52 C | 11,00 B | 11,41 | ± 0,27 |
| 25 cm | 12,82 A | 10,51 B | 6,59 C | 11,21 AB | 10,29 | ± 0,27 |
| 35 cm | 12,96 A | 9,44 B | 5,82 D | 11,38 B | 9,90 | ± 0,27 |
| Contraste | *L | *L | *L | ns | - | - |
| Média | 13.39 | 10,56 | 6,98 | 11,19 | - | - |
| EPM* | ± 0,17 | ± 0,19 | ± 0,13 | ± 0,50 | - | - |
| | N total da Raíz | | | | | |
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 5,81 B | 6,65 A | 6,98 A | 6,56 A | 6,50 | ± 0,11 |
| 25 cm | 5,37 C | 6,71 A | 6,69 A | 6,13 BC | 6,22 | ± 0,11 |
| 35 cm | 5,82 C | 6,40 A | 6,46 A | 5,97 BC | 6,16 | ± 0,11 |
| Contraste | *Q | ns | *L | ns | - | - |
| Média | 5,56 | 6,55 | 6,76 | 6,22 | - | - |
| EPM* | ± 0,06 | ± 0,08 | ± 0,08 | ± 0,21 | - | - |

*EPM = Erro Padrão da Média. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo; *L=ajuste linear; *Q=ajuste quadrático, (P<0,05)). Teste de média entre épocas do ano (médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade).

Houve efeito das estações do ano, alturas de pastejo e interação alturas*estações (P<0,05) no teor de nitrogênio em aminoácidos na parte aérea (Naa.PA) (Tabela 7). Os maiores teores de Naa.PA foram observados no verão e no outono, não havendo diferença (P>0,05) entre essas duas estações. Também não foi

observada diferença (P>0,05) entre o inverno e a primavera, os quais apresentaram os menores teores de Naa.PA. Houve diferença (P<0,05) somente quando comparados verão/outono com inverno/primavera (Tabela 7). Verificou-se ajuste linear (P<0,05) das alturas no outono e no inverno, porém, este ajuste não foi observado (P>0,05) no verão e na primavera. Em média, os maiores teores de Naa.PA foram obtidos na menor altura de pastejo (15 cm).

Apenas as estações do ano influenciaram (P<0,05) os teores de nitrogênio em aminoácidos nas raízes (Naa.RA). Ao contrário do ocorrido na parte aérea, os teores de Naa.RA foram maiores no inverno e na primavera quando comparados com as demais estações. Os valores obtidos no verão foram os mais baixos observados, seguido dos de outono, os quais difereram entre si (P<0,05) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Teor de nitrogênio em aminoácidos (Naa em mg.kg$^{-1}$MS) nas raízes e na parte aérea dos pastos de capim-marandu, manejados sob diferentes alturas de pastejo (15, 25, 35 cm) em lotação contínua, nas estações do ano de 2011.

| | Estações do ano | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Naa da Parte Aérea | | | | | |
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EPM* |
| 15 cm | 175,30 A | 165,99 A | 119,15 B | 111,53 B | 142,99 | ± 3,10 |
| 25 cm | 163,83 A | 154,56 A | 114,23 B | 115,72 B | 137,10 | ± 3,13 |
| 35 cm | 155,89 A | 137,30 A | 105,38 B | 117,33 B | 128,77 | ± 3,15 |
| Contraste | ns | *L | *L | ns | - | - |
| Média | 164,74 | 152,62 | 112,92 | 114,87 | - | - |
| EP* | ± 4,10 | ± 2,97 | ± 2,10 | ± 3,11 | - | - |
| | Naa da Raíz | | | | | |
| Altura | Verão | Outono | Inverno | Primavera | Média | EP* |
| 15 cm | 126,14 | 131,21 | 155,93 | 151,03 | 141,08 | ± 3,59 |
| 25 cm | 118,83 | 133,68 | 156,68 | 154,00 | 140,79 | ± 3,67 |
| 35 cm | 117,92 | 132,50 | 159,08 | 158,89 | 142,10 | ± 3,68 |
| Contraste | ns | ns | ns | ns | ns | - |
| Média | 120,96 C | 132,47 B | 157,23 A | 154,64 A | - | - |
| EPM* | ± 3,51 | ± 3,48 | ± 3,34 | ± 5,39 | - | - |

*EPM = Erro Padrão da Média. Contraste polinomial nas alturas (ns = não significativo; *L=ajuste linear; *Q=ajuste quadrático, (P<0,05)). Teste de média entre épocas do ano (médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, à 5% de probabilidade).

## 4. DISCUSSÃO

As MSRA aumentaram com o aumento da altura de pastejo (Tabela 4). A diminuição na MSRA depende da frequência e da intensidade de desfolhação, ocorrendo redução máxima quando o corte ou pastejo for mais próximo do nível do solo (CECATO et al., 2006). Estes autores ainda relataram que o super pastejo resulta em menor taxa de crescimento das raízes e, portanto, em um período maior para a retomada do crescimento do sistema radicular. Segundo Corsi et al., (2001), essa redução na massa seca das raízes está relacionada com a mobilização das reservas orgânicas presentes nas raízes para promover o crescimento da parte aérea. Langer (1979) relatou que pastos com menor altura de resíduo, é comum ocorrer redução do crescimento das raízes devido competição entre plantas, resultando em menor captação de água e nutrientes ao desenvolvimento do sistema radicular.

Os resultados do presente estudo corroboram com os encontrados por Echeverria (2013) em estudo com capim-piatã submetido a intensidades de pastejo (15, 30 e 45 cm), em que os pastos manejados a 30 e 45 cm apresentaram maiores massas de raízes. Em estudo com capim-pangola, Moraes (1991) verificou redução de 50% da massa radicular em condições de alta pressão de pastejo (3,5%PV) quando comparadas com baixa pressão de pastejo (10,5%PV). Isso explica o fato de que, dependendo do nível de desfolhação, o crescimento radicular é reduzido, cessa ou até mesmo pode ocorrer morte das raízes como consequência da falta de energia proviniente da fotossíntese (BRISKE, 1991).

As massas secas de parte aérea foram inferiores nas menores alturas de pastejo, onde foram verificadas também as menores massas secas de raízes (Tabela 4). De acordo com Sarmento et al. (2005) e Sarmento et al. (2008), a menor massa de raíz está relacionada à baixa quantidade de massa seca de folha e ao baixo índice de área foliar residual. Cecato et al. (2001), estudando massa de raízes em pasto de Coast-cross, verificaram que a produção de massa seca radicular aumentou à medida que se elevaram os níveis de resíduos da parte aérea. O mesmo pode ser observado no presente estudo, uma vez que as massas secas de parte aérea também foram

superiores nas maiores alturas de pastejo, onde foram verificadas também as maiores MSRA. Esse resultado corrobora com os resultados encontrados por Janusckiewicz et al. (2012), que em estudo com *Brachiarias* e diferentes ofertas de forragem, obtiveram maiores massas secas de parte aérea nas maiores ofertas, onde também foram verificadas maiores MSRA.

Em trabalho com cinco gramíneas forrageiras de clima tropical, entre as quais o capim-marandu, manejadas através de lotação contínua por três anos, Kanno et al. (1999) relataram que cerca de 60% do sistema radicular dessas gramíneas encontrava-se nos primeiros 10 cm de profundidade. Ribeiro et al. (2011) em estudo com Coast-cross relataram que a concentração da massa radicular foi maior na profundidade de 15 cm (63% da biomassa total), enquanto que nas profundidades de 15-30 e 30-45 os autores encontraram 24 e 13% da massa radicular, respectivamente. A concentração de raízes na profundidade de 0-15 cm, que também foi utilizada no presente estudo, é explicada devida à planta apresentar raíz do tipo fasciculada, a qual não atinge grandes profundidades. Outro fator determinante dessa concentração nas camadas superficiais do solo pode ser a maior concentração de nutrientes nessa camada.

Quanto às épocas de avaliação, observou-se maiores massas de parte aérea no verão (Tabela 4), estação na qual as condições climáticas são favoráveis e estimulam o crescimento da planta (Figura 1 e 2). Segundo Da Silva et al. (2008), no verão, as altas temperaturas e umidade do solo favorece o aumento na disponibilidade de nutrientes no solo, decorrente de maior atividade microbiana e do processo de mineralização da matéria orgânica intensa. Isso intensifica o aumento de massa de forragem, e consequentemente maior massa do sistema radicular, aumentando a área de contato das raízes e maior absorção de água e nutrientes do solo. Entretanto, no presente estudo não foi observado diferenção entra as MSRA nas estações (Tabela 4). Esse fato deve ter ocorrido devido a uma provável alteração na direcionamento de fotoassimilados, que preferencialmente foram utilizados para formação de novos tecidos, conforme relatado por Snyder e Carlson (1984). Em estudo realizado com capim-marandu submetidos a déficit hídrico, Beloni et al. (2013) não verificaram efeito do déficit hídrico na massa de raízes do capim-marandu. Esse efeito também não foi

observado no presente estudo, uma vez que, mesmo tendo ocorrido déficit hídrico no outono e no inverno (Figura 2), este não foi suficiente para alterar a massa seca de raízes (Tabela 4).

Os CTNE.PA apresentaram teores constantes tanto entre as alturas de pastejo quanto nas estações do ano (Tabela 5). Entretanto, Luppinaci (2002), em estudo com o mesmo capim e diferentes intensidades de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm), verificou redução acentuada nos teores de CTNE.PA em todos os tratamentos, sendo que esse tipo de comportamento já havia sido relatado para plantas forrageiras por Reis et al. (1985), em trabalho realizado com *Brachiaria decumbens*. As reduções mais acentuadas relatadas pelo autor foram verificadas nas alturas de 10 e 20 cm, principalmente nos pastos de 20 cm, em janeiro, uma vez que esses vinham apresentando de forma consistente os maiores teores desses compostos desde setembro. Segundo Lupinacci, os pastos mantidos com 10 e 20 cm foram os mais prejudicados pelo início do florescimento em janeiro, consequência da decapitação de colmos reprodutivos durante uma fase de forte ação como dreno metabólico, não permitindo a manutenção de colmos reprodutivos vivos por muito tempo, o que resultou em concentrações de CTNE.PA por volta de 40 a 50 g $kg^{-1}$, valores estes inferiores aos verificados no presente estudo, os quais variaram de 62 a 80 g $kg^{-1}$ (Tabela 5). De acordo com Gross (1988), teores menores que 20 a 30 g $kg^{-1}$ são limitantes ao desenvolvimento de plantas de *Brachiaria decumbens*.

Os CTNE.RA apresentaram efeito de altura de pastejo apenas no outono (Tabela 5), onde a maior altura propiciou maior teor de CTNE.RA. Possilvemente, maiores variações nesses teores em relação às alturas de pastejo não foram verificadas, pois a menor altura utilizada não tenha sido drástica o suficiente para promover redução nos teores de carboidratos em relação às demais. Os dados de Fagundes et al. (1999) demostram que, mesmo na menor altura de manejo (5 cm) havia interceptação luminosa suficiente para assegurar um suprimento mínimo de carbono ao metabolismo da planta, sem necessidade de mobilização de suas reservas. Andrade e Marques Neto (1989) também não observaram variações nos teores de CTNE.RA em *Brachiaria decumbens* em três intensidades de pastejo (1,0, 1,5 e 2,0 UA $ha^{-1}$). Cecato et al.

(2001) avaliaram os teores de CTNE nas raízes e base do colmo de Coast-cross e também verificaram que os teores de carboidratos nas raízes não foram influenciados pelos tratamentos (resíduos pós-pastejo). Contudo, desfolhações mais intensas e frequentes normalmente promovem menores teores de CTNE na planta, conforme pode ser amplamente verificado na literatura. (MAY, 1960; WEINMANN, 1961; PAULA et al., 1969; GROSS, 1988).

Lupinacci (2002) em estudo de diferentes alturas de pastos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu verificou que a menor altura de manejo do pasto (10 cm) apresentou menor teor de CTNE.RA e o autor comenta que essa altura estaria imprimindo um regime de desfolhação drástico o suficiente para colocar a comunidade de plantas da pastagem em situação de estresse fisiológico inerente ao limite de resistência ao pastejo, fato este não ocorrido no presente estudo.

Os maiores valores médios verificados nos teores de CTNE.RA ocorreram no inverno (158,61 $g.kg^{-1}$) seguidos por aqueles de outono (114,13 $g.kg^{-1}$), primavera (101,00 $g.kg^{-}1$) e, finalmente, os menores ocorrem no verão (47,30 $g.kg^{-1}$) (Tabela 5). O decréscimo nos valores de CTNE.RA do inverno para a primavera e verão (Tabela 5) deveu-se provavelmente, à melhoria das condições climáticas verificadas ao longo dos meses de primavera e verão (Figura 1 e 2), as quais podem ter proporcionado maiores acúmulos de matéria seca, que, por sua vez, demandaram maior suprimento de reservas orgânicas a fim de constituiram novos tecidos (REIS et al. 1985; GEORGE et al., 1989). Outros estudos (TURNER et al., 2001; LUPINACCI, 2002; BELESKY et al., 2006; FAVERI et al., 2007; SILVA et al., 2012) também relatam maiores teores de CTNE.RA no período de menor crescimento das plantas forrageiras (outono/inverno). No entanto, Dunn e Nelson (1974) observaram uma diminuição nos teores de CTNE nesse mesmo período em capim bermuda na região norte dos Estados Unidos. Essas contradições verificadas nas variações sazonais nos teores de CTNE, segundo os autores, podem ser explicadas pelo fato de que plantas vegetando em condições de inverno rigoroso permanecem cobertas pela neve necessitando, dessa forma, respirar o carboidrato armazenado a fim de garantir as funções vitais das células e, consequentemente, sobrevivência durante os períodos em que não possuem área

foliar. Já em condições tropicais, as plantas normalmente apresentam área foliar durante todo o período de inverno de tal forma que o processo fotossintético continua ocorrendo. No entanto, como outros fatores climáticos como temperatura, luminosidade e pluviosidade são limitantes, o crescimento é reduzido e os fotossintetados produzidos são mantidos armazenados.

O padrão de resposta dos teores de NT.PA em função das alturas de pastejo estudadas foi descrescente (Tabela 6). Os maiores teores encontrados nas menores alturas de pastejo podem ser devido à maior taxa de renovação de tecidos nesses pastos, resultado de altas taxas de aparecimento e morte de perfilhos, associadas a uma maior frequência de desfolhação de perfilhos individuais na altura de 15 cm (AZENHA et al., 2011), os quais sendo mais jovens e desenvolvendo-se em ambiente com menor competição por luz apresentam atividade metabólica mais intensa em comparação com os pastos mantidos mais altos. Ao contrário do observado no presente estudo, Janusckiewicz et al., (2012) em estudo com *Brachiarias* e diferentes ofertas de forragem não verificaram efeito das ofertas nos teores de NT.PA.

Os menores teores de NT.PA encontrados no inverno (Tabela 6) pode ser atribuído à idade da planta, uma vez que a concentração de nutrientes varia com o estágio de crescimento e, normalmente os teores de NT tendem a diminuir progressivamente na medida em que a planta atinge estádios de desenvolvimento mais avançados (MENGEL e KIRKBY, 2001). Machado et al. (1998), avaliando duas alturas de corte nos capins Mombaça e Tanzânia , também verificaram maiores teores de NT.PA na estação chuvosa (primavera/verão), em relação à estação seca (outono/inverno).

Ao contrário do observado na parte área, os teores de NT.RA foram maiores no outono/inverno quando comparados com os encontrados na primavera/verão (Tabela 6). Esse resultado pode ser explicado pelo crescimento da plantas (VOLENEC et al, 1996; LEMAIRE e GASTAL, 1997). Durante o período de maior crescimento das plantas (primavera/verão) o nitrogênio pode ter sido utilizado sem que houvesse acúmulo de reservas nitrogenadas por parte da planta.

O padrão de resposta dos teores médios de Naa.PA e Naa.RA foi semelhante àqueles observados nos teores de NT (Tabela 6). No que diz respeito às alturas, os teores de Naa.PA foram decrescentes (Tabela 7), de modo que os pastos mais baixos apresentram os maiores teores. Este fato poderia ser justificado considerando que nos pastos mais baixos (15 cm) a taxa de renovação de tecidos foi maior e, consequentemente, os tecidos existentes eram mais jovens e apresentavam atividade metabólica mais intensa em relação aos pastos com maior altura, conforme já foi discutido em relação ao NT. Esse comportamento indica que, embora a altura 15 cm seja mais drástica que as demais, essa condição ainda não poderia ser considerada como sendo correspondente àquela de uma pastagem em degradação ou degradada, visto que, segundo Gross (1988), as plantas mantidas em pastos com alguma fase de degradação apresentariam teores mais baixos de Naa em relação às plantas manejadas adequadamente. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com os verificados por Spasiani et al. (2012) em estudo com pastos de *Brachiarias* submetidos à ofertas de forragem, em que foi observado tendência de diminuição dos teores de Naa.PA com o aumento da oferta de forragem.

Com relação às estações do ano, os teores de Naa.PA foram maiores no verão em relação ao inverno (Tabela 7), assim como foi descrito no NT (Tabela 6), onde a mesma justificativa utilizada no NT também se adequa para os teores de Naa.PA. Ao contrário do observado nos teores de Naa.PA, os teores de Naa.RA foram menores no verão e maiores no inverno (Tabela 7). No verão, ocorre maior crescimento das plantas, visto que nessa época do ano, as condições de temperatura e precipitacão (Figura 1 e 2) são favoráveis a este evento, e o Naa.RA pode ter sido utilizado pelas plantas, no desenvolvimento da parte aérea.

## 5. CONCLUSÃO

Mudanças nas condições climáticas, definidas pelas estações do ano, propiciam alterações nos teores de carboidratos não estruturais bem como teores de nitrogênio total e nitrogênio em aminoácidos.

Pastos de capim-marandu manejados com 15 cm de altura não evidenciam uma condição drástica de manejo uma vez que não afeta o desenvolvimento do sistema radicular e os compostos de reserva das plantas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, V. G.; BATELLO, E.; HODGSON, J.; KOTHMANN, M.; MCLVOR, J.; LI, X.; MILNE, J.; MORRIS, C.; PEETERS, A. AND SANDERSON, M. An International terminilogy for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forrage Science**, v.66, p. 2-28, 2011.

ANDRADE, I.F.; MARQUES NETO, J. Efeito da carga animal sobre os níveis de carboidratos solúveis e pesos seco da base do colmo, base do caule e sistema radicular de Brachiaria decumbens. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.18, p.426-431, 1989.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, 1995.

AZENHA, M. V; CASAGRANDE, D. R.; VIEIRA, B. R.; VALENTE, A.L.S.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Intervalo de visitação de perfilhos de capim-marandu manejados sob diferentes intensidades de pastejo em lotação continua com e sem suplementação. **IV Congresso de Forragicultura e Pastagem,** Lavras, 2011.

Belesky, D. P., N. J. Chatterton, and J. P. S. Neel. *Dactylis glomerata* growing along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: III. Non-structural carbo-hydrates and nutritive value. **Agroforest Systems**, 67(1):51-61, 2006.

BELONI, T. VIGNA, B. B. Z.; PEZZOPANE, C. G. CRUZ, P. G.; LIMA, A.G.; SANTOS, P. M. Root/shoot ratio *Paspalum* accessions submitted to water deficit. IN: **50th Annual Meeting Brazilian Society of Animal Science**, July 23-26, 2013.

BRISKE, D. D. Developmental morphology and physiology of grasses. In: HEITSCHMIDT, R. K. & STUTH, J. W. (Eds.) **Grazing management: an ecological perspective**. Portland: Timber Press. p. 85-108. 1991.

CARVALHO, C. A. B.; SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F.; FAGUNDES, J. L.; CARNEVALLO, R. A.; PINTO, L. F. M.; PEDREIRA, C. G. S. Carboidratos não estruturais e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 4, p. 667-674, 2001.

CECATO, U. *et al*. Teores de carboidratos nao-estruturais, nitrogenio total e peso de raizes em Coastacross-1 (*Cynodon dactyl*on L.) Pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 03, p. 644-650, 2001.

CECATO, U.; JOBIM, C. C.; REGO, F. C. A.; LENZI, A. **Sistema radicular: componente esquecido das pastagens**. II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa, p. 159-207, 2006.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; PAGOTTO, D. S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: MATTOS, W. R. R.; FARIA, V. P.; SILVA, S. C.; NUSSIO, L. G.; MOURA, J. C. (Ed.) **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, P. 838-852, 2001.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B. **Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo.** Ed. Viçosa-MG. 2008.

DA SILVA, l. L. G. G.; ALVES, G. C.; URQUIAGA, S.; SOUTO, S. M.; FIGUEIREDO, M. V. B.; BUTIY, H. A. Produtividade e carboidratos de reserva de pastagens sob intensidades de corte. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**. V.20, p.7-19, 2012.

DUNN, J.H.; NELSON, C.J. Chemical changes occuring in three bermudagrass turf cultivars in relation to cold hardiness. **Agronomy Journal**, v.66, p.28-31, 1974.

ECHEVERRIA, D. M. S. **Massas de forragem e de raízes do capim-piatã submetido a intensidades de pastejo.** Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, 63p., 2013.

FAGUNDES, J.L.; Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S.; SBRISSIA, A.F.; CARNEVALLI, R.A.; CARVALHO, C.A.B.; PINTO, L.F.M. Efeito de intensidades de pastejo sobre o índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. **Scientia Agricola**, v.56, p.1141-1150, 1999.

Faveri, J. C., U. Cecato, V. R. Herling, A. M. Rodrigues, O. L. Ribeiro, e G. C. Moreira. Avaliação do sistema radicular da pastagem de capim Mombaça, com diferentes fontes defósforo, sob pastejo. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 44. Anais. Jaboticabal, CD-ROM, 2007.

GEORGE, J.R.; OBERMANN, D.J.; WOLF, D.D. Seazonal trends for nonstructural carbohydrates in stem bases of defoliated switchgrass. **Crop Science**, v.29, p.1282-1287, 1989.

GROSS, C.D. Efeitos do desfolhamento sobre os níveis das frações nitrogenadas, carboidratos e fenóis solúveis em raízes de Braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). Piracicaba, 1988. 97p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

JANUSCKIEWICZ, E. R.; RAPOSO, E. AZENHA, M. V. PANOSSO, A. R.; MAGALHÃES, M. A.; RUGGIERI, A. C. Massa seca de *Brachiaria* sob ofertas de forragem e lotação rotacionada. **Anais da 49ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Brasília, 23 a 26 de julho, 2012.

JANUSCKIEWICZ, E. R.; RAPOSO, E. AZENHA, M. V.; MARTINS, B. M. R. P.; PANOSSO, A. R.; MAGALHÃES, M. A.; RUGGIERI, A. C. Teores de nitrogênio de *Brachiaria* sob ofertas de forragem e lotação rotacionada. **XXII Congresso Brasileiro de Zootecnia**, Cuiabá, 2012.

KABAT, E.A. & MAYER, M.M. Nynhryn method. In: THOMAS, C.C. (Ed.) **Experimental immunochemistry.** 2. ed., Springfielfd. 905p. 1967.

KANNO, T.; MACEDO, M. C.; EUCLIDES, V. P. B.; BONO, J. A.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; ROCHA, M. C.; BERETA, L. G. R. Root biomass of five tropical grass pasture under continuous grazing in Brazilian savanas. **Grassland Science**, Tochigi, v. 45, n. 1, p .9-14, 1999.

LANGER, R. H. M. **How grasses grow**. 2 ed. Great Britain: Camelot Press Ltda, 66p, 1979.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIRE, G. (Ed.) **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Berlin: Springer- Verlag, cap.1, p.3-43. 1997.

LUPINACCI, A. V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte.** Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (no prelo). Piracicaba, 174p. 2002.

MACHADO , A. O. et al. Avaliação da composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. ***Revista Brasileira de Zootecnia***, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 1057-1063, 1998.

MAY, L.H. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. **Herbage Abstracts**, v.30, p.239-245, 1960.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Boston: Kluwer Academic Press, 864p. 2001.

MORAES, A. **Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (Digitaria decumbens Stent), azevém (Lolium multiflorum Lam.) e trevo branco (Trifolium repens L.) submetida a diferentes pressões de pastejo.** Porto Alegre, Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 200p. 1991.

PAULA, R.R.; GOMIDE, J.A.; SYKES, D.; CHAVES, J.R. Influência de diferentes sistemas de corte sobre o desenvolvimento radicular do capim gordura. **Revista Ceres**, v.16, p.10-18, 1969.

REIS, R. A.; GARCIA, J. A.; GOMIDE, J. A.; OBEID, J. A. Efeito dos regimes de corte nos níveis de carboidratos totais não estruturais do capim-braquiária (Brachiaria decumbens Stapf.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 14, p. 522-528, 1985.

RIBEIRO, O. L.; CECATO, U.; RODRIGUES, A. M.; FAVERI, J. C.; JOBIM, C. C.; LUGÃO, S. M. B. Biomassa radicular e reservas orgânicas em coastcross consorciada ou não com *Arachis pintoi*, com e sem nitrogênio, sob pastejo. **Rev. Bras. Saúde Prod. An., Salvador, v.12, n.2, p.318-328. abr/jun, 2011.**

RODRIGUES, R. C., P. H. C. Luz, G. B. MOURÃO, C. G. LIMA, R. S. LACERDA, e V. R. HERLING. Carboidratos totais não estruturais em órgãos de reserva e sua influência na rebrotade pastos de capim-braquiarão, em três estações do ano. In**: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 41, Anais. Campo Grande, CD-ROM, 2006.

SARMENTO, P. *et al.* Respostas agronomicas e morfologicas de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milenio, sob pastejo, a adubacao nitrogenada. **Boletim da Indústria Animal**, v. 62, p. 333-346, 2005.

SARMENTO, P. *et al.* Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milenio adubado com nitrogenio e submetido a lotacao rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 01, p. 27-34, 2008.

SCHJOERRING, J.K.; HUSTED, S.; MÄCK, G.; MATTSSON, M. The regulation of ammonium translocation in plants. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.370, p.883-890, 2002.

SILVA, D. J. & QUEIROZ, A. C. de. **Análise de Alimentos. Métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 235p. 2004.

SILVA, L. L. G. G.; ALVES, G. C.; URQUIAGA, S.; SOUTO, S. M.; FIGUEIREDO, M. V. B. BURITY, H.A. Produtividadee carboidratos de reserva de pastagens sob intensidades de corte. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v.20, p.7-16, 2012.

SNYDER, F.W.; CARLSON, G.E. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. **Advances in Agronomy**, v.37, p.47-72, 1984.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** (UFRGS. Boletim Técnico, 5).2. ed. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 174p. 1995.

Turner, L. B., M. Humphreys, A. J. Cairns, and Pollock. Comparison of growth and carbohydrate accumulation in seedlings of two varieties of *Lolium perenne*. **J. Plant Physiol**. 158( 7):891-897, 2001.

VOLENEC, J.J.; OURRY, A.; JOERN, B.C. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. **Physiologia plantarum**, v. 97, p. 185-193, 1996.

WEINMANN, H. Total available carbohydrates in grasses and legumes. **Herbage Abstracts**, v.31, p.255-261, 1961.

WHITE, L.M. Carbohydrate reserves of grasses: a review. **Journal of Range Management**, v. 26, n.1, p. 13-18, 1973.